



Colegio de Estudios
Superiores de Administración

Crisis energética en Colombia: Oportunidades empresariales implementando energías renovables alternativas y soluciones sostenibles para la capacidad, generación y transmisión de energía

Simón Cure Casilimas
Andrés Mauricio Combariza Salazar

Colegio de Estudios Superiores de Administración - CESA
Administración de Empresas
Bogotá, Colombia
2025

Crisis energética en Colombia: Oportunidades empresariales implementando energías renovables alternativas y soluciones sostenibles para la capacidad, generación y transmisión de energía

Simón Cure Casilimas
Andrés Mauricio Combariza Salazar

Juan Camilo Giorgi
Director de Trabajo de Grado

Colegio de Estudios Superiores de Administración - CESA
Administración de Empresas
Bogotá, Colombia
2025

Tabla de contenido

1	Introducción.....	10
2	Problema de Investigación.....	13
2.1	Planteamiento del Problema	13
2.1.1	Situación	13
2.1.2	Causas.....	14
2.1.3	Consecuencias	15
2.2	Pregunta de investigación	16
2.3	Justificación.....	16
2.3.1	Modelos de Negocio Rentables y Sostenibles	16
2.3.2	Innovación Tecnológica y Gestión de la Intermitencia	16
2.3.3	Políticas Públicas y Marco Regulatorio.....	17
2.3.4	Factores Socioeconómicos y Ambientales	17
2.3.5	Justificación de la investigación	17
2.4	Brechas Críticas.....	18
2.4.1	Capacidad.....	18
2.4.2	Generación	18
2.4.3	Transmisión	18
3	Objetivos.....	19
3.1	Objetivo general.....	19
3.2	Objetivos específicos.....	19
4	Revisión de la literatura.....	20
4.1	Marco Teórico	20
4.1.1	Conceptos.....	20
4.1.2	Potencial de energías renovables.....	21
4.1.3	Transición energética en regiones aisladas en Colombia	22
4.1.4	Modelos de negocio circulares en energías renovables	23

4.1.5	Políticas públicas y efectividad en la implementación de energías renovables	24
4.1.6	Integración tecnológica y digitalización del sistema energético	25
4.1.7	Marco económico y competitividad en la inversión en energías renovables	26
4.2	Estado del arte	27
4.2.1	Innovación tecnológica y digitalización del sistema energético	28
4.2.2	Competitividad económica y modelos de negocio.....	29
4.2.3	Gobernanza energética y políticas públicas	29
4.2.4	Descentralización energética y regiones no interconectadas	29
4.2.5	Enfoques circulares y sostenibilidad sistémica.....	30
4.3	Contexto	31
4.3.1	Análisis del Entorno: Factor Político	32
4.3.2	Análisis del Entorno: Factor Económico	33
4.3.3	Análisis del Entorno: Factor Social	34
4.3.4	Análisis del Entorno: Factor Tecnológico.....	35
4.3.5	Análisis del Entorno: Factor Ambiental	36
4.3.6	Análisis del Entorno: Factor Legal	37
5	<i>Hipótesis</i>	39
6	<i>Metodología</i>	40
6.1	Tipo de Investigación	40
6.2	Enfoque de la Investigación	40
6.3	Muestra	41
6.4	Instrumentos y sujetos.....	42
6.5	Diseño metodológico	43
6.5.1	Diseño: No experimental – transversal descriptivo.....	43
6.5.2	Variables de la Investigación.....	44
7	<i>Resultados</i>	50
7.1	Definiciones de los modelos de negocio	50
7.2	Matriz de Segmentos y Modelos de Negocio Identificados	50
7.3	Oportunidades por Segmento	59

7.4	Productos y Servicios	61
7.5	Integración tecnológica y digitalización del sistema energético	63
7.6	Políticas públicas y marco regulatorio	65
7.7	Modelos de negocio circulares en energías renovables.....	67
7.8	Transición Energética en Regiones Aisladas (No interconectadas).....	69
7.9	Vitalidad económica y Competitividad de las Soluciones renovable	71
7.10	Herramienta de priorización de modelos de negocio	75
7.10.1	Herramienta de Priorización	77
7.10.2	Oportunidades en los modelos de negocio identificados	82
8	<i>Conclusiones</i>	86
8.1	Futuras investigaciones y limitaciones	89
9	<i>Recomendaciones finales y propuesta de plan energético a 30 años para Colombia</i>	90
9.1	Fase I (2025-2035) – Despliegue acelerado y fortalecimiento institucional	90
9.2	Fase II (2035-2045): Escala y cambio a tecnología de próxima generación.	91
9.3	Fase III (2045-2055) – Consolidación y neutralidad de carbono	91
9.4	Recomendaciones finales.....	92
	<i>Referencias</i>	94
	<i>Anexos</i>	102

Tabla de Tablas

Tabla 1	<i>Actividades para el cumplimiento de los objetivos</i>	43
Tabla 2	<i>Matriz de Segmentos y Modelos de Negocio Identificados</i>	50

Tabla de Figuras

Figura 1	Diagrama de Priorización de Modelos de Negocio	76
----------	--	----

Lista de Abreviaturas

Sigla/Abreviatura	Significado
AI/IA	<i>Artificial Intelligence</i> / Inteligencia Artificial
B2B/B2C	<i>Business-to-Business</i> / <i>Business-to-Consumer</i>
BESS	<i>Battery Energy Storage System</i> (Sistema de almacenamiento de energía en baterías)
CAPEX/OPEX	<i>Capital Expenditure</i> / <i>Operational Expenditure</i> (Gasto de capital / Gasto operativo)
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
DG	<i>Distributed Generation</i> (Generación distribuida)
FNCER	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable
GW/MW	<i>Gigawatt</i> / <i>Megawatt</i> (Gigavatio / Megavatio)
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet de las cosas)
IRR/TIR	<i>Internal Rate of Return</i> / Tasa Interna de Retorno
O&M	<i>Operation and Maintenance</i> (Operación y mantenimiento)
PEN	Plan Energético Nacional
PPA	<i>Power Purchase Agreement</i> (Contrato de compraventa de energía)
PV	<i>Photovoltaic</i> (Fotovoltaico)
SIN	Sistema Interconectado Nacional
T&D	<i>Transmission and Distribution</i> (Transmisión y distribución)

Sigla/Abreviatura	Significado
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética
V2G	<i>Vehicle-to-Grid</i> (Tecnología de integración de vehículos eléctricos a la red)
CAP	Capacidad instalada
SES	Sistema Eléctrico Solar (si se menciona)

Resumen Ejecutivo

Esta tesis examina la crisis energética en Colombia y sugiere que, al incorporar energía renovable y soluciones sostenibles en términos de capacidad, generación y transmisión, podría ser una oportunidad para toda la población. Las brechas estructurales que surgen de un diagnóstico PESTEL son: alta dependencia de los recursos hídricos, variabilidad climática y rezagos en infraestructura. El estudio tiene tres objetivos: mapear actores y brechas en el ecosistema de crisis; proponer directrices para modelar negocios en energía renovable; y evaluar estos modelos con una herramienta de priorización. Se recopilaron datos para una revisión de literatura y entrevistas a expertos, que analizaron 14 modelos de negocio (solar fotovoltaico, eficiencia energética, digitalización, BESS, comercialización, transmisión, microrredes, eólica terrestre, hidrógeno verde, etc.). Cada modelo fue evaluado por tamaño de mercado, TIR, barreras de entrada y período de recuperación. Los hallazgos sugieren que la energía solar y la eficiencia energética combinan la mayor rentabilidad y madurez tecnológica, mientras que la digitalización y el almacenamiento contribuyen a la flexibilidad del sistema. La matriz se diversificará y se buscará una planificación a largo plazo, en línea con la hoja de ruta europea hacia la neutralidad climática con programas masivos de eficiencia y digitalización, fortalecimiento de redes y una transición equilibrada e inclusiva. Se proponen tres fases para un plan de 30 años (2025-2035, 2035-2045, 2045-2055): 5 GW en los primeros 10 años, 10 GW en el segundo, y la consolidación de un sistema 100% renovable para 2055, con microrredes, pilotos de hidrógeno y mercados de flexibilidad.

Términos Clave

- Crisis energética en Colombia
- Transición energética
- Energías renovables (solar y eólica)
- Modelos de negocio (priorización)
- Almacenamiento de energía (BESS) y digitalización de la red

Abstract

This thesis examines the energy crisis in Colombia and suggests that by incorporating renewable energy and sustainable solutions in terms of capacity, generation and transmission, it could be an opportunity for the entire population. The structural gaps that emerge from a PESTEL diagnosis are high dependence on water resources, climate variability and infrastructure lags. The study has three objectives: to map actors and gaps in the crisis ecosystem; propose guidelines for modeling businesses in renewable energy; and evaluate these models with a prioritization tool. Data was collected for a literature review and interviews with experts, who analyzed 14 business models (solar photovoltaic, energy efficiency, digitalization, BESS, commercialization, transmission, microgrids, onshore wind, green hydrogen, etc.). Each model was evaluated by market size, IRR, barriers to entry, and payback period. The findings suggest that solar energy and energy efficiency combine the highest cost-effectiveness and technological maturity, while digitalization and storage contribute to system flexibility. The matrix will be diversified, and long-term planning will be sought, in line with the European roadmap towards climate neutrality with massive efficiency and digitalization programmes, strengthening networks and a balanced and inclusive transition. Three phases are proposed for a 30-year plan (2025-2035, 2035-2045, 2045-2055): 5 GW in the first 10 years, 10 GW in the second, and the consolidation of a 100% renewable system by 2055, with microgrids, hydrogen pilots and flexibility markets.

INTRODUCCIÓN

1 Introducción

Colombia enfrenta una situación energética que numerosos expertos han comenzado a calificar como la “Crisis GRID”, un acrónimo que abarca los cuatro pilares de una tormenta perfecta: Gas, Reservas, Infraestructura y Déficit. Esta situación presenta desafíos inmediatos, pero también revela oportunidades transformadoras para el futuro del país. Las cifras son contundentes y alarmantes. El déficit de gas natural llegará al 7,5% este año y se incrementará hasta el 16% en 2026. Simultáneamente, las reservas de hidrocarburos siguen decreciendo sin que nuevos contratos de exploración mitiguen esta tendencia. La situación se agrava con un probable colapso financiero en cadena que podría impactar más de un tercio del suministro energético nacional. Además, los embalses funcionan a niveles críticos del 12%, lo que anticipa posibles racionamientos eléctricos en los próximos veranos.

Sin embargo, tras cada crisis se oculta una oportunidad. Colombia se encuentra en un momento crucial que podría propiciar una transformación significativa de su matriz energética. La presente escasez acelera la necesidad de diversificar fuentes, fomenta la llegada de inversiones en infraestructura moderna y establece un entorno favorable para la adopción de tecnologías limpias.

Este contexto requiere una respuesta holística. No se limita a abordar el problema inmediato, sino a capitalizar la urgencia para desarrollar un sistema energético más sólido, sostenible y apto para los desafíos venideros. Las decisiones que se tomen hoy determinarán si Colombia emerge fortalecida de esta crisis o simplemente posterga los problemas sistémicos que la originaron.

La inversión extranjera está activamente buscando oportunidades de inversión en mercados emergentes, particularmente en el sector energético, donde convergen necesidades críticas con potencial de retorno atractivo donde la diversificación de mercados de los portafolios evidencia el nivel de madurez y técnica para invertir en mercados emergentes.

Por otro lado, la apuesta por la Transición Energética es interesante para mercados emergentes que quieren diversificar su matriz energética. "Países como Colombia tienen un potencial increíble por su riqueza solar y eólica, marcos regulatorios cada vez más favorables y la necesidad causada por las crisis energéticas que aceleran la implementación de tecnologías limpias". Los mercados emergentes suelen ofrecer mejores márgenes y mayor crecimiento que los mercados desarrollados.

Las oportunidades de negocio abren la puerta a la financiación de proyectos a través de la estructuración financiera, donde la innovación financiera es clave para superar obstáculos como el riesgo país, la volatilidad cambiaria y las necesidades de financiación local, y donde la experiencia de las firmas en este campo permite utilizar enfoques de gestión financiera de proyectos, instrumentos de cobertura y estructuras híbridas público-privadas para hacer viables los proyectos.

Otros actores similares que los buscan son fondos de mercados emergentes, bancos multilaterales de desarrollo, gestores de activos de infraestructura global. La combinación de necesidad energética, políticas favorables y potencial de retorno convierte a mercados como el colombiano en prioritarios para estas empresas multinacionales.

El sector energético colombiano se encuentra en una profunda transformación estructural que abre diversos frentes de oportunidad para hacer negocios, por la confluencia de factores determinantes de oferta, demanda y política pública. El crecimiento estimado del 35% de energías renovables para 2025, que sumará 2.550 MW de capacidad instalada, es una respuesta no solo a la crisis energética, sino un cambio de paradigma hacia una matriz energética diversificada. Esta transformación tiene un efecto dominó en la cadena de valor, desde oportunidades inmediatas en proyectos solares y eólicos hasta el surgimiento del hidrógeno verde como vector energético estratégico, en el que Colombia aspira a tener el cuarto precio más bajo del mundo en 2025 y una capacidad de producción entre 1 y 3 GW para 2030.

La arquitectura de oportunidades de negocios cubre áreas complementarias que atacan tanto déficits estructurales como nuevas necesidades del sistema energético. El almacenamiento de energía emerge como respuesta esencial ante la vulnerabilidad hidroeléctrica que evidencian embalses al 12%, generando apetito por BESS a gran escala y tecnologías de bombeo hidráulico reversible. Al mismo tiempo, las Zonas No Interconectadas (ZNI) son un mercado desatendido con 52.600 millones de pesos en inversiones planificadas y que requieren soluciones de microrredes inteligentes y sistemas híbridos. El ecosistema se cierra con oportunidades en servicios especializados, desde consultoría técnica y regulatoria hasta el establecimiento de cadenas de suministro localizadas que sustituyan importaciones, creando un mercado donde la necesidad energética inmediata se alinea con las metas de sostenibilidad a largo plazo para crear un mercado multisectorial con un potencial de inversión de US\$2,5 a US\$5,5 billones en la próxima década.

La presente tesis se estructura en nueve capítulos. El primer capítulo introduce la problemática de la crisis energética en Colombia, los objetivos de la investigación y la justificación del estudio. El segundo capítulo describe el marco conceptual y teórico, explicando los fundamentos de la transición energética, los modelos de negocio sostenibles y las energías renovables en el contexto de Colombia. El capítulo número tres presenta el objetivo general y los específicos de la investigación y le sigue con el capítulo cuatro que expone la hipótesis que orienta la investigación.

Posteriormente, en el capítulo cinco se desarrolla la revisión de la literatura, el contexto sectorial y destaca factores políticos, económicos, sociales tecnológicos, ambientales y legales que inciden en la transición energética. En el capítulo seis se detalla la metodología y su enfoque, el diseño de la investigación, variables y el procedimiento de análisis de los datos recopilados. El capítulo siete presenta los resultados obtenidos de la investigación, entrevistas y la propuesta de modelos de negocio. En el octavo, se presentan conclusiones y se finaliza en el nueve con recomendaciones y una hoja de ruta a 30 años para la transición energética en Colombia, con el propósito de presentar un valor práctico real.

2 Problema de Investigación

2.1 Planteamiento del Problema

2.1.1 Situación

Colombia y Latinoamérica ha sido altamente dependientes de energías renovables, especialmente de las fuentes hídricas para generar energía a partir de la corriente de agua en ríos o por medio de presas. En 2020, la energía hidroeléctrica representaba el 67% de la capacidad instalada total en Colombia (ASI Group, 2023). Así mismo, al ser un sector rico en el tipo de recursos naturales que permiten la generación de este tipo de energías, la dependencia hacia fuentes fósiles como la energía térmica es sustancialmente menor y menos utilizada (Statista, 2023). La construcción masiva de presas y plantas hidroeléctricas durante el Siglo XX permitió aprovechar ríos y lagos, pero hoy en día algo que en sus inicios se contempló como sumamente beneficioso e innovador ha generado grandes problemas para la población, evidenciando la alta dependencia que se creó hacia este tipo de fuentes eléctricas. Por ejemplo, en Colombia, proyectos hidroeléctricos como Hidroituango y El Quimbo han sido objeto de controversia debido a los perjuicios ambientales y sociales que pueden generar (Mongabay, 2018).

En los últimos años la región ha sido azotada por una crisis energética que ha tenido consecuencias sumamente importantes en los habitantes de estos países. Factores como grandes sequías, bajos niveles en las presas y ríos, tímida inversión en proyectos y plantas, regulaciones ambiguas e impositivas y dificultades en la transmisión de energías en los territorios aislados son solo algunas de las razones por las cuales se evidencia esta gran dificultad. Por ejemplo, en Ecuador, la dependencia de la energía hidroeléctrica ha resultado en apagones de hasta 14 horas diarias debido a sequías intensificadas por el fenómeno de El Niño (Financial Times, 2024).

Además, la falta de inversión en infraestructura energética ha limitado la capacidad de producción y distribución, aumentando la vulnerabilidad a fallos en el sistema (Observatorio Nacional de Prospectiva, 2024). Más allá, aunque exista un consenso global para la transición energética, las condiciones sociales, políticas y económicas en la región han dificultado la puesta en marcha de este proceso y han creado barreras para alcanzar las metas propuestas en dichos acuerdos. La desconexión entre las políticas energéticas y los objetivos climáticos, junto con el apoyo continuo a los combustibles fósiles, refleja la complejidad de alinear intereses económicos con compromisos ambientales (Tamborrel et al., 2023). Además, la dependencia de estructuras estatales en la gestión del sector eléctrico, como en Ecuador y Cuba, ha limitado la participación del

sector privado, dificultando la atracción de inversiones necesarias para modernizar la infraestructura y diversificar la matriz energética (LISA News, 2024).

Pese a ello, es evidente que la región cuenta con características distintivas en cuanto a las posibilidades que posee para realizar proyectos de energías renovables y el potencial de crecimiento que tiene es exponencial (International Energy Agency, 2023). Latinoamérica cuenta con altos índices de radiación solar en zonas desérticas, vientos fuertes en áreas montañosas y costeras, y grandes cantidades de recursos hídricos para ser aprovechados (Global Energy Monitor, 2023). Esto posiciona a países como Colombia, Chile, Uruguay o Argentina en condiciones positivas para explotar energía solar, eólica e hídrica (KPMG, 2023). Y aunque ya existan diversas plantas y proyectos en ejecución, es evidente que el potencial de crecimiento aún no ha sido correctamente dimensionado y las oportunidades que existen solo han sido exploradas superficialmente, debido a la falta de escalabilidad y replicabilidad en diferentes territorios (Konrad-Adenauer-Stiftung, 2018; Achilles, 2022).

2.1.2 Causas

Como se mencionó anteriormente, la crisis energética que ha afectado a Latinoamérica en los últimos años se debe a una serie de interdependencias. En primer lugar, la vulnerabilidad climática y medioambiental juega un papel crucial. Fenómenos como las sequías provocadas por El Niño han sido devastadores para la producción de energía hidroeléctrica, ya que la disminución de las precipitaciones reduce los niveles de agua en las represas, afectando la generación eléctrica (CEAPI, 2022). Esta variabilidad climática ha generado incertidumbre en la oferta energética, obligando a recurrir a fuentes más contaminantes, lo que contraviene los acuerdos internacionales de transición energética y aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero (BID, 2022).

Otro factor relevante es la infraestructura energética obsoleta. Redes de transmisión y distribución desactualizadas provocan pérdidas significativas de energía y dificultan la integración de nuevas fuentes renovables. Esta falta de interconexión, tanto interna como internacional, impide el aprovechamiento óptimo de la energía generada y la gestión eficiente de los recursos (CEPAL, 2021). Un ejemplo cercano es la crisis energética en La Guajira, donde las deficiencias en transmisión han impedido la operación de centrales eólicas (El País, 2024).

Los proyectos de energías renovables requieren inversiones iniciales significativas y un sólido apoyo gubernamental. En países con alta incertidumbre económica, como Argentina o Venezuela, esta situación dificulta la realización de inversiones necesarias

para el desarrollo de energías limpias (CEPAL, 2014). La inestabilidad política y la ausencia de políticas claras, incentivos fiscales o regulaciones favorables también limitan el interés y la inversión extranjera en este sector (CEPAL, 2014).

Finalmente, los factores sociales desempeñan un papel crucial. Existen grandes brechas en la cobertura y calidad del suministro eléctrico, especialmente en áreas rurales y comunidades vulnerables, lo que incrementa la demanda insatisfecha y la presión por soluciones más inclusivas (CEPAL, 2021). Además, los intereses de diversos grupos, como las industrias extractivas, pueden generar resistencia a la transición hacia energías renovables, debido a su dependencia económica de los combustibles fósiles (CEPAL, 2014).

2.1.3 Consecuencias

La crisis energética y los factores mencionados han tenido repercusiones significativas en los habitantes de los países latinoamericanos, manifestándose en situaciones como la ausencia de luz y apagones, como los vividos en Ecuador a finales del año pasado (Primicias, 2024). Además de estos inconvenientes cotidianos, existen efectos más profundos que pueden ocurrir. La dependencia de fuentes inestables y la falta de confiabilidad en la infraestructura de transmisión actual causan una gran volatilidad en los precios de la energía en las subastas y en el mercado spot (BID, 2024). Esto incrementa la necesidad de importar o extraer combustibles, afectando tanto a productores como a consumidores en la industria. Los productores también se ven afectados por el aumento de los costos operativos, interrupciones en la cadena de suministro y la necesidad de invertir en medidas paliativas para reparar infraestructuras obsoletas o generar energía de respaldo (Real Instituto Elcano, 2025).

Las consecuencias sociales de la crisis energética afectan directamente a las poblaciones menos favorecidas en los países latinoamericanos, ya que estas carecen de un abastecimiento de energía regular, impactando su calidad de vida, seguridad, educación y salud (CEPAL, 2023). Actualmente, en América Latina y el Caribe, 17 millones de personas no tienen acceso a la electricidad y 75 millones carecen de combustibles y tecnologías limpias para cocinar, lo que exacerba la pobreza y vulnerabilidad de estas comunidades (Banco Mundial, 2024). Esta escasez también crea un ambiente de descontento social en las regiones, que puede desencadenar malestar y protestas sociales o huelgas, como se ha evidenciado en diversos países de la región. Por ejemplo, en Ecuador, la crisis energética ha provocado manifestaciones ciudadanas en contra del gobierno debido a los apagones y la falta de suministro eléctrico (AP News,

2024). De manera similar, en Cuba, los constantes apagones han resultado en protestas ciudadanas, reflejando el descontento de la población ante la falta de servicios básicos (AS, 2024).

Las consecuencias ambientales de la crisis energética en América Latina son significativas, especialmente en el contexto internacional, donde la transición energética y la preservación del medio ambiente son monitoreadas por instituciones externas y son cruciales para cumplir con acuerdos internacionales. La necesidad de recurrir a combustibles fósiles para suplir los déficits energéticos incrementa las emisiones de CO₂, deteriorando la calidad del aire y exacerbando el cambio climático. Por ejemplo, la quema de carbón, petróleo y gas es la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al aumento de la temperatura global (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020). Además, la construcción y operación de plantas de energía tradicionales impactan negativamente los ecosistemas locales. En contraste, una transición hacia plantas de energía renovable, integradas de manera sostenible con los ecosistemas, podría reducir significativamente estos impactos ambientales (Inspenet, 2021).

2.2 Pregunta de investigación

¿Cómo podrían contribuir las empresas del sector energético a solucionar la falta de generación y abastecimiento de energía eléctrica que posee Colombia actualmente?

2.3 Justificación

2.3.1 Modelos de Negocio Rentables y Sostenibles

Se requiere investigar modelos financieros innovadores que hagan viables la inversión en renovables. Esto incluye explorar mecanismos como bonos verdes, esquemas de financiamiento descentralizado y asociaciones público-privadas.

Analizar ejemplos de países que han logrado integrar las renovables de manera rentable (por ejemplo, Alemania, Dinamarca o incluso Chile y Brasil en algunos aspectos) puede ofrecer insights valiosos para adaptar estrategias a la realidad regional.

2.3.2 Innovación Tecnológica y Gestión de la Intermitencia

La investigación en tecnologías de almacenamiento (baterías de gran escala, hidrógeno verde) y en la implementación de redes inteligentes (Smart grids) es clave para mitigar la intermitencia de las fuentes renovables y mejorar la eficiencia en la distribución. Adicionalmente, se debe explorar cómo estas soluciones pueden empoderar a comunidades aisladas o con acceso limitado a la red central, ofreciendo resiliencia y autonomía energética.

2.3.3 Políticas Públicas y Marco Regulatorio

Es crucial analizar qué cambios en la normativa y las políticas públicas pueden incentivar o reducir la inversión en energías renovables, reduciendo la burocracia y estableciendo un marco de confianza para inversionistas.

Evaluar el impacto de diferentes incentivos fiscales y subvenciones en la adopción de tecnologías limpias, considerando experiencias de otros países y adaptándolas al contexto local.

2.3.4 Factores Socioeconómicos y Ambientales

Profundizar en cómo la transición energética puede contribuir a reducir la desigualdad, especialmente en zonas rurales o marginadas. Esto incluye la evaluación de proyectos piloto de micro generación y energías renovables comunitarias.

Investigar el ciclo de vida de los proyectos renovables, desde la extracción de materiales hasta el desmantelamiento, para asegurar que la sostenibilidad ambiental se mantenga a lo largo de todo el proceso.

2.3.5 Justificación de la investigación

La crisis energética en Latinoamérica no solo impacta el desarrollo económico, sino que también profundiza las desigualdades sociales. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), aproximadamente 17 millones de personas en la región aún carecen de acceso a electricidad, lo que afecta su calidad de vida y limita oportunidades en educación, salud y empleo (BID, 2024). Esta situación es especialmente crítica en comunidades rurales y aisladas, donde la falta de infraestructura de transmisión dificulta la llegada de energía confiable. A pesar del consenso global sobre la transición energética, la implementación de energías renovables se ha visto obstaculizada por la baja inversión y la falta de políticas claras que incentiven su adopción. Esto refuerza la dependencia de fuentes tradicionales, como la generación térmica, con un alto impacto ambiental y costos fluctuantes para los consumidores.

Desde un punto de vista práctico, la vulnerabilidad climática ha evidenciado la fragilidad del modelo energético actual basado en la hidroelectricidad. La Agencia Internacional de Energía (IEA) señala que, en los últimos años, eventos climáticos extremos como el fenómeno de El Niño han reducido drásticamente los niveles de agua en embalses clave, disminuyendo la capacidad de generación hidroeléctrica hasta en un 40% en algunos países de la región (IEA, 2023). Esto ha obligado a gobiernos y empresas a recurrir a fuentes fósiles más contaminantes para suplir la demanda, contradiciendo los compromisos internacionales de reducción de emisiones de carbono.

Sin embargo, la región cuenta con un alto potencial en energía solar y eólica, cuya expansión podría no solo mitigar estos riesgos, sino también generar nuevas oportunidades de negocio sostenibles y escalables (López, Carbajal y Larraín, 2024). La falta de inversiones en infraestructura de transmisión y almacenamiento sigue siendo un reto clave para la implementación efectiva de estas soluciones.

2.4 Brechas Críticas

2.4.1 Capacidad

La capacidad del sistema eléctrico colombiano presenta limitaciones estructurales que agravan la crisis energética. La alta dependencia de la hidroelectricidad expone al país a vulnerabilidades climáticas, como el fenómeno de El Niño, que puede reducir hasta en un 40% la capacidad efectiva de la generación hidroeléctrica. Aunque Colombia posee un potencial significativo en fuentes renovables como la solar y la eólica, la falta de inversiones suficientes en infraestructura y en diversificación de la matriz ha impedido que esta capacidad potencial se traduzca en capacidad real aprovechable.

2.4.2 Generación

La generación energética en Colombia sigue marcada por la dependencia de tecnologías tradicionales y por una lenta adopción de fuentes alternativas. La evidencia recogida en la literatura señala que los retrasos en inversión y la ausencia de políticas claras ha frenado la expansión de proyectos renovables. Esto ha forzado al país a recurrir a plantas térmicas altamente contaminantes y costosas, lo cual contradice los compromisos ambientales y aumenta la exposición a precios internacionales volátiles. En este sentido, la brecha en generación no radica únicamente en la capacidad técnica, sino también en los incentivos y condiciones institucionales que determinen que proyectos lleguen a materializarse.

2.4.3 Transmisión

La infraestructura de transmisión constituye uno de los principales cuellos de botella del sistema energético colombiano. Diversos estudios señalan que, incluso cuando existen proyectos de generación renovable listos para operar, la carencia de redes modernas y robustas impide llevar la electricidad a los centros de consumo. Esto se refleja en regiones rurales y aisladas, donde la falta de líneas de transmisión no solo limita al acceso confiable de energía, sino que perpetua las desigualdades sociales y económicas. La ausencia de inversiones sostenidas en transmisión y almacenamiento representa, por tanto, una brecha crítica para el despliegue exitoso de energías renovables en el país.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Identificar oportunidades empresariales emergentes derivadas de la crisis energética colombiana, mediante la implementación de modelos de negocio en energías renovables alternativas que optimicen la capacidad, generación y transmisión de energía, con el fin de crear ventajas competitivas para empresas nacionales e internacionales en el mercado energético del país.

3.2 Objetivos específicos

- Analizar el entorno integral de la crisis energética colombiana, con el fin de mapear actores clave, identificar retos estructurales y determinar brechas críticas del sector en capacidad, generación y transmisión que representen oportunidades de negocio en los diferentes segmentos de mercado.
- Proponer modelos de negocio basados en energías renovables que aprovechen las oportunidades identificadas en la crisis del sector energético, con el propósito de crear propuestas de valor diferenciadas en el mercado energético colombiano.
- Evaluar la viabilidad empresarial de los modelos de negocio propuestos para el sector energético, mediante el establecimiento de una herramienta para priorizar las soluciones identificadas.

4 Revisión de la literatura

El presente capítulo desarrolla la revisión de literatura y el contexto de referencia que son lo que sustenta la investigación. El propósito de este capítulo es establecer los fundamentos conceptuales necesarios y empíricos necesarios para tener una comprensión del contexto de crisis energética en Colombia y las potenciales oportunidades que surgen a partir de la incorporación de energías alternativas renovables y modelos de negocio sostenibles.

El capítulo se organiza en tres secciones principales. En primer lugar, el marco teórico que presenta los conceptos que son clave en el tema de transición energética, los modelos de negocio circulares, la integración y rol de la tecnología y las políticas públicas que determinan, regulan y mueven el sector de energía. En segundo lugar, el estado del arte revisa las principales investigaciones, tendencias y enfoques sobre innovación y sostenibilidad en el ámbito energético. Finalmente, el contexto sectorial analiza los factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales (PESTEL) que determinan la dinámica actual de sistema energético en Colombia. Todo esto es fundamental para articular los antecedentes teóricos y las condiciones del país con la investigación y el recorrido de los objetivos planteados.

4.1 Marco Teórico

4.1.1 Conceptos

Para abordar el propósito de la investigación sobre el análisis de la crisis energética específicamente enfocada en sus repercusiones en Colombia, y explorar como las fuentes de energías renovables pueden convertirse en una oportunidad de negocio sostenible y rentable a largo plazo, se han seleccionado ciertas variables de gran importancia para abordar esta problemática. La selección de las variables a continuación tiene como propósito brindar a la investigación un análisis cualitativo y cuantitativo que permita analizar a profundidad la temática y explorar de forma completa esta problemática tan relevante que existe actualmente en la región y en el país. A continuación, se describirán las variables que fueron consideradas como las más relevantes para cumplir el propósito previamente mencionado y que son fundamentales para discutir tanto los desafíos como las oportunidades que existen en materia.

El concepto de la investigación se ubica en los modelos de negocio aplicados al sector energético, específicamente en la identificación de oportunidades de negocio y esquema como la capacidad de desarrollar soluciones innovadoras que permitan no solamente la creación de nuevas empresas, sino también la adaptación de las ya

existentes para operar bajo principios de sostenibilidad. Esta perspectiva coincide con el planteamiento de Nicholas Stern, quien sostiene que la inversión en energías limpias no debe verse únicamente como una oportunidad económica de largo plazo.

El concepto contrasta con los modelos tradicionales basados en combustibles fósiles, caracterizados por su alto impacto ambiental, ausencia de innovación y estrategias centradas en el corto plazo sin visión sostenible. Para su medición, se proponen criterios tanto económicos como ambientales y sociales: la rentabilidad de los proyectos renovables, la reducción de emisiones, el número de empresas que implementan energías limpias, el incremento de la participación de estas en la matriz energética nacional, y la generación de empleo e ingresos derivados de la industria de renovables y alternativas.

4.1.2 Potencial de energías renovables

Como se describe ha descrito históricamente, Colombia es un país que tiene una inmensa riqueza correspondiente en recursos naturales debido a su gran extensión de territorio y el amplio espectro de condiciones geográficas desde costas en dos océanos, hasta imponentes picos a miles de metros de altura sobre el nivel del mar. Adicionalmente, una de las grandes fortalezas que tiene el país es la inigualable cantidad de recursos hídricos que tanto rodean como están presentes por todo el territorio nacional. Esto ha permitido que Colombia posea un desarrollo significativo en cuanto a la creación de centrales eléctricas renovables tradicionales dependiendo de estos recursos hídricos, como lo son las centrales hidroeléctricas tanto de paso, así como de reserva. Sin embargo, ha de considerarse que esta no es la única alternativa que existe dentro del amplio espectro de las energías renovables, y que el país demuestra un gran potencial en no convencionales como solar, eólica, o incluso alternativas menos exploradas como la biomasa o la generación por medio de nitrógeno.

Con una ubicación ecuatorial que le permite recibir radiación solar a lo largo de todo el año, así como una geografía que permite el aprovechamiento del viento en sectores como La Guajira, el país cuenta con las condiciones ideales para diversificar la matriz energética, que hoy en día depende en las fuentes hídricas en más del 50% tanto de capacidad instalada, así como de generación anual. Sin embargo, el aprovechamiento real actual de este tipo de fuentes demuestra la gran diferencia entre aquello que se puede esperar y lo que en realidad existe dentro de la matriz energética nacional.

La diversificación de la matriz existente actual podría ser sumamente beneficiosa ya que brindaría la posibilidad de abastecer a las variadas regiones de Colombia con

energía de manera constante de modo en que se utilicen las ventajas geográficas distintivas de cada una de ellas para la generación de energía.

Uno de los análisis más completos es el de Rocha et al. (2025), en el cual realizan una optimización multicriterio para la selección de fuentes renovables en los diferentes territorios del país. Su estudio demuestra que departamentos como La Guajira, Atlántico y el Cesar poseen un potencial eólico excepcional, y que zonas como Tolima y Huila demuestran un mejor potencial para la generación solar. El estudio también demuestra que las condiciones geográficas del país también permitirían mantener una generación descentralizada y distribuida equitativa por medio de alternativas energéticas limpias.

Este panorama es confirmado también por Cerón, Gómez-Luna y Vásquez (2025), quienes enfocan su estudio en las regiones no interconectadas del país. Allí, donde la red eléctrica nacional no llega, la crisis energética se siente con mayor crudeza, pero también surge la oportunidad de soluciones descentralizadas. A través de sistemas fotovoltaicos autónomos, mini eólicas y generación híbrida, estos territorios aislados podrían alcanzar una soberanía energética sin precedentes. Los autores señalan que esta alternativa empoderaría a las comunidades locales y potenciaría tanto la calidad de vida, como el potencial económico de las comunidades beneficiadas.

Adicionalmente, el análisis de Rhenals-Julio (2025) y el ejemplo chileno de las PMGDs demuestran que las condiciones actuales del mercado y las ayudas institucionales adecuadas logran hacer este tipo de soluciones no solamente competitivas, sino superiores a otras en diversos aspectos.

Así, el potencial de energías renovable que tiene el país no es una aspiración vaga o inimaginable, sino una tangible realidad que espera ser organizada estratégicamente. Esta variable permitirá a la investigación conectar la problemática de las crisis energéticas actuales con las soluciones en modelos sostenibles y escalables.

4.1.3 Transición energética en regiones aisladas en Colombia

En relación directa con uno de los puntos previamente mencionados es la falta de conectividad que tienen las regiones aisladas en el país. Estas zonas, caracterizadas por sus demandantes condiciones geográficas y baja densidad poblacional, presentan altos niveles de desabastecimiento, y dependen principalmente de fuentes tradicionales combustibles como el diesel. Esto representa no solamente una amenaza contra el medio ambiente, sino que también genera condiciones desfavorables para el correcto desarrollo de las comunidades ubicadas en este tipo de sectores del país.

Según Cerón, Gómez-Luna y Vásquez (2025), se han comenzado a explorar alternativas basadas en fuentes renovables para electrificar estas regiones, incluyendo soluciones como micro redes y sistemas híbridos. Este tipo de propuestas no solamente disminuye el impacto ambiental generador por los combustibles fósiles, sino que también se alinea con las prioridades globales de la reducción de emisiones de carbono y el direccionamiento hacia una transición energética pronta. Siendo así, este tipo de regiones pueden convertirse en un punto de inflexión para comenzar una transición hacia modelos de negocio rentables y sostenibles a largo plazo dentro del contexto de la instalación y generación de centrales eléctricas limpias y renovables.

Desde el punto de vista técnico, se han utilizado las relaciones que existen entre la demanda histórica energética, así como simulaciones de demanda futura para evaluar las posibles condiciones del entorno y la viabilidad que tiene la implementación de estas tecnologías. Dentro de las mediciones destacan la intermitencia de las fuentes de energía y recursos, la inversión inicial para la capacidad instalada, y los costos de la electricidad en diferentes puntos. A través de herramientas como estas, es posible determinar si existe, o no, la posibilidad de crear un modelo de negocio teniendo en cuentas las necesidades territoriales y de mercado, que a su vez generen un impacto social.

El desarrollo de estos modelos, entonces, representa una gran solución para los problemas actuales de acceso recurrente a energía eléctrica y abre una puerta a oportunidades de negocio. Esta variable permite evaluar escenarios concretos en las variadas regiones que existen en el país, y la posible inversión privada que pueda conllevar.

4.1.4 Modelos de negocio circulares en energías renovables

El paradigma de la sostenibilidad ha alcanzado una relevancia y un enfoque que pretende revolucionar las dinámicas del mercado energético actual, sobrepasando las barreras que existen ante la simple eficiencia energética. Hoy en día se habla de economías circulares, donde la gestión de residuos y otros factores relacionados con el cuidado del medio ambiente se vuelven trascendentales para entrar a la conversación de la viabilidad y la eficiencia de los modelos. En el contexto de la energía eléctrica, este tipo de consideraciones se basan principalmente en tener en cuenta la forma en la que se diseñan y planifican las fuentes de generación eléctrica, y como estos son operados dependiendo del tipo de tecnología que se utilice.

Chemova et al. (2025) destacan la implementación de modelos de negocios circulares de energía eléctrica como una gran oportunidad para economías emergentes

como la colombiana. En lugar de pensar en soluciones aisladas, se promueve un enfoque de sistemas donde el calor residual de los procesos de generación pueda ser utilizado para otros procesos de la cadena productiva como el tratamiento de aguas residuales o para procesos relacionados con la agricultura, por mencionar algunos ejemplos. Estos modelos tienen como base la reducción de las pérdidas generadas por residuos y la disminución de las ineficiencias de inicio a final de los proyectos, maximizando el valor generado por los proyectos y creando modelos mucho más abrasivos con los diferentes contextos y el impacto que tienen sobre ellos.

Según el análisis de estos autores, todos estos procesos deben tener en cuenta herramientas como el análisis del ciclo de vida de las matrices, los flujos de recursos y la evaluación de los contextos socioeconómicos en donde están siendo considerados. Además, la investigación hace referencia a conceptos como el “valor compartido” y los “co-beneficios”, que permiten realizar un análisis amplio teniendo en cuenta las repercusiones económicas, los impactos sociales y ambientales que los proyectos puedan llegar a generar. Estas métricas serán claves para determinar la viabilidad de los procesos y modelos dentro del contexto colombiano, especialmente en regiones donde la novedad de la implementación de nuevas alternativas energéticas puede tener una influencia sin precedente.

Al integrar este enfoque de modelos de negocio circulares en la transición energética de Colombia, se abre la puerta para generar modelos de negocios sumamente innovadores, que además de ser rentables económicamente hablando, tengan un impacto mucho más importante en múltiples dimensiones. La variable permite aplicar conocimientos y experiencias internacionales relacionadas con los modelos planteados para crear soluciones adaptadas a las necesidades particulares del contexto colombiano.

4.1.5 Políticas públicas y efectividad en la implementación de energías renovables

El desarrollo de energías renovables no ocurre en el vacío. Las políticas públicas y las condiciones que los gobiernos plantean internamente juegan un papel determinante para la consideración, adopción, escalabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Bersalli, Menanteau y El-Methni (2020) desarrollan un análisis comparativo entre países para evaluar la efectividad de distintas políticas de fomento a las energías limpias, como subsidios, tarifas feed-in y esquemas de subastas.

Los resultados presentados en este estudio demuestran que los casos más exitosos son aquellos que combinan señales y tendencias de mercado con claridad regulatorio y políticas y apoyo institucional. Por decirlo de una manera sencilla, los

incentivos fiscales y las políticas públicas temporales no son suficientes. En este sentido es conveniente tener un marco regulatorio claro y fundamentado y una estructura legal que permita establecer las condiciones para la inversión privada de dichos proyectos. Esto cobra excepcional relevancia para un país como Colombia, donde históricamente ha habido poco parentesco y coherencia entre las políticas públicas establecidas por los gobiernos y una alta incertidumbre política que tradicionalmente ha asociado la operación del país.

Para medir esta variable es necesario realizar estudios en los cuales se evalúe el índice de efectividad de políticas públicas relacionadas con el sector energético. Adicionalmente, debe considerar la capacidad instalada energía teniendo en cuenta el tipo de tecnologías que se aplicaran, las barreras administrativas que existen para cada caso en específico, los tiempos en los cuales se generan las subastas de energía, la facilidad de transmisión eléctrica en las regiones y las posibilidades de acceder a un financiamiento preferencial por medio de políticas verdes. Estos aspectos permiten hacer un diagnóstico realista del ambiente institucional y abre la puerta para realizar propuestas que ajusten y hagan el escenario más propicio para la transición energética.

En definitiva, esta variable permite conectar el diagnóstico técnico de la crisis energética con los factores institucionales que pueden acelerar o frenar su solución. Será clave para proponer recomendaciones de política que generen estabilidad y promuevan modelos de negocio sostenibles.

4.1.6 Integración tecnológica y digitalización del sistema energético

Los distintos tipos de tecnologías han reconfigurado y se han vuelto cruciales para las industrias y el futuro. La transición energética hacia un marco más limpio y descentralizado depende por completo de la innovación tecnológica para una eficiencia, precisión y capacidad más altas. Desde la inteligencia artificial y dispositivos y sensores hasta internet de las cosas, canales digitales de monitoreo, comercio y administración y procesamiento de datos, estos tipos de tecnologías se han integrado como puntos clave de una transición energética que funcione y sostenible.

El estudio de Hotzinger, Nagl, Bozem, Leon, Essinger, Roessler y Neufeld (2025) presenta un caso empresarial del desarrollo de un marketplace regional de energías renovables para pequeñas y medianas empresas (PYMES) a través del uso de inteligencia artificial. Esta consideración refleja lo críticas y efectivas que llegan a ser este tipo de tecnologías para la administración dinámica de la oferta y la demanda, el seguimiento en tiempo real y la participación de nuevos actores en el ecosistema de

energía. En contraste, Lin, Zhang, Wan, Chen y Li (2025) subrayan cómo la innovación evoluciona en empresas del sector gracias a factores como la volatilidad de precios de la energía y la presión para un mejor desempeño operativo, lo que acelera la introducción de tecnologías emergentes.

Estas propuestas coinciden con los planteamientos de Hwang (2023), que plantea en su estudio que hay una sinergia entre la evolución tecnológica y la transición energética, por lo que esta es un factor clave y relevante en el éxito de alternativas sostenibles. En su estudio, Hwang conduce un análisis exhaustivo de dieciocho países en latinoamericanos y caribeños dentro del cual concluye que la adaptación de las distintas herramientas tecnológicas a las iniciativas de proyectos renovables no solo maximiza el impacto ambiental positivo, sino que también habilita el desarrollo económico hasta en sectores tradicionalmente marginados.

Sus dimensiones son el nivel de digitalización del sistema energético, la adopción de tecnologías inteligentes y los nuevos actores que tienen participación mediante plataformas digitales. Sus indicadores pueden ser el número de plataformas tecnológicas activas en el sector energético, la proporción de empresas energéticas que usan inteligencia artificial, el internet de las cosas, sistemas inteligentes de monitoreo y la cantidad de empresas tanto PYMES como empresas más grandes que utilicen este tipo de herramientas tecnológicas para sus propuestas energéticas. Esta variable permite a la investigación identificar cómo la tecnología no solo optimiza la gestión energética, sino que abre nuevas líneas de negocio para empresas emergentes, facilita la integración de comunidades a sistemas energéticos modernos y genera modelos escalables con alto valor agregado para el país.

4.1.7 Marco económico y competitividad en la inversión en energías renovables

La viabilidad de los proyectos de energías renovables no se sustenta únicamente en su viabilidad técnica y su potencial desde el punto de vista del costo externo y el beneficio ambiental. En efecto, la toma de decisiones en esta materia está condicionada fuertemente por factores económicos que van desde los costos de inversión, retorno esperado, estabilidad financiera, acceso a los instrumentos de financiamiento y cómo su utilización se garantiza. En este orden de ideas, es importante entender el marco económico que rodea la implementación de energías renovables de tal manera que permita tener una idea más clara acerca de sus niveles de competitividad en relación con otras fuentes y su supuesto atractivo de la inversión privada.

El estudio de Ciambellini, D'Adamo, Gastaldi y Sndl (2025) muestra cómo la integración de sistema de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento en una empresa textil italiana fue rentable bajo condiciones de incentivos fiscales y políticas públicas apropiadas, que destaca que el autoconsumo y la disminución de los costos operativos pueden ser claras ventajas competitivas. Por su parte, Sadliq, Mayyas y Wei (2025) dan a conocer un modelo paramétrico para evaluar las posibilidades del proyecto técnico económicas de fuentes de energía limpia, los cuales consideran puntos como la tasa interna de retorno y los costes de contingencia, los CAPEX y los incentivos de entorno. Finalmente, Rhenals-Julio et al. (2025) discuten la posibilidad de microgrids universitarios en Colombia, lo cual demuestra que este tipo de modelo puede ser sostenible y escalable bajo estructuras de inversión adecuadas.

Las dimensiones centrales de esta variable son el análisis de retorno sobre el comportamiento de la inversión, el nivel de competitividad económica frente a fuentes tradicionales e incluso competidoras y la influencia de los instrumentos financieros y fiscales actualmente existentes sobre la toma de decisión. Los indicadores relevantes son a tasa interna de retorno, el tiempo de recuperación de la inversión disponible, el nivel de subsidios o incluso de incentivos fiscales existentes de la mano de la generación de energía y el costo nivelado de energía vs. las otras fuentes. A través de esta variable es posible identificar con mayor claridad los factores que vuelven viable o inviable un proyecto de energía renovable del punto de vista empresarial e, incluso, inventariar qué tipo de ajustes se podrían hacer en Colombia, desde la política pública igualmente que, desde la innovación financiera, con el fin de aumentar la competitividad del sector y, por lo tanto, de sus oportunidades de desarrollo sostenible.

4.2 Estado del arte

La transformación del sistema energético en Colombia no se reduce a solo un cambio técnico. Para lograr una transición energética sostenible y duradera, es necesario implementar cambios más profundos y estructurales. A lo largo de este mapeo bibliográfico, reconocimos cinco grandes categorías temáticas dentro de las cuales concentrar los principales esfuerzos académicos y técnicos en términos de hallazgos y contribuciones sobre la crisis energética y el fenómeno de la transición renovable y las oportunidades de negocios en América Latina en los últimos años.

Primero, la innovación tecnológica y digitalización como elementos habilitadores para operar sistemas complejos, descentralizados y eficientes. En segundo lugar, estudios de competitividad económica y modelos de negocio, visto no tanto desde una

óptica de política pública sino nuevas condiciones para la posibilidad permitidas por una lógica empresarial. En tercer lugar, se encuentra la categoría de gobernanza energética y política pública, que aborda el papel del Estado y de los marcos institucionales en el avance o estancamiento de la transición.

Cuarto, el grupo de dispersa energética y regiones no interconectadas se ocupa de los territorios frágiles y excluidos del sistema central, en los cuales surgen nuevas oportunidades de innovación. Por último, es posible observar que los enfoques circular y sistémico abren el análisis hacia una sostenibilidad intersectorial ecosistémica que involucra no solo la energía, sino también los residuos, el agua, la producción agrícola, los beneficios sociales, entre otros. De esta manera, estas categorías pueden organizar los principales hallazgos de la literatura, articular las similitudes y tensiones entre los ejes presentados y proporcionar un marco sólido para la formulación de variables y recomendaciones estratégicas.

Estas categorías permiten estructurar los hallazgos más relevantes de la literatura, identificar coincidencias y tensiones entre los enfoques analizados, y establecer un marco sólido para la formulación de variables y recomendaciones estratégicas.

4.2.1 Innovación tecnológica y digitalización del sistema energético

Esta categoría incluye estudios que demuestran la importancia clave de la tecnología en la viabilidad de la transición energética. Lin et al. (2025) abordan la adopción de tecnologías de almacenamiento en forma de baterías de ion-litio e hidrógeno verde. Muestran cómo estas tecnologías compensan la intermitencia y estabilizan las redes renovables y aplican simulaciones de eficiencia operativa para su análisis cuantitativo.

Por su parte, Hotzinger et al. (2025) presentan una propuesta distinta de un mercado de tecnología digital basado en inteligencia artificial. Su mercado tiene el objetivo de optimizar el comercio de energía renovable y se enfoca en pequeñas y medianas empresas. Enfoques similares son presentados por Hwang (2023), quien examina 18 países latinoamericanos y demuestra cómo la sinergia entre digitalización y energía verde promueve un crecimiento inclusivo, especialmente en economías emergentes. Los autores coinciden en que la tecnología es más que una herramienta operativa, sino un facilitador de nuevos modelos de negocio y un catalizador de descentralización y participación de los empresarios en la transición energética.

4.2.2 Competitividad económica y modelos de negocio

Los estudios agrupados aquí comparten el enfoque de la viabilidad financiera y la competitividad con fuentes de energía tradicionales. Ciambellini et al. (2025) presentan un ejemplo de integración de APS y AES en una empresa textil en Italia, con un resultado rentable sustentado por el apoyo del Estado en incentivos fiscales y crediticios. Sadliq, Mayyas y Wei (2025) construyen un modelo paramétrico de evaluación de proyectos renovables, usando datos cuantitativos como TIR, CAPEX y precios de contingencia.

En el caso colombiano, Rhenals-Julio et al. (2025) se refiere al cálculo de beneficios netos creados por el efecto de microgrids universitarias y demuestra la rentabilidad perteneciente a la receta de un esquema de financiamiento híbrido. A nivel de consultoría sectorial, KPMG (2023) y Achilles (2022) están las ideas de barreras logísticas, riesgos empresariales y oportunidades en cadena de suministro sostenible. A pesar de la diferencia en el enfoque de estudio de caso a modelos analíticos, todos estos trabajos están de acuerdo en que el entorno económico y la calidad institucional y el acceso a los mecanismos de financiamiento juegan un papel crítico en el éxito de los proyectos financiados.

4.2.3 Gobernanza energética y políticas públicas

Esta línea temática examina el rol del Estado y de los marcos institucionales en facilitar o frenar la transición energética. Bersalli, Menanteau y El-Methni (2020) comparan políticas en diversos países para establecer que los entornos regulatorios exitosos son los que combinan incentivos económicos con estructuras jurídicas claras y estables.

En Latinoamérica, informes del Banco Interamericano de Desarrollo (2024), CEPAL (2014, 2021, 2023), Banco Mundial (2024) y la Organización Latinoamericana de Energía (2023) subrayan la desconexión entre metas climáticas y políticas energéticas reales.

Además, reportan la creciente dependencia de los combustibles fósiles, la escasez de inversión privada, y la inestabilidad institucional como barreras sistémicas.

Estos estudios, ambos cualitativos y mixtos, coinciden en que, sin un marco político coherente, ni la tecnología ni la inversión pueden escalar, lo que convierte a la gobernanza en un eje estratégico de cualquier modelo de negocios energéticos.

4.2.4 Descentralización energética y regiones no interconectadas

Una línea emergente de los estudios que referenciamos reitera la electrificación de territorios periféricos y vulnerables, salvo en condiciones ecológicamente sostenibles.

Cerón, Gómez-Luna y Vásquez (2025) proponen soluciones descentralizadas como sistemas fotovoltaicos autónomos y mini redes híbridas, especialmente relevantes para

las comunidades aisladas de la red nacional. Realizando el mismo estudio destaca los siguientes beneficios sociales de la electrificación: el empoderamiento comunitario sobre el suministro de energía, la mejora de la calidad de vida y la autonomía conseguida. De esta forma, se respetan grados de desarrollo, educación y apuesta a las comunidades.

Rocha et al. (2025) aplican una metodología multicriterio para mapear el potencial renovable por región en Colombia, evidenciando que departamentos como La Guajira y Tolima tienen condiciones ideales para energía solar o eólica. Estas propuestas son reforzadas por diagnósticos técnicos de Inspenet (2021), Real Instituto Elcano (2025) y Global Energy Monitor (2023).

En general, estos estudios indican que, de manera análoga a las autoridades energéticas, las soluciones energéticas también se adaptan a la diversidad geográfica y social del país, y los territorios no conectados son la plataforma ideal para las nuevas soluciones sostenibles.

4.2.5 Enfoques circulares y sostenibilidad sistémica

Por último, esta categoría incluye estudios que enmarcan al sistema energético en una lógica intersectorial al incluir energía, residuos, agua y agricultura. Chemova et al. (2025) abordan el sistema como un sistema circular, proponiendo un modelo de negocio que utiliza el calor residual y los subproductos energéticos. Ellos aplican un enfoque de maximización del valor y minimización de las externalidades, y utilizan análisis de ciclo de vida y evaluación de co-beneficios.

Desde la misma perspectiva crítica, López Carbajal y Larraín (2024) sugieren que insistir en el gas como combustible de transición aplazaría los compromisos climáticos ya adquiridos. Del mismo modo, Tamborrel et al. (2023), desde el Instituto de Ambiente de Estocolmo, argumentan que la transición debe ser multisectorial y coherente con la justicia ambiental y social.

Ambas investigaciones han permitido comprender miradas avanzadas sobre lo que debiera ser el desarrollo energético, que ya no se considera sostenible desde el punto de vista medioambiental por bajar las emisiones. Si no, que estos estudios proponen una transformación de las cadenas de valor y de los propios modelos de producción y de consumo.

El análisis del estado del arte permite identificar cinco dimensiones claves que concentran la mayor parte de los aportes recientes sobre transición energética y oportunidades en América Latina. Estas dimensiones son la integración tecnológica, la viabilidad económica, la gobernanza institucional, el enfoque territorial, y la sostenibilidad

sistémica. No solo permiten organizar la literatura existente, sino que localizan los puntos fundamentales para tener en cuenta al pensar estrategias viables para encarar la crisis energética colombiana. Así, la bibliografía revisada demuestra que no basta con tener recursos renovables. Es necesaria la existencia de regulaciones estables en el tiempo, modelos de negocio atractivos financieramente, tecnologías adaptadas a cada contexto, territorialidad y una visión sistémica de sostenibilidad.

Las empresas pueden jugar un papel fundamental, en tanto líderes de procesos de innovación, descentralización y eficiencia operacional. A pesar de los avances mencionados, los vacíos existentes son numerosos. En la medida de que la mayoría de los estudios presenten casos internacionales o regionales, y sean pocos los trabajos que desde una perspectiva integradora analizan casos concretos en Colombia, estos resultados refuerzan la necesidad de investigaciones que articulen directamente los diferentes enfoques trabajados aquí. En definitiva, se presenta este análisis bibliográfico como un insumo para construir las variables del presente trabajo y contribuir a determinar con mayor claridad aquellos espacios en los que las empresas pueden efectivamente desempeñar un rol en la transición energética colombiana.

4.3 Contexto

La crisis energética en Colombia se ha intensificado en los últimos años debido a la dependencia histórica del país en la generación hidroeléctrica, que representa aproximadamente el 70% de la matriz energética nacional según datos de la UPME y XM hasta 2024. Fenómenos climáticos como El Niño, que redujo niveles de agua en los embalses en un 30% durante el 2023-2024, han expuesto la vulnerabilidad de este modelo, generando apagones y alzas en los costos de electricidad, especialmente en regiones interconectadas. Por otro lado, las regiones no interconectadas (RNI), que albergan a cerca del 6% de la población, enfrentan desafíos adicionales debidos a la falta de infraestructura y la dependencia de fuentes fósiles, con costos de kilovatio por hora (kWh) que superan los 800 COP en algunas zonas, según reportes del Banco Interamericano de Desarrollo.

El marco regulatorio colombiano, liderado por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) y el Ministerio de Minas y Energía, ha impulsado incentivos fiscales como la Ley 1715 de 2014 para promover energías renovables (eólica, solar, biomasa), pero la burocracia en los procesos de licenciamiento ha limitado su

implementación, con solo un 5% de la capacidad instalada aprobada a cierre de 2024 (CEAPI. 2024).

Adicionalmente, la adopción de tecnologías digitales y modelos de negocio circulares enfrentan barreras económicas y territoriales, como la baja conectividad en áreas rurales y la falta de inversión inicial, estimada en un rango de 500 a 1000 millones de COP por proyecto en RNI (Rocha et al., 2025). Este contexto subraya la necesidad de intervenciones empresariales innovadoras para mitigar la crisis y aprovechar el potencial en un 20% de crecimiento anual en la demanda energética proyectado para 2030 (UPME, 2024).

4.3.1 Análisis del Entorno: Factor Político

En Colombia, el marco político y regulatorio para las energías renovables es un arma de doble filo. Por un lado, ofrece incentivos para su desarrollo, pero por otro, plantea riesgos operativos que puedes poner en riesgo la rentabilidad de los proyectos. A nivel normativo contamos con un marco consolidado que impulsa las Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCER) y otorga beneficios tributarios; Ley 1715, expedida originalmente en 2014 y complementada por normas posteriores, sigue siendo la columna vertebral para la promoción de energías renovables, definición de incentivos y apoyo a la integración de almacenamiento y eficiencia energética en el sistema nacional.

No obstante, esa existencia normativa no se traduce automáticamente en ejecución: la experiencia reciente muestra retrasos prolongados en trámites de aprobación, diferencias de interpretación sobre entidades regulatorias (Ministerio de Minas y Energía, CREG, UPME, autoridades ambientales, etc.) y cambios discrecionales en instrumentos de política que elevan la prima de riesgo político exigida por inversionistas. En consecuencia, los proyectos requieren estructuras contractuales más sofisticadas, PPAs a largo plazo, garantías multilaterales o mecanismos de blended finance para compensar la incertidumbre regulatoria y las demoras de licenciamiento.

Además, la dinámica política sectorial es heterogénea entre niveles territoriales: decisiones locales sobre el uso de suelo, ordenamiento territorial y la aplicación de la consulta previa en territorios étnicos generan asimetrías en la velocidad de ejecución. Los casos documentados de oposición a proyectos eólicos en regiones costeras, donde los gobiernos locales, comunidades indígenas y actores ambientales han objetado permisos, demuestran que la gobernanza territorial y la calidad del relacionamiento con comunidades son condicionantes políticos tan determinantes como la legislación nacional. La consecuencia práctica de esa tensión es un aumento de los costos y plazos

(del proyecto), y en algunos casos la reconfiguración del riesgo país percibido por los prestamistas internacionales.

Finalmente, la coyuntura política reciente (presiones por seguridad de abastecimiento ante bajos niveles hídricos, debates sobre la exploración y límites a ciertas actividades extractivas) han generado respuestas mixtas: por una parte existe una mayor disposición técnica y política a acelerar licitaciones y estudiar incentivos adicionales para renovables y almacenamiento; por otra persiste volatilidad regulatoria en materia de hidrocarburos y gas que complica el horizonte de planeación para proyectos que dependen de combustible de respaldo o mercado de gas. En síntesis, el vector político plantea al mismo tiempo una amenaza (prima de riesgo, demoras), y una oportunidad (ventanas regulatorias para diseñar instrumentos que aceleren la inversión privada si el Estado confirma señales claras de estabilidad).

4.3.2 Análisis del Entorno: Factor Económico

La lectura económica del panorama energético que presentamos parte de dos hechos empíricos que definen el riesgo y la oportunidad: la alta concentración hidroeléctrica en la matriz y el déficit de gas proyectado para los próximos años. En términos de participación en la generación, las estadísticas internacionales ubican en generación hidroeléctrica aproximadamente el 65% del total en 2023, lo que expone al sistema a la variabilidad climática y a fuertes oscilaciones de oferta cuando los aportes hídricos se reducen. Esa dependencia ha derivado en episodios donde el encendido de térmicas por déficit hídricos provoca picos de precio en el mercado mayorista y presiones sobre la económica industrial. El resultado macro es simple pero contundente: una matriz concentrada en un recurso susceptible a variaciones climáticas se traduce en volatilidad de precios y una necesidad de mayores inversiones de capital-intensivas en diversificación y respaldo.

Respecto a la disponibilidad de gas, los pronósticos de actores del sector y noticias especializadas han estimado un déficit de suministro relevante: Ecopetrol, por ejemplo, comunicó previsiones que sitúan el déficit en aproximadamente 120.000 millones BTU/día para 2025 y 300.000 millones BTU/día para 2026 en escenarios de baja entrada de nuevos yacimientos, una brecha que afecta la seguridad de suministro para generación térmica y procesos industriales dependientes de gas. Este déficit esperado obliga a dos respuestas económicas principales: (1) planificación de importaciones temporales de gas o GNL que incrementan costos, y (2) aceleración de inversiones en soluciones renovables con almacenamiento que reduzcan las necesidades térmicas. Ambos caminos tienen

impactos sobre la estructura de costos del país y sobre las decisiones de inversión de empresas industriales intensivas de energía.

En el plano de precios al consumidor, los valores finales reflejan estas tensiones. El precio residencial promedio reportado para diciembre de 2024 fue de aproximadamente COP 840/kWh (valor que incluye cargos y transmisión), y las series recientes muestran una tendencia al alza en precios promedio por MWh en años recientes. Este nivel de tarifa tiene implicaciones directas para la demanda (competitividad industrial, presión sobre consumidores vulnerables) y para la viabilidad financiera de proyectos que necesiten puntos de anclaje económico (ofertas a offtakers industriales o criterios de TIR ajustada).

A nivel de inversión por proyecto, y con foco en las regiones no interconectadas, los rangos de inversión estimamos para este trabajo para proyectos tipo micro/mini-red están entre COP 500 y 1.000 millones, montos que exigen estructuras financieras flexibles y mezclas de recursos (cooperación internacional, banca comercial local y capital privado). La suma de estos elementos hace que las decisiones económicas sobre inversión en renovables dependan fuertemente de señales regulatorias y mecanismos de mitigación de riesgo de precio y de insumo.

La conclusión económica es que existe una oportunidad generada por la caída de precios tecnológicos (paneles, baterías, etc.) y la urgencia por diversificar las fuentes de energía; pero también un costo de oportunidad alto si la respuesta de inversión no se articula con instrumentos de riesgo (garantías, PPAs robustos, blended finance) que permitan reducir el costo de capital. En este sentido, la priorización de proyectos con offtakers creditworthy, la estructuración de contratos que incluyan mecanismos de indexación y fuerza mayor climático, y la búsqueda de capital concesional son estrategias económicas viables necesarias para que los proyectos sean bancables.

4.3.3 Análisis del Entorno: Factor Social

Desde la perspectiva social, la crisis energética y la transición plantean un doble desafío: corregir desigualdades de acceso y asegurar aceptación social para proyectos que, si bien ofrecen beneficios, pueden generar tensiones locales. En la región latinoamericana aún hay millones sin acceso eléctrico, el Banco Interamericano de Desarrollo estima que cerca de 17 millones de personas en la región carecen de acceso a electricidad, cifra que sitúa la inclusión energética como elemento central de cualquier estrategia de transición.

En Colombia, las regiones no interconectadas representan al rededor del 6% de la población y, en múltiples casos documentados, el costo de kWh en estas áreas puede

superar los COP 800- 1.000 por kWh cuando la electrificación depende de generación basada en diésel o combustibles fósiles transportados. Estas diferencias tarifarias y el servicio implican consecuencias directas sobre salud, educación y productividad local; además, amplían la brecha entre territorios urbanos y rurales. Por tanto, uno de los criterios de evaluación social que aplicamos en este trabajo es la equidad: los proyectos deben integrar tarifas socialmente sensibles y mecanismos de subsidio focalizado o modelos de copago que no desincentiven la adopción.

La aceptación social es tan relevante como la técnica o la económica: procesos de consulta previa, esquemas de participación y retorno local (empleo, formación técnica, participación de gobernanza de proyectos) son determinantes para evitar litigios y retrasos. La evidencia empírica de conflictos en zonas costeras y fronterizas, en especial con proyectos eólicos y de infraestructura de transmisión, demuestra la carencia de diseño participativo provoca oposición que puede tardar años en resolverse y que erosiona la TIR proyectada. En este sentido, los modelos de negocio con enfoque circular y co-beneficios locales (por ejemplo, electrificación comunitaria, programas de formación y cadenas de suministro local) no solo aumentan la aceptación social, sino que contribuyen a crear mercados locales sostenibles en el mediano plazo.

Adicionalmente, la dimensión local requiere políticas públicas complementarias: programas de capacitación técnica y reconversión laboral para trabajadores de sectores fósiles, estrategias de protección social para consumidores vulnerables y monitoreo de impactos de género y grupo étnico. En otras palabras, una transición justa es condición para la sostenibilidad política y social de los proyectos que se desean proponer; su ausencia incrementa riesgo de resistencia y deterioro reputacional que, a su vez, puede traducirse en mayores costos financieros.

4.3.4 Análisis del Entorno: Factor Tecnológico

En el análisis tecnológico ponemos énfasis en el efecto transformador que tienen las reducciones de costos y las innovaciones en almacenamiento, redes inteligentes, y soluciones híbridas para la viabilidad de proyectos renovables en Colombia. A escala global, el precio de paquetes de baterías de ion-litio cayó desde alrededor de USD 1.400/kWh en 2010 a niveles por debajo de USD 140/kWh en 2023. En 2024-2025 las dinámicas de mercado muestran compresiones adicionales y mejoras en densidad energética, lo que permite escenarios en los que soluciones solares con BESS compiten favorablemente en frente a alternativas térmicas en costos nivelados. Esta trayectoria tecnológica tiene implicaciones directas: reduce el CAPEX relativo por kW útil cuando se

integra almacenamiento y permite ofertas de suministro más firmes para PPA, además de habilitar microgrids con mejores costos.

Sin embargo, la ventanilla tecnológica no está exenta de retos operativos: la cadena de suministro internacional de componentes como módulos PV o BESS enfrenta cuellos de botella logísticos y de contenido local; además, la disponibilidad de capacidades técnicas locales para operación y mantenimiento de sistemas híbridos es heterogénea. El trabajo documenta una carencia relativa de proveedores locales con experiencia en integración de sistemas de plataformas digitales maduras para gestión en tiempo real, lo que obliga a contemplar inversión complementaria en formación de capital humano y estrategias de transferencias de conocimiento como parte del CAPEX del proyecto.

A su vez, la adopción de tecnologías digitales como el internet de las cosas, las plataformas de monitoreo o los algoritmos de optimización; mejora la predictibilidad de la generación y el despacho, pero exige marcos regulatorios que permitan valorizar servicios ancillares (frecuencia, capacidad de rampa, respuesta rápida) en el mercado, condición que aún está en consolidación en Colombia.

Finalmente, la prospectiva tecnológica incluye oportunidades emergentes (hidrogeno verde para offtakers industriales, baterías de segunda vida, soluciones de economía circular para componentes) que, si se articulan con pilotos públicos-privados, pueden generar nuevos modelos de ingresos. En suma, la dimensión tecnológica es una ventaja competitiva, pero demanda inversión paralela en cadena de suministro local, capital humano y regulación de mercados de servicios auxiliares.

4.3.5 Análisis del Entorno: Factor Ambiental

El componente ambiental, además de ser un imperativo normativo y reputacional, tiene implicaciones técnicas y de costo que condicionan el diseño de proyectos. La reducción de aportes hídricos en embalses por eventos climáticos como El Niño, con reportes nacionales que indican aportes inferiores a la media histórica sobre todo en los últimos años, incremento el encendido de las plantas térmicas y las emisiones de CO₂ por MWh generado.

Esta realidad muestra que la alternativa más limpia no es solo una preferencia ambiental, sino una necesidad operativa para reducir los costos asociados a importación de combustibles compra de GNL o encendido de térmicas caras. Para cuantificar el impacto, en el trabajo tomamos como referencia los periodos de 2023-2024 en los que,

según XM, algunos embalses registraron disminuciones de aporte hidráulicos de hasta un 30% con respecto a años anteriores, y se modelan los escenarios donde la incorporación de almacenamiento deduce el recurso térmico marginal.

Mas allá de la reducción de emisiones, la expansión de renovables exige planes de gestión del ciclo de vida: desde la extracción de materias primas para paneles y baterías hasta la gestión de residuos al final de vida y el reciclaje de módulos y celdas. Los riesgos ambientales específicos por tecnología requieren evaluaciones de impacto ambiental rigurosas y planes de monitoreo a largo plazo.

En la práctica, los fondos internacionales y bancos multilaterales que financian proyectos verdes exigen criterios ESG robustos y evidencia de economía circular, por lo que incorporar rutas de reciclaje y métricas de reducción de emisiones es condición para acceder a financiamiento concesional y para mejorar la percepción de riesgo ambiental.

4.3.6 Análisis del Entorno: Factor Legal

En el plano legal la situación se caracteriza por un sólido marco de principios y vacíos en su implementación de la práctica. La ley 1715 de 2014 establece el marco para la integración de las FNCER y fija instrumentos de fomento, incentivos tributarios y arancelarios dispuestos para estimular la inversión; sin embargo, la efectiva aplicación de beneficios y la articulación entre normas sectoriales, ambientales y territoriales ha resultado heterogénea. Para el análisis legal de los proyectos, se identifican tres bloques de riesgo.

En primer lugar, las demoras de licenciamiento ambiental y discrepancias entre autoridades territoriales y nacionales. En segundo lugar, los requisitos de consulta previa y protección de derechos colectivos que pueden producir paralizaciones. Finalmente, la ausencia o insipiente de mercados secundarios para PPAs que dificultan la reasignación de contratos y la liquidez de ingresos futuros. Estas variables jurídicas aumentan el tiempo to-market y elevan la primera de riesgo que exigen los prestamistas. Desde la práctica contractual, se recomiendan cláusulas específicas de protección (indexación por precio, instrumentos de cobertura cambiaria como un DCH o líneas de crédito respaldadas por organismos multilaterales para abaratar el costo de capital).

Entonces, desde el punto de vista de las comunidades étnicas y rurales, la consulta previa no es solo un trámite que debe realizarse ahora, sino un derecho básico para participar en una decisión sobre su tierra, su sustento en su área y su cultura. Cuando este proceso se lleva a cabo tarde, en partes o de manera estrictamente formal, las comunidades perciben los proyectos como impuestos, generando desconfianza,

división y rechazo social. Por lo tanto, los procesos de consulta que toman en cuenta información bien definida, calendarios razonables y mecanismos de distribución de beneficios pueden ser una condición habilitante para la implementación a largo plazo de proyectos renovables.

Adicionalmente, es importante señalar que las modificaciones normativas cuando no están acompañadas de calendarios claros de transición introducen asimetrías regulatorias que pueden ser aprovechadas (o penalizar) a agentes existentes. Por ello, en los contratos y en la evaluación de proyectos se debe incluir un análisis jurídico dinámico, que simule cambios regulatorios plausibles y valide la robustez financiera del proyecto frente a esos escenarios. A nivel operativo, la buena práctica legal que se propone es la integración temprana de abogados especializados en derecho ambiental y energías en las etapas de prefactibilidad para reducir el riesgo de paralización posterior.

5 Hipótesis

Con brechas de capacidad, generación y transmisión, la crisis energética en Colombia puede resolverse a través de modelos de negocio sostenibles que utilicen energías renovables y soluciones tecnológicas innovadoras, las cuales pueden ser diseñadas e implementadas en el país. Dada una adecuada identificación y priorización de oportunidades de negocio en diferentes segmentos del mercado energético colombiano; especialmente en regiones no interconectadas, proyectos de generación distribuida y modelos circulares, las empresas del sector podrán contribuir significativamente a cerrar estas brechas, al tiempo que generan beneficios económicos, sociales y ambientales. Esta contribución se materializaría mediante la generación de modelos de negocio sostenibles, replicables y alineados con las condiciones estructurales, regulatorias y territoriales del país, permitiendo así un impacto positivo tanto en la seguridad energética, en el desarrollo económico a largo plazo y en la mitigación de la crisis energética.

6 Metodología

6.1 Tipo de Investigación

La presente investigación adopta un diseño exploratorio, orientado a indagar en profundidad aquellos aspectos poco estudiados de la crisis energética en Colombia y las oportunidades que, a partir de energías renovables y soluciones alternativas, pueden surgir para el sector empresarial.

Para responder a este cuestionamiento, es necesario llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura académica, técnica y de casos internacionales para identificar tendencias emergentes, barreras regulatorias y oportunidades para el desarrollo de modelos de negocio basados en energía limpia. También se deben realizar entrevistas semiestructuradas a informantes clave en los campos energético y empresarial para comparar y enriquecer la información obtenida de los registros.

Todo lo anterior permitirá la formulación de un primer diagnóstico y un marco de investigación para futuras investigaciones en el campo. El carácter exploratorio de este estudio surge del hecho de que no hay un trabajo que haya abordado específicamente el tema de la crisis energética y las oportunidades empresariales en renovables en Colombia previamente. Como tal, este es un campo en desarrollo y requiere un enfoque que explique y delimite los principales factores y vacíos de información. El enfoque exploratorio permitirá el establecimiento de un marco de conocimiento que luego puede ser objeto de investigaciones futuras más detalladas de naturaleza explicativa o evaluativa.

6.2 Enfoque de la Investigación

El enfoque de esta investigación es mixto, dado que integra técnicas cualitativas y cuantitativas con el fin de obtener una comprensión más integral del fenómeno estudiado: la crisis energética en Colombia y el rol del sector empresarial en la implementación de energías renovables como solución sostenible. Este enfoque permite abordar tanto la dimensión objetiva del problema mediante el análisis de datos sobre inversión, capacidad instalada y cobertura como la dimensión subjetiva a través de las percepciones de actores relevantes y el análisis de barreras sociopolíticas y económicas.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), “el enfoque mixto implica recolectar, analizar y vincular datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para responder al planteamiento del problema” (p. 534). Este enfoque resulta pertinente en esta investigación, ya que permite combinar lo numérico con lo narrativo, fortaleciendo el análisis mediante la triangulación metodológica. Como explican los

autores, “la finalidad de emplear métodos mixtos es aprovechar las fortalezas y minimizar las debilidades de los enfoques cuantitativo y cualitativo por separado” (p. 535), lo cual permite obtener conclusiones más sólidas y contextualizadas frente a una problemática compleja y multifactorial como la energética.

Adicionalmente, se incorporó un estudio de caso internacional sobre mercados de flexibilidad (KLIK), que se analiza en detalle en el Anexo 2 y sirve como referente comparativo para la discusión de modelos digitales en los resultados.

6.3 Muestra

En la presente investigación se seleccionó de manera intencional y no probabilística un grupo de expertos de diferentes perfiles que fueran representativos en el sector energético en Colombia. Cada uno de ellos tiene diferentes perspectivas muy valiosas desde innovación tecnológicas, modelos de negocio, políticas públicas y temas de sostenibilidad tanto ambiental como financiera. La muestra de expertos incluyen representantes en empresas energéticas, gremios financieros, consultores de sostenibilidad y emprendedores dentro del sector. Este tipo de muestreo resulta adecuado debido al carácter exploratorio de estudio y la necesidad de nutrir la investigación con perspectivas especializadas en el análisis de la crisis energética y la hoja de ruta hacia las oportunidades en las energías renovables.

En total, se seleccionaron seis expertos clave mediante un muestreo intencional, en búsqueda de garantizar una diversidad de perfiles que permitieron mostrar diferentes ángulos y dar una visión más completa del panorama energético. La elección de utilizar esta cantidad de expertos fue por el criterio de una saturación teórica, alcanzado cuando las entrevistas posteriores no aportaban información nueva o sustancialmente diferente.

En este punto, se escogieron las entrevistas más sólidas y representativas, que permitían ilustrar los aspectos esenciales del estudio y que encajaban bien en los diferentes perfiles que queríamos exponer. Eso se hizo para priorizar la profundidad del análisis y la relevancia del contenido sobre la cantidad de casos. En general, el muestreo seleccionado cumplió con la mezcla de calidad de experiencia como de nivel de respuestas que implicaba una investigación de calidad.

Este estudio utilizó una muestra intencionada de seis fuentes expertas de la industria energética, adecuada para lograr la saturación temática en regulación, inversión, operación y transición tecnológica. No obstante, reconocemos que la triangulación de perspectivas se habría mejorado con la participación de reguladores activos y representantes comunitarios, particularmente de Zonas No Interconectadas (ZNI), en un

espectro más amplio. Tomamos esta decisión debido a las limitaciones de acceso y programación durante el período de campo, pero esto se compensa con el uso de evidencia documental y casos comparativos. Como línea futura de investigación, se propone incluir a las autoridades territoriales y otros líderes de consulta previa como muestras de muestreo teórico

6.4 Instrumentos y sujetos

Para la recolección de información se llevaron a cabo entrevista semiestructuradas a los diferentes actos seleccionados, siguiendo un cuestionario guía construido específicamente para cada perfil en base al marco teórico y a los diferentes objetivos estipulados.

Los principales instrumentos fueron:

- Entrevistas en profundidad para captar percepciones, obstáculos, retos y oportunidades
- Revisión documental de informes e investigaciones institucionales, estadísticas y reportes empresariales
- Análisis comparativo de diferentes plataformas tecnológicas y modelos internacionales que se pueden usar como ejemplo, incluyendo un estudio de caso del mercado de flexibilidad suizo KLIK, desarrollado con mayor detalle en el Anexo 2.
- Los entrevistados incluyen:
 - Juan Daniel González Calvo (Asobancaria)
 - Felipe Bayón (GeoPark y ex presidente de Ecopetrol)
 - Martín Carbonell y Santiago Rodríguez (Co-founders de Rocasol)
 - Bernardo Vargas (Ex CEO de ISA)
 - Manuel Rodríguez-Becerra (Ex Ministro de Ambiente)
 - Luis Carlos Parra (KLIK)

Cada uno de los entrevistados aportaron diferentes puntos de vista desde su perfil y experiencia, ofreciéndonos una visión completa y diversa. Se tocaron temas como la financiación de los proyectos de energía, la gestión empresarial, las regulaciones, los obstáculos, factores sociales y de comunidades, la matriz energética de Colombia y de cómo se puede convertir los diferentes retos en oportunidades para el país.

6.5 Diseño metodológico

6.5.1 Diseño: No experimental – transversal descriptivo

El presente estudio adopta un diseño no experimental, de tipo transversal descriptivo, ya que no se están manipulando variables, sino que se observan y analizan de la misma forma que ocurren en la crisis energética que se define en la actualidad. La información que se recolecta sucede en un único momento a través de revisión de estudios, documentos y entrevistas a diferentes perfiles y expertos del sector, con el propósito de describir y comprender las características de la situación de crisis que se define en el país, y las oportunidades empresariales que derivan de ella.

Incrementalmente, proponemos fortalecer el análisis económico siendo sensibles al TIR y los períodos de recuperación a medida que cambian con un cambio de (i) CAPEX/OPEX, (ii) precios de energía/PPA, (iii) factores de planta y (iv) tasas de descuento y riesgo de tipo de cambio. Dada la alta tracción y tendencias (por ejemplo, solar+BESS, eficiencia energética, digitalización), es aconsejable detallar supuestos, bandas de incertidumbre, escenarios (base/alto/bajo) y un "tornado" de variables críticas para priorizar actividades bancarias.

Tabla 1

Actividades para el cumplimiento de los objetivos

Objetivo Específico	Instrumentos	Participantes	Formato
Describir el grado de adopción de tecnologías digitales y sistemas inteligentes por parte de empresas del sector energético en Colombia para optimizar la generación, distribución y gestión de energías renovables	Revisión documental, entrevistas semiestructuradas con expertos, análisis de plataformas tecnológicas en uso	Expertos del sector energético, empresas tecnológicas del sector renovable	Reporte narrativo, gráficos comparativos, entrevistas transcritas
Analizar las condiciones económicas,	Análisis de datos secundarios (informes, estadísticas),	Actores clave en el sector energético	Análisis cualitativo y cuantitativo,

institucionales y territoriales que inciden en la viabilidad de modelos de negocio sostenibles en el sector energético colombiano	entrevistas a actores clave, encuestas a empresas	(empresas, reguladores, asociaciones)	tablas, informes
Proponer estrategias empresariales viables que integren innovación tecnológica, sostenibilidad económica y soluciones adaptadas al contexto territorial colombiano para enfrentar la crisis de generación y abastecimiento eléctrico	Entrevistas a expertos, análisis de casos de éxito, estudios de viabilidad/priorización	Expertos en sostenibilidad, innovación tecnológica, y empresarios del sector energético	Propuestas escritas, mapas de soluciones

6.5.2 Variables de la Investigación

Variable: Integración tecnológica y digitalización del sistema energético:

La transformación energética en Colombia depende en gran medida de la incorporación de tecnologías digitales y de inteligencia artificial que permitan optimizar la generación, distribución y consumo de energía. La digitalización, el IoT y las plataformas digitales de gestión ofrecen nuevas formas de monitoreo en tiempo real, comercio de excedentes y eficiencia operativa, abriendo la puerta a modelos empresariales innovadores y escalables en el sector.

Indicador: Número de plataformas digitales activas

- ¿Cuántas plataformas digitales dedicadas a la gestión, monitoreo o comercialización de energía renovable se encuentran actualmente operando en Colombia?
- ¿Qué tipo de funciones ofrecen estas plataformas (e.g., balanceo de carga, monitoreo en tiempo real, comercio de excedentes)?
- ¿Qué porcentaje de las empresas del sector energético colombiano ha adoptado alguna de estas plataformas en los últimos tres años?

Indicador: Empresas que usan IA energética

- ¿Qué tipos de inteligencia artificial están siendo utilizadas por empresas energéticas para optimizar procesos de generación, consumo o predicción de demanda?
¿Cuál es el impacto medido del uso de IA en términos de eficiencia operativa o reducción de costos energéticos en las empresas que la implementan?
- ¿Qué barreras enfrentan las empresas colombianas para adoptar soluciones de IA en el sector energético (económicas, técnicas o regulatorias)?

Indicador: PYMES con soluciones IoT

- ¿Qué porcentaje de PYMES en el sector energético colombiano ha integrado soluciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT) en sus operaciones?
- ¿Qué tipos de dispositivos IoT son más utilizados por estas PYMES (e.g., sensores de consumo, redes inteligentes, controladores remotos)?
- ¿De qué manera ha contribuido la implementación de IoT en PYMES a la mejora en eficiencia energética o reducción de pérdidas?

Variable: Políticas públicas y efectividad en la implementación de energías renovables/ Transición energética en regiones aisladas en Colombia

El marco institucional y normativo es determinante para la transición energética. En Colombia, la implementación de políticas públicas ha buscado incentivar las renovables, aunque con resultados mixtos. Al mismo tiempo, las zonas no interconectadas representan un desafío y una oportunidad: requieren soluciones descentralizadas que combinen apoyo estatal, innovación tecnológica y esquemas de inversión sostenibles para garantizar el acceso universal a la energía.

Indicador: Efectividad de políticas públicas

- ¿Qué políticas públicas específicas han sido implementadas en Colombia en los últimos cinco años para incentivar la inversión en energías renovables?

- ¿Qué resultados concretos han tenido estas políticas en términos de nuevos proyectos iniciados, inversión privada o cobertura energética?
- ¿Qué limitaciones o fallas han sido identificadas por expertos o empresas frente a la ejecución de dichas políticas?

Indicador: Reglamentación de proyectos energéticos

- ¿Cuáles son los principales requisitos legales y normativos que deben cumplir los proyectos de energías renovables en Colombia?
- ¿Qué tan ágil y eficiente es el proceso de licenciamiento o aprobación para nuevos proyectos energéticos en el país?
- ¿Qué obstáculos regulatorios enfrentan las empresas interesadas en invertir en generación renovable?

Indicador: Capacidad instalada permitida y viable

- ¿Cuál es la capacidad instalada actual de energías renovables aprobada por las autoridades regulatorias en Colombia?
- ¿Qué proporción de esa capacidad instalada corresponde efectivamente a proyectos en operación y cuáles están detenidos o en trámite?
- ¿Qué factores técnicos, institucionales o territoriales limitan el aprovechamiento total de la capacidad energética aprobada?

Indicador: Intermitencia de recursos

- ¿Qué tipo de fuentes renovables (solar, eólica, híbrida) están siendo utilizadas actualmente en regiones no interconectadas del país?
- ¿Con qué frecuencia se presentan interrupciones o variaciones en la generación de energía renovable en estas zonas?
- ¿Qué estrategias técnicas están implementando las empresas o comunidades para mitigar la intermitencia de los recursos energéticos?

Indicador: Inversión inicial

- ¿Cuál es el rango promedio de inversión inicial requerido para desarrollar proyectos de energía renovable en regiones aisladas de Colombia?
- ¿Qué actores (empresas, gobierno, cooperación internacional) están financiando estos proyectos y bajo qué esquemas?
- ¿Qué barreras económicas enfrentan los proyectos energéticos en zonas no interconectadas al momento de ejecutarse?

Indicador: Costos de electricidad

- ¿Cuál es el costo promedio del kilovatio-hora (kWh) en regiones no interconectadas con fuentes fósiles vs. renovables?
- ¿Cómo ha cambiado el costo de la electricidad en comunidades donde ya se ha implementado generación renovable local?
- ¿Qué impacto tienen los costos energéticos actuales sobre la actividad económica y la calidad de vida de los habitantes en estas zonas?

Variable: Modelos de negocio circulares en energías renovables/ Marco económico y competitividad

Los modelos circulares en energías renovables plantean un cambio de paradigma al integrar eficiencia económica, los beneficios sociales y la sostenibilidad ambiental en un mismo esquema de negocio. A la par, la viabilidad de estas iniciativas está directamente ligada a su competitividad: indicadores como la TIR, o incentivos fiscales permiten evaluar su rentabilidad frente a las fuentes tradicionales y definen el atractivo de inversión para empresas y capital privado.

Indicador: Impactos sociales

- ¿Qué beneficios sociales han reportado las comunidades que participan en modelos de negocio circulares basados en energías renovables?
- ¿Cómo contribuyen estos modelos a la generación de empleo local, inclusión social o fortalecimiento comunitario?
- ¿Qué mecanismos existen para que las comunidades tengan participación o gobernanza en los proyectos circulares?

Indicador: Remuneración económica

- ¿Cuál es el retorno económico promedio que han generado los modelos circulares implementados en el sector energético colombiano o latinoamericano?
- ¿Qué elementos hacen económicamente viable este tipo de modelos frente a alternativas convencionales?
- ¿Qué barreras enfrentan las empresas para escalar o replicar modelos de negocio circulares en otras regiones o sectores?

Indicador: Impacto ambiental

- ¿Qué indicadores se utilizan para medir el impacto ambiental de los modelos circulares en proyectos de energía renovable (ej. reducción de emisiones, uso eficiente de recursos)?
- ¿De qué manera estos modelos promueven la valorización de residuos, la economía circular o la reducción de externalidades negativas?

- ¿Qué diferencias se han identificado entre proyectos con enfoque circular y aquellos sin este componente en términos de sostenibilidad ambiental?

Indicador: TIR

- ¿Cuál ha sido la Tasa Interna de Retorno promedio de los proyectos de energía renovable implementados en Colombia en los últimos cinco años?
- ¿Qué factores (tecnológicos, territoriales o financieros) inciden más en la variabilidad de la TIR en estos proyectos?
- ¿Cómo se compara la TIR de proyectos renovables frente a inversiones en otras fuentes energéticas tradicionales en el país?

Indicador: Incentivos fiscales

- ¿Qué tipos de incentivos fiscales existen actualmente en Colombia para promover la inversión en energías renovables?
- ¿Cómo influyen estos incentivos en la decisión de inversión de empresas del sector energético?
- ¿Qué limitaciones o desafíos enfrentan las empresas al momento de acceder o aplicar a estos beneficios tributarios?

Indicador: LCOE (Costo Nivelado de la Energía)

- ¿Cuál es el LCOE promedio de los proyectos de energía solar, eólica o híbrida desarrollados recientemente en Colombia?
- ¿Qué variables (capacidad instalada, tecnología utilizada, escala del proyecto) afectan más significativamente el LCOE en el contexto colombiano?
- ¿Qué ventajas competitivas ofrece un LCOE bajo para atraer inversión privada al sector de energías renovables?

Estas tres variables se midieron mediante una matriz de priorización basada en los indicadores de cada dimensión (integración tecnológica, ZNI y modelos de negocio circulares) representados en las tablas del anexo metodológico. Se generaron puntuaciones en una escala ordinal del 1 al 5 para cada modelo de negocio identificado, estas escalas de puntuación se agregaron para crear tres dimensiones de análisis (riesgo técnico, madurez regulatoria y rentabilidad esperada) basadas en ellas. Como resultado, los hallazgos cualitativos y cuantitativos se transformaron en un resultado numérico comparable entre modelos y segmentos de mercado.

6.6 Procedimiento de análisis de datos

El análisis de los datos que se obtuvieron en la investigación se desarrolló mediante un enfoque cualitativo para poder estructurarlos y llegar a las conclusiones de una manera organizada. En primer lugar, se aplicó un proceso de codificación abierta en la que las entrevistas realizadas con diferentes expertos de la industria fueron transcritas y revisadas en su totalidad. Esto incluye un análisis de conceptos clave, frases y temas recurrentes para categorizarlos dentro de los objetivos de investigación.

Para esto se realizó una categorización de la información que permitió agrupar estos descubrimientos en diferentes dimensiones analíticas que son fundamentales en los temas base del estudio: integración tecnológica y digitalización del sistema energético, políticas públicas y modelos de negocio circulares en energía. Los hallazgos obtenidos fueron contrastados con la evidencia documental, lo que permitió identificar relaciones y discrepancias entre la información recolectada de las distintas fuentes consultadas.

Para esto, se aplicó una triangulación metodológica para integrar los resultados de las entrevistas con la revisión de estudios institucionales, estadísticas, y demás fuentes de información para fortalecer la validez y consistencia de los resultados planteados.

El análisis de datos se hizo de manera rigurosa para poder comprender de manera más profunda dinámicas, procesos, desafíos y oportunidades del proceso de la transformación energética en Colombia.

7 Resultados

7.1 Definiciones de los modelos de negocio

Solar Fotovoltaica: Tecnología que convierte directamente la radiación solar en electricidad mediante paneles solares

BESS (Almacenamiento): Sistema de almacenamiento de energía en baterías que permiten guardar electricidad generada para los momentos de baja producción o disponibilidad

Eólica Onshore: Energía producida por aerogeneradores instalados en tierra firme que aprovechan la fuerza del viento para la producción de electricidad mediante aspas giratorias.

Eficiencia Energética: Conjunto de medidas tecnológicas que permiten reducir el consumo de energía manteniendo el mismo nivel de servicio o producción.

Microgrids / Electrificación: Redes eléctricas pequeñas descentralizadas que pueden operar de manera independiente para suministrar energía a comunidades, especialmente en zonas aisladas.

Hidrogeno Verde: Hidrogeno producido a partir de fuentes renovables a partir de la electrolisis del agua, considerado un vector energético limpio.

Transmisión y Redes Inteligentes: Infraestructura eléctrica que transporta la energía desde los centros de generación hasta los de consumo, modernizada con tecnologías digitales para mejorar eficiencia y confiabilidad.

Comercialización y Trading: Actividades de compra y venta de energía en mercados mayoristas o a pequeños consumidores a través de contratos a largo plazo o plataformas digitales.

Digitalización Energética: Uso de tecnologías digitales como sensores, inteligencia artificial o internet de las cosas para optimizar la generación, distribución y consumo de energía.

7.2 Matriz de Segmentos y Modelos de Negocio Identificados

Tabla 2

Matriz de Segmentos y Modelos de Negocio Identificados

Segmento	Plazo	Productos Principales	Modelos de Negocio	Oportunidades Inversión Privada
----------	-------	-----------------------	--------------------	---------------------------------

Solar Fotovoltaica	Corto-Mediano	• Sistemas en techos y carports • PMGDs (1-19 MW) • Soluciones PV + BESS • O&M y monitoreo	• CAPEX Directo: Venta equipos + instalación (15-20% margen) • PPA Corporativo: Contratos 10-20 años con industrias (IRR 12-18%) • Solar-as-a-Service: Leasing sin CAPEX cliente, pago mensual • Third-Party Ownership: Modelo BOOT con tarifas por kWh • O&M Especializado: Contratos anuales (3-5% ingresos activo)	• Desarrollo Proyectos: PMGDs utility-scale (USD 5-50M) • EPC Especializado: Construcción e instalación • Componentes: Distribución paneles, inversores, estructuras • Financiación: Fondos de infraestructura renovable • O&M Servicios: Empresas monitoreo y mantenimiento • Seguros: Cobertura rendimiento y clima
---------------------------	---------------	---	--	--

BESS (Almacenamiento)	Corto- Mediano	• Sistemas modulares • PV + BESS integrado • Plataformas de control	• Venta CAPEX: Sistemas modulares (20-30% margen bruto) • Contratos Performance: Pagos por disponibilidad 95%+ (USD/MW-mes) • Arbitraje Energético: Compra/venta en horas pico/valle • Servicios Auxiliares: Regulación frecuencia, reservas (USD/MW-h)
• Capacity Leasing: Alquiler capacidad sin inversión cliente	• Fabricación Local: Ensamble baterías y sistemas • Integración Sistemas: EPC especializado BESS • Software Control: Plataformas optimización y monitoreo • Financiación: Fondos infraestructura crítica • Trading Energético: Optimización compra/venta • Seguros Técnicos: Cobertura degradación y rendimiento
----------------------------------	-------------------	---	--	--

Eólica Onshore	Mediano	• Parques utility-scale • O&M predictivo • Servicios logísticos	• Desarrollo Greenfield: Co-inversión con fondos (IRR 10-14%) • PPA Largo Plazo: Contratos 15-25 años con off-takers • Merchant Trading: Venta mercado spot + cobertura financiera • O&M Especializado: Contratos 5-10 años (2-4% CAPEX anual) • Venta a Subastas: Participación subastas gubernamentales • Joint Ventures: Alianzas estratégicas con fondos internacionales	• Desarrollo Proyectos: Parques 50-500MW (USD 100-800M) • EPC Eólico: Construcción especializada • Componentes: Torres, palas, generadores (importación/fabricación) • Logística Especializada: Transporte equipos pesados • Consultoría Técnica: Estudios viento, impacto ambiental • Servicios Sociales: Gestión comunidades y grupos étnicos
-----------------------	---------	---	---	--

Eficiencia Energética	Inmedia to	• Auditorías • Retrofits • Gestión integral • Contratos por ahorro	ESCO (Energy Service Company): Inversión + garantía ahorros • Contratos Performance: Pago basado en kWh ahorrados verificados • SaaS Energético: Plataformas monitoreo con suscripción mensual • Financiación On-Bill: Pagos integrados en factura energética • Shared Savings: Participación % ahorros obtenidos (30-50%) • Auditorías Premium: Servicios consultoría especializados	• ESCOs: Empresas servicios energéticos integrales • Software/IoT: Plataformas gestión y analítica • Financiación: Fondos capital de trabajo para ESCOs • Equipos Eficientes: Distribución LED, VFDs, compresores • Consultoría: Auditorías y certificaciones energéticas • Seguros Performance: Coberturas garantías de ahorro
------------------------------	------------	---	--	--

Microgrids/Electrificación	Corto-Mediano	• Microgrids llave en mano • Mini eólica • Sistemas híbridos críticos • Capacitación social	• Concesión Operativa: Tarifas reguladas + subsidios estatales • BOOT Comunitario: Construcción, operación y transferencia • Pay-as-you-go: Pagos prepagados por consumo (móvil/digital) • Hybrid PPAs: Contratos con múltiples fuentes (solar+diesel+BESS) • Social Impact Bonds: Financiación basada en resultados sociales • O&M Comunitario: Capacitación local + contratos mantenimiento	• Desarrollo Rural: Proyectos electrificación 0.1-5MW • EPC Micro: Construcción sistemas distribuidos • Equipos Distribuidos: Mini paneles, micro turbinas, baterías • Financiación Impacto: Fondos desarrollo social/ambiental • Software Rural: Sistemas gestión tarifaria y prepago • Capacitación: Programas formación técnica comunitaria
-----------------------------------	---------------	--	--	---

Hidrógeno Verde	Mediano-Largo	• Estudios factibilidad • Electrólisis + almacenamiento • Cadenas logísticas • Certificación origen	• Off-take Agreements: Contratos suministro 10-20 años con industria • Joint Ventures: Alianzas con productores industriales (50/50) • Merchant Hydrogen: Venta spot + contratos cobertura precio • Hub Development: Desarrollo clusters industriales hidrógeno • Export Contracts: Contratos exportación con certificación origen • Technology Licensing: Licenciamiento tecnología electrólisis	• Proyectos Piloto: Plantas 1-10MW electrólisis (USD 5-50M) • EPC Hidrógeno: Construcción plantas y almacenamiento • Equipos Electrólisis: Importación/fabricación electrolizadores • Financiación Verde: Fondos transición energética • Logística H2: Transporte, compresión, almacenamiento • Certificación: Servicios trazabilidad y origen renovable
------------------------	---------------	--	--	---

Transmisión y Redes Inteligentes	Inmedia to- Median o	• Líneas de transmisión • Subestaciones digitales • Smart grids • Sistemas de comunicación	• Concesiones Transmisión: Contratos 30 años con tarifas reguladas • EPC Transmission: Construcción llave en mano + O&M • Technology-as-a-Service: Equipos digitales con suscripción • Build-Own-Transfer: Construcción privada con transferencia • Partnerships PPP: Alianzas público-privadas • Grid Services: Servicios estabilidad y calidad red	• Infraestructura: Líneas 220/500kV (USD 50-500M por proyecto) • EPC Especializado: Construcción subestaciones y líneas • Equipos Eléctricos: Transformadores, switches, protecciones • Tecnología Digital: Sistemas SCADA, smart meters, comunicaciones • Financiación Infraestructura: Fondos largo plazo infraestructura • O&M Especializado: Mantenimiento redes de alta tensión
---	-------------------------------	---	--	--

Comercialización y Trading	Inmedia to	• Trading energético • Gestión portafolio • Servicios auxiliares • Certificados verdes	• Energy Trading: Arbitraje temporal y espacial (márgenes 2-5%) • Portfolio Management: Gestión riesgo generadores (fee % AUM) • Retail Energy: Venta directa grandes consumidores • Certificates Trading: Comercio certificados renovables • Risk Management: Coberturas financieras volatilidad precio • Market Making: Provisión liquidez mercados spot	• Trading Houses: Empresas comercialización energética • Software Trading: Plataformas algoritmos y análisis • Financiación Trading: Capital de trabajo para posiciones • Risk Management: Servicios gestión riesgo energético • Market Intelligence: Servicios análisis y predicción • Brokerage: Intermediación contratos bilaterales
-----------------------------------	---------------	---	---	--

Digitalización Energética	Inmedia to-Corto	• Plataformas IoT • Analytics predictivo • Automatización • Ciberseguridad	• SaaS Energético: Suscripciones mensuales por usuario/activo • Freemium Model: Básico gratis + premium con funcionalidades< • Data Monetization: Venta insights y analítica agregada • Professional Services: Implementación y consultoría especializada • White Label: Licenciamiento plataforma a otras empresas • Marketplace: Comisiones por transacciones en plataforma	• Software Empresas: Desarrollo plataformas sectoriales • IoT Hardware: Dispositivos sensorización y control • Cloud Infrastructure: Servicios hosting y procesamiento • Ciberseguridad: Soluciones protección infraestructura crítica • System Integration: Servicios integración sistemas legados • Data Analytics: Empresas servicios análisis predictivo
----------------------------------	------------------	---	---	---

7.3 Oportunidades por Segmento

A continuación, se presentan las principales oportunidades de intervención empresarial y técnico-operativa en el sector energético colombiano, organizadas por segmento. Esta sección prioriza la identificación estratégica (que está pasando y por qué

importa); la sección siguiente (5.2.7) desarrolla los productos y servicios concretos que las empresas pueden ofrecer para capturar esas oportunidades.

Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica representa una oportunidad de corto y mediano plazo debido a la combinación de un buen recurso solar en amplias zonas del país, tiempos de ejecución reducidos y la creciente demanda de autónomo del sector industrial y comercial. Este segmento funciona como herramienta de diversificación frente a la dependencia hídrica y permite respuestas rápidas a precios de energía volátiles.

Almacenamiento con baterías

El almacenamiento se configura como una palanca crítica para capturar valor de la expansión renovable: permite firmar bloques de energía, optimizar ingresos por arbitraje y participar en mercados de servicios auxiliares. Su rol es especialmente relevante cuando la penetración solar y eólica crece y aumentan las necesidades de balance intra-diario y semanal.

Eólica onshore (énfasis costa norte y Guajira)

El recurso eólico de la costa norte y La Guajira representa oportunidades a escala utility para proyectos que aprovechen factores de planta elevados. Estos proyectos son estratégicos para aumentar la capacidad renovable instalada y diversificar la matriz energética, pero dependen de soluciones de transmisión y aceptación social, sobre todo en las zonas donde existe presencia de grupo étnicos en esta región.

Eficiencia energética y servicios gestionados

La eficiencia energética es una oportunidad inmediata con impacto en costos operativos y emisiones. La aparición de unidades y empresas especializadas en servicios de eficiencia indica que existe demanda por auditorías, retrofits y contratos por performance, especialmente en grandes consumidores.

Microgrids y electrificación de zonas no interconectadas (RNI)

Las microgrids híbridas ofrecen una alternativa costo-efectiva al Diesel para comunidades aisladas y para instalaciones críticas (centros de salud, colegios, infraestructuras logísticas, etc). Su aplicación tiene un fuerte componente social y ambiental además de beneficios económicos locales.

Hidrogeno verde

El hidrogeno verde aparece como una oportunidad estratégica de mediano a largo plazo: su potencial reside en descarbonizar procesos industriales y ofrecer

almacenamiento estacional, pero su desarrollo depende de la consolidación de demanda y caída de costos de electrolisis.

7.4 Productos y Servicios

En esta sección se despliegan, por cada segmento identificado, los productos y servicios que ofrecen salida comercial y vinculo técnico-operativo, los modelos comerciales seguidos, principales flujos de ingresos y las etapas de implementación recomendadas. La propuesta busca facilitar la traducción de oportunidades estratégicas en líneas de negocio concretas y evaluables.

Solar Fotovoltaica – Productos, modelos y ejecución

- Productos y paquetes: Sistemas fotovoltaicos en techos y carports, PMGDs (pequeñas granjas solares de 1 – 19 MW), contratos de autoconsumo, soluciones hibridad PV + BESS para firmas, servicios de O&M y monitoreo avanzado.
- Modelos comerciales: Venta directa de CAPEX, contratos de compraventa de energía (PPAs) en clientes industriales, leasing solar-as-a-service, para PYMES, y modelos de third-party ownership con pago por kWh.
- Flujos de ingresos: Instalación y venta de activos, PPA a mediano y largo plazo, fees por O&M y servicios de performance.
- Implementación (etapas): (1) Diagnostico y auditoria energética; (2) diseño y simulación financiera; (3) gestión de permisos y conexión; (4) construcción y puesta en marcha; (5) operación, monitoreo y contratos de performance.
- KPIs y métricas operativas: CAPEX \$/kW, IRR del proyecto, tiempo de payback, porcentaje de reducción de consumo de la red

BESS – Productos, modelos y ejecución

- Productos y paquetes: Sistemas BESS modulares; soluciones integradas PV + BESS detrás del medidor para gestión demanda y resiliencia, plataformas de control y optimización
- Modelos comerciales: Venta de activos, contratos de performance (recepción de pagos por disponibilidad), ahorro por reducción de demanda
- Implementación (etapas): (1) Estudio de valor energético (arbitraje y servicios); (2) selección de tecnologías; (3) financiación y seguros; (4) construcción e integración con sistemas existentes; (5) operación, repowering y plan de reciclaje

- KPIs y métricas operativas: \$/kWh instalado, ciclos garantizados, pérdida anual de capacidad (%) por degradación, ingresos por MWh de servicios auxiliares y tiempo de recuperación

Eólica onshore – Productos, modelos y ejecución

- Productos y paquetes: Desarrollo de parque eólicos utility-scale; contratos O&M y mantenimiento predictivo; servicios logísticos (transporte de torres y palas)
- Modelos comerciales: Proyectos concesionados o en joint-ventures con suministradores y fondos de inversión; PPA a largo plazo con operativos o comercializadores; venta a subastas o al mercado mayorista
- Flujos de ingresos: Venta de energía, certificados de energía renovable (si aplica), servicios complementarios y contratos de disponibilidad
- Implementación (etapas): (1) estudio de recurso de viento; (2) preferencia por sinergias logísticas; (3) estudios de impacto socioambiental y consulta; (4) ingeniería, financiación y contratación; (5) construcción, conexión y O&M.
- KPIs y métricas operativas: Factor de planta esperado, capacidad efectiva de transmisión y porcentaje de cumplimiento de acuerdos sociales / ambientales.

Eficiencia energética y servicios gestionados – Productos, modelos y ejecución

- Productos y paquetes: Auditorías energéticas, paquetes de retrofit, gestión energética integral (monitoreo y análisis), contratos de pago por ahorro y servicios de financiamiento de proyectos
- Modelos comerciales: Contratos por performance con estructura de financiación propia o con terceros; venta de software y servicios de analítica con suscripción, contratos de combustibles / energía integrados para optimización de costos
- Implementación (etapas): (1) auditoría y baseline energético; (2) diseño de intervención; (3) estructuración financiera y comercial; (4) ejecución técnica; (5) seguimiento y reportaje de ahorros.
- KPIs y métricas operativas: Porcentaje de ahorro energético verificado, reducción de COP / Opex anual, tiempo de payback, calidad del servicio y NPS del cliente.

Microgrids y electrificación – Productos, modelos y ejecución

- Productos y paquetes: Microgrids llave en mano (PV + BESS + generación distribuida), mini eólica, sistemas híbridos para infraestructuras críticas, contratos de O&M y capacitación social.

- Modelos comerciales: Concesiones operativas con gobierno local, alianzas con ONG y financiación por proyectos de impacto, contrato de servicios energéticos a comunidades.
- Flujos de ingresos: Tarifas locales, subsidios / transferencias públicas, ingresos por venta de energía a consumidores locales y servicios adicionales.
- Implementación (etapas): (1) Diagnostico sociotécnico y modelo tarifario; (2) diseño técnico y esquema financiero; (3) construcción con participación local; (4) transferencia de capacidades de operación; (5) evaluación de impacto social y ambiental
- KPIs y métricas operativas: Costo nivelado por kWh, reducción de gasto en combustibles fósiles, horas de servicio y métricas de aceptación comunitaria

Hidrogeno verde – Productos, modelos y ejecución

- Productos y paquetes: Estudios de factibilidad y pilotos de electrolisis, soluciones integradas de electrolisis + almacenamiento, diseño de cadenas logísticas y soluciones de certificación de origen.
- Modelos comerciales: Alianzas con offtakers industriales, proyectos piloto financiados por fondos de cooperación o fondos verdes, modelos de venta por kgH₂ y servicios asociados como el almacenamiento y transporte
- Flujos de ingresos: Venta de hidrogeno para procesos industriales, contratos de suministro a largo plazo, servicios de certificación y consultoría.
- Implementación (etapas): (1) Identificación de offtakers y mercado local; (2) estudios de integración renovable dedicada; (3) piloto y optimización operativa; (4) escalamiento y logística; (5) certificación y acceso a mercados.

7.5 Integración tecnológica y digitalización del sistema energético

Los hallazgos evidencian que la adopción de las nuevas tecnologías se ha convertido en un pilar fundamental para afrontar la crisis energética y optimizar el uso e implementación de las energías renovables en Colombia. En las entrevistas realizadas, los expertos coincidieron en que la innovación tecnológica, incluyendo el uso de inteligencia artificial, internet de las cosas (IoT) y plataformas digitales está reconfigurando el sector y potenciando un modelo más limpio y descentralizado.

Un caso ilustrativo es el desarrollo de plataformas digitales tipo Marketplace: por ejemplo, el estudio de Hotzinger et al. (2025) describe una plataforma regional para

PYMES que emplea IA para gestionar dinámicamente oferta y demanda de energía renovable, demostrando la efectividad de estas herramientas de monitoreo en tiempo real e incorporación de nuevos actores al mercado. Esto concuerda con la experiencia del startup Rocasol, cuyos cofundadores relataron la creación de una plataforma integral que conecta instaladores, financiadores, clientes y distribuidores en un mismo ecosistema. Dicha plataforma gestiona los proyectos de energía solar de principio a fin, asegurando su correcta ejecución y que el cliente pueda financiar el sistema con ahorros generados. Esta integración tecnológica ha permitido superar barreras previas en el mercado distribuido (como la dificultad de coordinar múltiples actores) y ha abierto paso a nuevos modelos de negocio sostenibles.

Complementariamente, en el estudio de caso de KLIK, analizado en el Anexo 2, el mercado de flexibilidad puede compensar a los usuarios por reducir el consumo durante momentos críticos, gracias a un mercado flexible basado en la respuesta a la demanda. Esto confirma el potencial de las plataformas digitales para proporcionar flexibilidad al sistema, reducir la necesidad de generación de respaldo fósil y permitir nuevos modelos de negocio basados en la gestión activa de la demanda.

Los expertos enfatizaron que la digitalización es un factor habilitante clave para escalar las renovables. Un entrevistado destacó que la transición energética depende por completo de la innovación tecnológica, y que la introducción de herramientas como IA y sensores maximiza el impacto ambiental positivo y habilita el desarrollo económico, incluso en sectores tradicionalmente marginados. No se identificaron contradicciones sustanciales entre los actores consultados en este tema; por el contrario, existe un consenso en que la tecnología optimiza la gestión energética y crea ventajas competitivas.

Sin embargo, también se reconocen desafíos: según las preguntas de investigación documental, muchas empresas enfrentan barreras técnicas, económicas y regulatorias para adoptar soluciones de IA o IoT (por ejemplo, la falta de personal capacitado o inversiones iniciales altas). Aun así, la triangulación de fuentes sugiere que las empresas que invierten en la digitalización están logrando mejoras de eficiencia y reducción en costos operativos. De hecho, algunas compañías líderes como Bavaria, Movistar o Alquería fueron mencionadas en la documentación, integrando medición inteligente, analítica de datos y gestión remota de la energía en sus operaciones.

En síntesis, la integración tecnológica emerge como un catalizador transversal en la transición energética en Colombia. Los resultados cualitativos, y cuantitativos apuntan a

que digitalizar la generación, distribución y consumo permite aumentar la eficiencia, facilitar la integración de renovables y habilitar nuevos modelos de negocio basados en energía limpia. Para las empresas del sector, eso tiene implicaciones prácticas claras: adoptar tempranamente las plataformas digitales, sistemas inteligentes de monitoreo y soluciones de IA no solo optimiza la operación, sino que abre oportunidades de diversificar servicios (por ejemplo, Marketplace de energía solar, agregación de demanda, gestión de microrredes) y aumenta el valor agregado de sus negocios. Aquellas organizaciones que incorporen estas tecnologías podrán posicionarse mejor frente a la crisis para mejorar su resiliencia operativa y crear propuestas innovadoras en el mercado energético colombiano.

7.6 Políticas públicas y marco regulatorio

Del análisis del contexto colombiano y las entrevistas, se desprende que las políticas públicas juegan un rol determinante en la implementación de energías renovables, actuando muchas veces como facilitador, o barrera, para las iniciativas empresariales. Colombia cuenta con un marco normativo que en años recientes ha buscado fomentar las fuentes limpias (por ejemplo, incentivos fiscales establecidos en la Ley 1715). No obstante, tanto la literatura como los expertos señalan que existen serias brechas entre la intención de estas políticas y sus resultados efectivos. En particular, la burocracia en licenciamiento y trámites ambientales han ralentizado numerosos proyectos: a cierre de 2024 solo el ~5% de la capacidad renovables solicitada había tenido aprobación e iniciado ejecución. Esta lentitud regulatoria se refleja en el estancamiento de inversiones y contribuye a la persistencia de la crisis energética.

Los expertos entrevistados coincidieron en la importancia de un marco regulatorio, estable, claro y eficiente. Según uno de ellos, los casos más exitosos internacionalmente han combinado señales de mercado con claridad normativa y apoyo institucional, mientras que los incentivos fiscales y políticas temporales no son suficientes si no se acompañan de reglas de juego coherentes y seguridad jurídica. En Colombia ha habido históricamente inestabilidad en las políticas energéticas de cada gobierno, lo que genera incertidumbre en el sector privado y dificulta la planificación de proyectos a largo plazo. Esta percepción fue reforzada por líderes del sector empresarial entrevistados: Felipe Bayón (CEO de GeoPark), por ejemplo, enfatizó que para garantizar la seguridad energética se requiere planificación de largo plazo (20-30 años) con realismo económico, evaluando todas las fuentes (hidroeléctrica, gas, petróleo, renovables) y acelerando los permisos y licencias bajo un criterio de interés público.

Bayón advirtió que actualmente las demoras y cambios regulatorio han acelerado la crisis en el sector, llegando a poner en riesgo de apagones y escasez de gas, y que la recuperación requerirá señales claras y capital sostenido en el tiempo. Desde la banca, también percibe que la falta de coherencia institucional es una traba mayor: el representante de Asobancaria subrayó que entendemos que el entorno institucional puede acelerar o frenar la transición, por lo que han abogado por una taxonomía verde clara y criterios unificados para definir proyectos se consideran de transición, evitando ambigüedades que dilaten la financiación del sector.

Si bien todos los actores reconocen la necesidad de políticas robustas, surgieron matices y críticas puntuales. Por un lado, hay un consenso en que requieren reglas claras y estables que trasciendan los gobiernos de turno, Una entrevista lo resumió así: Si la regulación es clara, siempre hay posibilidades de inversión. Por otro lado, algunos expertos cuestionaron las políticas recientes: por ejemplo, se criticó que ciertas posturas del actual gobierno nacional en transición energética podrían sacrificar el crecimiento económico si la implementación sin gradualidad, lo cual genera tensión entre objetivos ambientales y desarrollo (Rodríguez-Becerra, com. Pers., 2025).

Esta aparente contradicción resalta la importancia de lograr un balance entre metas de descarbonización y mantenimiento de la competitividad económica. A nivel regional. También se documentaron casos de gobernanza eficiente: estudios citados en la tesis mencionan la oposición de comunidades locales e indígenas a proyectos eólicos en la costa norte, debido a falencias en la consulta previa y en la consideración de impactos sociales, lo que ha llevado a retrasos y reconfigurando el riesgo percibido por el inversionista extranjero. Estos ejemplos evidencian que las políticas públicas deben integrar componentes sociales y ambientales para ser efectivas en la práctica.

En conclusión, los resultados indican que un entorno político-institucional favorable es la condición sine qua non para aprovechar las oportunidades en energías renovables. La articulación de incentivos coherentes, tramites ágiles y certezas regulatorias puede desbloquear inversiones y proyectos estancados, mientras que la falta de ello perpetuara la vulnerabilidad energética del país. Para las empresas del sector energético en Colombia, esto implica que deben involucrarse activamente en el dialogo regulatorio, planificar sus estrategias considerando posibles cambios normativos y aprovechar las herramientas existentes (exenciones tributarias, contratos de largo plazo, fondos verdes).

Un marco predecible y estable les permitirá escalar modelos de negocio sostenibles con menor riesgo. Como señalan los hallazgos, alienar el diagnostico técnico

de la crisis con factores institucionales es clave para acelerar su solución. En suma, las compañías que logren adaptarse a las políticas vigentes, y aboguen por mejoras en las mismas, estarán en mejor posición de desplegar proyectos renovables exitosos al amparo de un entorno propicio y contribuir a la transición energética nacional.

7.7 Modelos de negocio circulares en energías renovables

La investigación resalta que abordar la crisis energética con una visión de economía circular ofrece oportunidades para crear modelos de negocio empresariales innovadores y sostenibles. Un modelo de negocio circular en el sector energético se refiere a iniciativas donde se maximiza el aprovechamiento de recursos y minimizan residuos, integrando distintos procesos productivos de forma cíclica. A nivel conceptual, la literatura describe como, en lugar de soluciones aisladas, se promueve un enfoque sistémico: por ejemplo, usar el calor residual de una planta de generación para procesos industriales adyacentes, o reutilizar subproductos orgánicos (biomasa) como insumo energético. Chemova et al. (2025) incluso proponen ver el sistema energético como un sistema circular completo, donde los subproductos energéticos y residuos se reincorporan en cadenas de valor, logrando una reducción de externalidades ambientales significativa. Estos enfoques sugieren que, al integrar energía, manejo de residuos, agua y agricultura, es posible generar co-beneficios locales y mayor eficiencia global en el uso de los recursos.

En las entrevistas cualitativas, si bien pocos actores mencionaron explícitamente el término “economía circular”, si emergieron ideas afines a relacionadas con sostenibilidad sistémica. Desde el sector financieros e indicó que la banca colombiana está orientando sus productos y servicios como bioeconomía y economía circular, reconociendo que nos ejes importantes de la transición sostenible. Esto sugiere que existe interés en financiar proyectos que integren componentes circulares (por ejemplo, generación de energía a partir de residuos agrícolas, o reciclaje de paneles solares al final de su vida útil).

Asimismo, varios expertos hicieron hincapié en la necesidad de modelos con impacto social y ambiental positivo múltiple. Por ejemplo, se discutió que proyectos renovables que incorporen programas de electrificación local y encadenamientos productivos logran mayor aceptación social y crean mercados locales más robustos. Este punto es especialmente relevante en Colombia, donde garantizar beneficios tangibles a las comunidades puede decidir el éxito o el fracaso de un proyecto energético (como se evidencio en los casos de oposición local a parques eólicos mencionados anteriormente).

No obstante, la implementación de modelos circulares enfrenta barreras importantes. Una de las más mencionadas es la económica: iniciar proyectos con un enfoque circular suele requerir inversiones iniciales elevadas y plazos de retorno más largos. Rocha et al. (2025) estiman que, en zonas rurales aisladas, un proyecto energético con componentes circulares como lo puede ser una microrred con manejo de residuos orgánicos puede requerir entre 500 y 1000 millones de pesos colombianos de capital inicial, cifra que excede con creces los presupuestos municipales típicos. Además, existen desafíos tecnológicos y territoriales: en áreas con baja conectividad o capacidad técnica, mantener sistemas complejos que integran generación, almacenamiento y reciclaje de residuos puede ser poco viable sin apoyo externo.

A pesar de ello, la tendencia global y nacional apunta a la creciente relevancia de este enfoque. Algunos entrevistados señalaron que incorporar prácticas de economía circular como parte de la gobernanza ambiental corporativa está empezando a ser condición para acceder a financiamiento verde concesional y mejorar la percepción de riesgo en otros proyectos. En otras palabras, inversiones y bancos están valorando mejor las empresas que demuestran compromiso con el ciclo completo de sostenibilidad (por ejemplo, planes de reciclaje de baterías y paneles al final de su vida útil, o reducción de emisiones en toda la cadena).

En términos de resultados, aunque la evidencia empírica en Colombia aun es limitada, la triangulación sugiere que los modelos de negocio circulares representan un nicho prometedor. Su adopción podría no solamente mejorar la huella ambiental de la industria energética, sino también añadir resiliencia (al diversificar fuentes de ingreso con subproductos) y fortalecer la licencia social para operar. Para las empresas energéticas, esto implica oportunidades y retos prácticos: por un lado, diseñar proyectos que integran múltiples usos de energía y los materiales diferenciales en el mercado y abrir nuevas líneas de negocio. Por otro lado, deberán desarrollar nuevas alianzas intersectoriales y buscar esquemas de financiamiento innovadores que cubran el sobre costo inicial de estos proyectos.

En suma, los hallazgos apuntan a que la transición energética en Colombia puede potenciarse adoptando en enfoques circulares, siempre que se creen condiciones económicas y regulatorias para que dichos modelos sean viables a largo plazo. Las empresas que logren incorporar este paradigma podrían generar ventajas competitivas sostenibles, al operar con menor desperdicio, mayor eficiencia y contribuyendo al desarrollo socioambiental del país de manera integral.

7.8 Transición Energética en Regiones Aisladas (No interconectadas)

La variable transición energética en regiones aisladas tiene como objetivo enfocar el 6% de la población en Colombia que no tiene acceso al sistema eléctrico nacional y vive en Zonas No Interconectadas (ZNI). La crisis energética afecta de forma particular a estas zonas, pero se evidencia un campo de oportunidades para soluciones renovables descentralizadas en estas regiones del país.

Dentro del contexto, se resaltó que las ZNI dependen en su mayoría de combustibles fósiles importados (Diesel), lo que significa unos costos de generación muy altos. En algunas zonas el costo kWh es desde 800 hasta 1000 COP, precio varias veces más elevado que el promedio nacional. Esto significa que familias de bajos ingresos en las ZNI destinan o una gran porción de sus ingresos a gastos de energía, o imposibilita el acceso a ella. Dentro de la investigación se destacó el caso de muchas familias en la costa Caribe que llegan a invertir hasta un 30% de sus ingresos en recibos de luz, lo que refuerza ciclos de pobreza energética. Esa falta de electricidad confiable desencadena una serie de problemas que limitan oportunidades de desarrollo económico, educacional y social en estas regiones.

Frente a esta realidad distintos expertos y diversos estudios han identificado a los planes de **energías renovables distribuidas** como la ruta para solucionar los problemas energéticos en las ZNI. Cerón, Gómez-Luna y Vásquez (2025) plantean que los sistemas autónomos fotovoltaicos, micro eólicos y soluciones híbridas pueden presentar una oportunidad para estas regiones gozar de “una soberanía energética sin precedentes”, mejorando la calidad de vida y aumentando las oportunidades de desarrollo en estas zonas. El estudio resalta que para poder alcanzar ese objetivo depende de un apoyo institucional fuerte y de modelos apropiados para cada región.

Esto fue revalidado con las entrevistas. Más de un experto hizo referencia a diferentes proyectos piloto como la instalación de paneles solares en pueblos remotos, brindándoles por primera vez acceso a luz, refrigeración y comunicaciones para sus hogares. Uno de los expertos destacó que la autogeneración de energía cambia vidas en las ZNI, “aun pocos paneles permiten prender cositas y mejorar el bienestar.” Llevar estas soluciones de energías limpias a estas comunidades remotas no es solo factible técnicamente sino también es atractivo socialmente, por las oportunidades que brinda y porque hace de Colombia un país más equitativo al ofrecer a personas marginadas acceso a servicios básicos.

Parte de los hallazgos es que estas iniciativas también son una oportunidad atractiva para emprender. Durante la entrevista con Rocasol, sus cofundadores nos explicaban su enfoque de atender soluciones en zonas interconectadas urbanas, pero mencionaron empresas como Soluna que replican modelos de financiamientos solares como Rocasol, pero en poblaciones remotas. Esto sugiere que hay emprendimientos que han identificado estas crisis de energía en las ZNI, y las están transformando en negocios que atienden estas necesidades mejorando así la calidad de vida de muchos colombianos. Estos a menudo van de la mano de implementación de energías renovables con apoyo y coordinación de programas gubernamentales o de cooperación internacional.

Adicionalmente, casos de estudio citados (e.g. microrredes en bases militares o escuelas rurales) han demostrado que si existe una viabilidad técnica: con combinaciones de paneles solares + baterías + respaldo diésel de seguridad, se ha logrado satisfacer la demanda de electricidad 24x7 en comunidades en el Amazonas y en la Orinoquía, lo que reduce costos logísticos de combustible.

Sin embargo, sigue siendo evidente los obstáculos para la transición energética en las ZNI. En primer lugar, la sostenibilidad financiera que requiere montar infraestructura renovable en áreas marginadas conlleva unos costos iniciales muy elevados en comparación con la cantidad de personas a las que atender. Como se indicó anteriormente, la instalación de una microrred comunitaria puede costar cientos de millones de pesos en inversión. A pesar de que los costos operativos de estos proyectos muchas veces son menor en el largo plazo en comparación con seguir llevando diésel, hace falta coberturas financieras, subsidios o modelos de negocio innovadores que puedan soportar estas inversiones iniciales.

Los diferentes expertos en las entrevistas también mencionaron obstáculos y dificultades en llevar a cabo con la operación y el mantenimiento de estas. Sigue siendo difícil asegurar que los sistemas se mantengan funcionales en los entornos selváticos o dispersos y asegurar una mano de obra local y establecer las cadenas de suministro para poder proveer las diferentes respuestas siguen siendo una dificultad grande.

Por otro lado, la articulación institucional es otro hito importante y es un aspecto que está en necesidad de mejora. Varios de los entrevistados notaron que diferentes proyectos propuestos por el gobierno han fallado pasar de la etapa piloto. Una correlación de las diferentes opiniones de los entrevistados en este tema es que hay que pasar de hacer iniciativas públicas aisladas a construir programas sostenidos y planificados a largo plazo con la participación de agentes públicos, empresas y comunidades.

En síntesis, la transición energética y el acceso a la energía de las regiones más aisladas de Colombia es uno de los retos más complejos que tiene en el panorama energético. Sin embargo, a raíz de este reto se presentan varias oportunidades de alto impacto. Dentro de los resultados de esta investigación se identificó que mediante la combinación de tecnología adecuada (solar, eólica, baterías), modelos que tengan a las comunidades en un rol activo de participación y el apoyo estatal, es posible cerrar las brechas sociales de acceso de la energía en el territorio nacional. Esto es altamente dependiente de una sincronía entre los diferentes grupos, otro reto muy grande.

Para las empresas las ZNI son representan mercados no tradicionales donde puede implementar soluciones a la medida: Kits solares domiciliarios de pago por uso, microrredes en alianza público-comunitaria, o diferentes esquemas de leasing de equipos que pueden tener garantías gubernamentales. Varios de los expertos que entrevistamos resaltaron que más allá de los beneficios de rentabilidad económica, estos esquemas e iniciativas de incursionar en las ZNI tiene beneficios de aprendizaje y reputacionales.

Estos modelos y sus aprendizajes pueden después escalar a modelos aplicados a las redes principales. Las empresas que busquen desarrollar proyectos en estas zonas deben trabajar no solo en habilidades técnicas sino también en capacidades de gestión social y adaptabilidad tecnológica en estas zonas. medida que haga esto van a poder manejar mucho mejor las resistencias por diversos motivos. Esto también implica un acompañamiento y un apoyo del gobierno.

El estado ya ha declarado objetivo la cobertura universal y ya ha empezado a destinar recursos de fondos como FAZNI para cofinanciar estos proyectos lo que invita al sector privado a colaborar para la electrificación de estas zonas rurales. En conclusión, la convergencia entre las opiniones de expertos y los datos recopilados en los últimos años indica que la electrificación de estas zonas rurales y marginadas a través del uso de renovables no es solo viable sino prometedora para una transición inclusiva. La posibilidad de materializar estas oportunidades va a depender mucho de la coordinación entre el estado, las empresas y las comunidades.

7.9 Vitalidad económica y Competitividad de las Soluciones renovable

Finalmente, la investigación analiza y toma en cuenta el punto más importante para los proyectos de energía: La viabilidad económica. El éxito de cualquier iniciativa energética depende de la sostenibilidad financiera a largo plazo. En esta se juntan las otras variables ya mencionadas: la integración tecnológica, un entorno político favorable, modelos de negocio innovadores y las particularidades territoriales. Todos estos inciden

directamente sobre la rentabilidad y el riesgo de los proyectos renovables. Los resultados obtenidos muestran una realidad país primordial, mientras que los precios de las energías alternativas siguen disminuyendo de precio a nivel global, en Colombia todavía tienen una dificultad para hacerlas competitivas frente a las fuentes convencionales.

Uno de los indicadores citados por los expertos más preocupantes que reflejan esto es el bajo índice de ejecución de los proyectos que son adjudicados en subastas: 18% de los proyectos de generación solar/eólica asignados en subastas recientes han entrado en operación, quedando el 82% restante retrasado o en el aire. Este dato muestra una realidad: Muchos de los proyectos que en papel mostraban viabilidad financiera ya que habían ganado subasta con precios competitivos, en acción no lograron financiarse o superar diferentes obstáculos de planeación como incrementos en costos, demoras en licencias o falta de inversionistas.

La consecuencia directa termina siendo un déficit en la oferta esperada de energía frente a la creciente demanda lo que lleva a un riesgo de desabastecimiento y de altos precios. Los expertos nos advirtieron que, si no corrigen este rumbo, va a haber una necesidad de encender todo el parque termoeléctrico para evitar futuros racionamientos, lo que va a disparar el precio de la energía. *“El precio... lo van a empezar a regular durísimo”*, con ejemplos de tarifa al usuario duplicándose de 1000 a 2000 COP/kWh en industria, algo insostenible para muchos negocios y familias. Este escenario subraya que la viabilidad económica no es un tema abstracto, sino que tiene implicaciones reales en la estabilidad del sector y en la economía de los consumidores.

Los diferentes expertos entrevistados plantearon diferentes hipótesis de cómo mejorar la rentabilidad de los proyectos de energía con el uso de fuentes renovables. Una de las correlaciones de todos fue la necesidad de mecanismos financieros innovadores. En la entrevista de Asobancaria se mencionaron diferentes tecnologías emergentes como el hidrógeno verde que aún no logran alcanzar precios competitivos, *“los números están muy alejados de lo rentable que puede llegar a ser un proyecto [de hidrógeno]”*, comentó Juan D. González, enfatizando que los bancos por sí solos no financiarán proyectos inviables. Como parte de su solución propuso esquemas de blended finance, donde fondos públicos o de cooperación absorban parte del riesgo o den condiciones blandas, de modo que la banca pueda apalancar el resto del financiamiento.

Este método en que se mezcla el público privado es crucial para apalancar tecnologías en etapas tempranas o proyectos en zonas que no cumplen con los criterios tradicionales de riesgo. Por su parte, emprendedores como los de Rocasol han

demostrado que la viabilidad puede lograrse también diseñando modelos de negocio adaptados al cliente. En el caso de Rocasol, los cofundadores identificaron que muchos consumidores potenciales de energía solar no podían pagar la inversión inicial, por lo que cambiaron de estrategia de venta de equipos a un esquema de financiación por cuotas. Su modelo consiste en que la empresa instala los paneles sin costo upfront para el usuario, este empieza a pagar una tarifa mensual inferior a lo que antes pagaba a la red, y con ese flujo la empresa recupera la inversión en ~5 a 7 años, tras lo cual el cliente pasa a ser dueño del sistema. Gracias a este tipo de acuerdos de pago por ahorro, Rocasol logró que instalar paneles “le salga más barato [al cliente] que seguir con Codensa” (la eléctrica convencional) desde el día uno. Los expertos señalan que tales modelos de terceros inversionistas (sea vía leasing, PPA –Power Purchase Agreements– a largo plazo, o arrendamiento solar) han sido clave para masificar la energía solar en segmentos comerciales y residenciales, eliminando la barrera de la inversión inicial. La evidencia recopilada indica que cuando el ahorro generado iguala o supera la cuota de financiamiento, el proyecto es inmediatamente atractivo para el usuario, lo cual expande exponencialmente el mercado objetivo.

Otro factor fundamental para la viabilidad es la existencia de incentivos y señales económicas adecuadas. En este sentido, las políticas públicas vuelven a jugar un papel: los beneficios tributarios que implican este tipo de proyectos, depreciación acelerada de activos verdes, contratos de suministro de energía a largo plazo (PPA) y subvenciones en ZNI, son herramientas que mejoran los flujos de caja de los proyectos y reducen su riesgo percibido. Un caso documentado en la literatura es aleccionador: la instalación de un sistema fotovoltaico con baterías en una empresa textil italiana resultó rentable solo al combinarse con incentivos fiscales y tarifas de venta a la red favorables.

Esto demuestra que incluso fuera de Colombia, la rentabilidad de las renovables a menudo depende de apoyos gubernamentales inteligentes. Asimismo, Rhenals-Julio et al. (2025) estudiaron microrredes universitarias en la costa colombiana y hallaron que pueden ser sostenibles y escalables si se estructuran con inversión híbrida (fondos públicos semilla más inversión privada). En línea con esto, las entrevistas señalaron que existen fondos internacionales y banca multilateral interesados en financiar proyectos renovables en Colombia, pero que valoran mucho la estabilidad regulatoria y la existencia de garantías contra riesgos políticos o de contraparte. En otras palabras, el costo de capital para energías limpias baja notablemente cuando hay confianza en el entorno, lo cual refuerza la interdependencia entre lo económico y lo institucional.

En conjunto, los resultados pintan un panorama donde la viabilidad económica es el resultado de la correcta alineación de múltiples factores. No basta con que una tecnología funcione, debe estar estructurado en un modelo financiero adecuado, con una estructura de costos atractivo y viable para asegurar su perdurabilidad en el tiempo. La triangulación de las diferentes fuentes consultadas permitió extraer puntos clave. En primer lugar, La transición energética no puede darse a costa de perjudicar a los usuarios o a la economía general. Como dijo Felipe Bayón en la entrevista, “si la transición aumenta la pobreza, no sirve”, por tanto, la accesibilidad económica de la energía debe preservarse durante el cambio de matriz.

En segundo lugar, La escala y la eficiencia son factores cruciales. Los proyectos más grandes o cooperativos suelen lograr mejores indicadores de costo nivelado (LCOE) que iniciativas individuales y autónomas. La conclusión grande de este punto es que es totalmente prioritario la construcción de portafolios estructurados y alienados a nivel país. Por último, El riesgo se puede reducir a través de seguros, garantías públicas, contratos robustos y diversificación. Es muy factible hacer bancables proyectos que a primera impresión parecen tener niveles de riesgos inadaptables como los que están destinados a comunidades rurales o los que tiene tecnologías muy novedosas que pareciera que no viable la implementación.

También surgieron diferentes enfoques dependiendo del perfil de experto. Por un lado, los agentes privados destacan la reducción de costos y la creatividad financiera, mientras que los representantes del sector público hacen hincapié en los beneficios económicos indirectos (empleo local, desarrollo industrial) de impulsar las renovables, aunque estos sean más difíciles de cuantificar en un flujo de caja tradicional.

En términos de conclusiones preliminares, el análisis sugiere que la crisis energética colombiana sí puede convertirse en una oportunidad empresarial, pero solo para aquellos actores capaces de integrar la ecuación completa: tecnología + políticas + modelos + territorio + gestión de comunidades + finanzas. Las empresas del sector están llamadas a fortalecer sus análisis de viabilidad incorporando no solo variables técnicas sino de mercado y entorno. Las que identifiquen nichos rentables como, por ejemplo, autogeneración solar para clientes comerciales con tarifas altas, proyectos eólicos en zonas de gran recurso, soluciones energéticas para industrias que buscan descarbonizarse, y estructuren estos proyectos con esquemas financieros ingeniosos, tendrán alta probabilidad de éxito.

Se recomienda a las empresas evaluar indicadores como el LCOE vs fuentes tradicionales, la TIR apalancada bajo distintos escenarios de incentivos, y el tiempo de repago con y sin apoyos estatales. Los hallazgos de la investigación refuerzan la hipótesis de que con las condiciones adecuadas los proyectos de energías renovables se pueden volver en proyectos atractivos en rentabilidad, y con la capacidad de atraer inversión privada que cumpla con objetivos sociales y ambientales. En última instancia, lograr ese equilibrio de triple utilidad (económica, social, ambiental) es la esencia de la sostenibilidad empresarial en el contexto de la crisis energética. Los resultados aquí expuestos proveen evidencia rigurosa para sustentar que las soluciones renovables en Colombia, apoyadas en integración tecnológica, marcos institucionales estables, modelos circulares, focalización territorial y sólidas bases económicas, tienen el potencial de reducir la crisis actual a la vez que generan valor de largo plazo para el país y sus empresas.

7.10 Herramienta de priorización de modelos de negocio

Con el fin de evaluar viabilidad y relevancia de los diferentes modelos de negocio identificados, se diseñó una herramienta de priorización para analizarlos específicamente en el contexto colombiano. Este instrumento permitió comparar los modelos de negocio analizados a partir de tres dimensiones fundamentales: riesgo técnico, madurez regulatoria y rentabilidad esperada.

La metodología para la construcción de la herramienta consistió en asignar ponderaciones a cada variable según su incidencia en la implementación de proyectos, lo que permitió clasificar los diferentes modelos de negocio en función de que tan atractivo es como oportunidad y la factibilidad técnica y práctica. De esta manera, se logró identificar los modelos prioritarios con mayor potencial de desarrollo en el corto y mediano plazo, lo que posicionó como líderes a los que están relacionados a la energía solar fotovoltaica, la eficiencia energética y la digitalización de procesos y los sistemas de almacenamiento de energía (BESS).

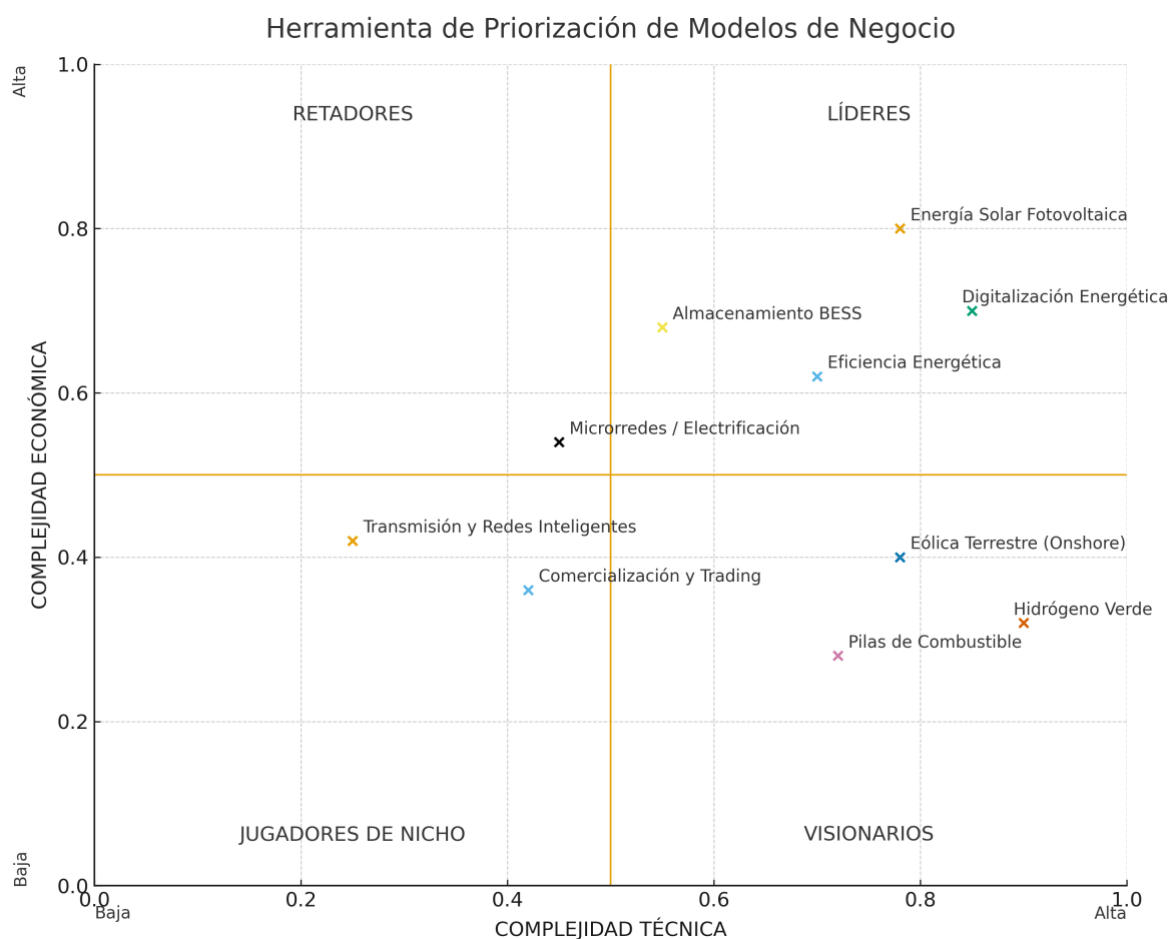
Los resultados obtenidos mediante el uso de esta herramienta de priorización sirvieron de manera crucial en la construcción de la matriz de análisis que expone el siguiente apartado en el cual se detallan los segmentos de negocio, plazo, productos principales, tamaño de mercado y su nivel de madurez en sector energético colombiano.

En términos cuantitativos, las oportunidades de alta prioridad en los modelos de generación solar fotovoltaica (centralizada y distribuida), los programas de eficiencia energética y las soluciones de digitalización y gestión de la demanda aparecieron en la matriz y recibieron la puntuación más alta entre las tres dimensiones consideradas. En el

segundo nivel de prioridad media en la matriz se encontraban los proyectos de almacenamiento BESS y de red y transmisión, que, aunque presentan retornos moderados, son esenciales para facilitar la parte restante de la transición. Finalmente, las microrredes en ZNI y algunos proyectos de aplicación de hidrógeno verde emergen como apuestas prometedoras con alto impacto social y ambiental, pero tendrán que recibir subsidios o regímenes regulatorios más claros para mejorar su viabilidad económica. Esta priorización guía las recomendaciones de inversión presentadas en la sección 7.2 y en el plan a largo plazo del capítulo 9.

Figura 1

Diagrama de Priorización de Modelos de Negocio



7.10.1 Herramienta de Priorización

Los proyectos de generación eléctrica con tecnologías de fuentes renovables en Colombia han venido proliferando, con un aumento significativo en el último periodo. Recursos naturales, como el sol, el viento y el agua abundan en el territorio nacional, lo que favorece el desarrollo de proyectos diferentes a los combustibles fósiles. La coyuntura actual ha convencido a muchas compañías sobre el riesgo latente del cambio climático, inducido en gran medida por los gases efecto invernadero (IEA, 2023). En este contexto, se presenta una herramienta para priorizar los modelos de negocio de energía eléctrica con un enfoque en las energías renovables, aplicable en el sector eléctrico colombiano para orientar la relacionabilidad y priorización de modelos de negocio hacia la implementación empresarial (UPME, 2024; CREG, 2024).

La priorización de modelos de negocio se aborda a partir del análisis de 14 modelos aplicados al sector eléctrico en Colombia. Además de los riesgos técnicos asociados a la implementación, estos modelos representan la viabilidad comercial de diferentes configuraciones. El análisis parte de un análisis teórico de los modelos con mayor presencia en las fuentes secundarias y entrevistas realizadas.

Es claro que el mercado energético mundial ha experimentado cambios, generados por mayores compromisos con la mitigación del cambio climático, la introducción de nuevas tecnologías digitales y la diversificación de suministradores de electricidad. Los modelos de negocio del sector eléctrico han sido denominadores comunes a estos cambios (IEA, 2017; IEA, 2023). En el sector eléctrico colombiano, la aparición de nuevas tecnologías de generación, principalmente renovables no convencionales, ha promovido nuevos modelos de negocio, especialmente relacionados con la generación distribuida (UPME, 2024; CREG, 2024).

En el sector de la generación de tecnología fotovoltaica conectada a la red, el modelo de venta del sistema como un todo (hardware, instalación y operación y mantenimiento) no se considera como opción principal. Aunque en marcos regulatorios más maduros es común que el desarrollador o el instalador sea diferente al suministrador de energía, en Colombia esta separación resulta engorrosa, pues el sistema de incentivos solo puede manejarse a nombre del mismo propietario de la generación distribuida (CREG, 2024). Los modelos de negocio de almacenamiento de energía también implican diferentes retos legales relacionados con la operación y la propiedad, los cuales se espera que se aborden en el futuro siguiente (IRENA, 2023).

La prioridad de inversión en fuentes de generación renovables esta identificada, las dificultades para determinar niveles óptimos de apoyo a proyectos con tecnologías específicas justifican sistemas priorizados deben ratificarse previamente con criterio de selección y valoración que contraste la prioridad general, que a su vez responde a necesidades de interés público (UPME, 2024).

Solar Fotovoltaica: El motor del crecimiento energético

El segmento de generación con fuente solar se perfila como el más atractivo en el sector, reuniendo en mejor escala rentabilidad económica y oportunidad de mercado. Con un tamaño de mercado que se encarga entre USD 2,000 y USD 5,000 millones, presenta más de 500 proyectos PMGDs listos para su desarrollo. La maduración tecnológica y la fuerte disminución de costos han abierto la posibilidad de entrada a un amplio grupo de inversiones excesivas para su participación (IJEER, 2023; UPME, 2024; IRENA, 2023).

La rentabilidad del sector solar se presenta como una excelente alternativa con TIRs mejoradas entre el 12%-18%, dada la posibilidad de caja predecible mediante PPAs. Los tiempos de recuperación de la inversión de aproximadamente 6 a 10 años, son iguales dentro del sector energético y el riesgo regulatorio es bajo por el favor a las energías renovables (IJEER, 2023; UPME, 2024). Finalmente, el tiempo entre la materialización y concreción de oportunidades es corto (1-2 años), permitiendo generar valor rápidamente para los inversionistas.

Eficiencia Energética: La oportunidad inmediata de mayor rentabilidad

Las oportunidades para la mejora de la eficiencia energética presentan la propuesta de valor más potente y un mercado entre USD 800 y 1,200 USD millones, con TIRs de aproximadamente 15%-20%, las más altas del sector. Este gran nivel de rentabilidad hace sostenible un modelo de negocio de bajo riesgo, en el que los ahorros energéticos mejoran flujos de caja contractuales, con riesgo por debajo del resto de segmentos (IMT, 2015; UNEP FI, 2023).

El mercado objetivo cuenta con miles de clientes B2B, desde empresas grandes hasta industrias de pequeña escala, así como un gran número de usuarios residenciales. Esto crea una gran diversidad de clientes, lo que limita el riesgo de concentración. También las barreras de entrada son muy reducidas, por lo que puede ser ejecutable e

iniciar ahorros desde el primer mes. La exposición a riesgos operacionales es reducida gracias a la naturaleza consolidada y cinfuables de las tecnologías de eficiencia (IMT, 2015).

Digitalización Energética: La frontera tecnológica de alto rendimiento

La digitalización energética es un sector donde hay innovación tecnológica y necesidad de mercado, entre USD 200 y USD 500 millones, con potencial de escalabilidad y rentabilidad. Este sector tiene una ventaja competitiva debido a que la solución puede escalar a otros mercados geográficos; además, las empresas con esta diferencia capturan clientes y datos (IEA, 2017; InovaLabs, s.f.). La única entrada es mediante especialización tecnológica, que otorga moat competitivo a quienes desarrollan capacidades diferenciadas en IoT, IA y plataformas de gestión energética.

El segmento presenta TIRs sumamente elevadas por los márgenes de software y/o servicios digitales y un periodo de recuperación de la inversión bastante corto dada su naturaleza de desarrollar el core tecnológico. Los ingresos recurrentes otorgan previsibilidad en flujos de cada, permitiendo amortizar en 2 a 4 años y capitalizar del core más desarrollos utilitarios (IEA, 2017).

Una vez instauradas estas capacidades core, el tiempo para materializar oportunidades se acorta, permitiendo implementaciones en 6 a 12 años y escalar soluciones en distintos mercados y segmentos.

BESS: La apuesta tecnológica en transición

Los sistemas BESS representan uno de los segmentos más intrigantes y complejos con un mercado creciente y poco desarrollado en la industria colombiana, al tener un carácter potencialmente disruptivo. El segmento está en disrupción tecnológica (química, electrónica de potentica, etc.) que cambia constantemente la viabilidad técnica y económica (IRENA, 2023).

Las barreras de entrada son relativamente altas (capital y conocimiento multidisciplinario). La complejidad operativa se agrava por la necesidad de monetizar simultáneamente arbitraje, servicios auxiliares, peak shaving y demand response. Mientras la diversificación reduce dependencia de un solo flujo, agrega complejidad al modelado financiero y operativo. La rentabilidad promedio de TIRs entre 10%-15% indica

oportunidades, aunque con riesgos típicos de las tecnologías de transición. El payback de 8-12 años sugiere que visión de largo plazo y exposición significativa al riesgo tecnológico (IRENA, 2023).

Comercialización y Trading: la sofisticación del mercado energético

La comercialización y el trading energético representan la evolución hacia mercados más sofisticados y eficientes, configurando una oportunidad alta en el mercado que demanda capacidades operaciones y analíticas de primer nivel. Se caracteriza por dependencia de economías de escala y volúmenes mínimos que justifiquen la infraestructura tecnológica y humana. Es un negocio intensivo en modelos predictivos y análisis de tiempo real, con gestión de riesgo en un entorno de alta volubilidad de commodities. Además, hay complejidad regulatoria específica que demanda expertise legal y regulatorio (KPMG, 2015).

La rentabilidad un poco más baja de este negocio compara a otros previamente mencionados refleja el arbitraje y los riesgos operacionales asumidos. La volatilidad de márgenes y dependencia de condiciones de mercado complican la previsibilidad de ingresos; se requiere diversificación geográfica y de productos. El retorno de capital de 3 a 5 años exige un control riguroso de capital sostenido a largo plazo en ciclos económicos (KPMG, 2015).

Transmisión y Redes: la infraestructura fundamental de flujos estables

Transmisión y distribución forman el esqueleto del sistema. Estos negocios presentan un alto nivel de consolidación y un modelo cuasi monopolístico por la naturaleza de las necesidades que tiene el mismo. La certeza y la previsibilidad de flujos regulados compensan un bajo potencial de crecimiento y rentabilidad financiera media.

La naturaleza de estos negocios, activos críticos bajo marcos tarifarios estrictos, proporciona flujos extremadamente estables y previsibles por 20 años, haciéndolos atractivos para inversionistas institucionales con matching de pasivos (aseguradoras, fondos de pensiones, etc.). Las barreras para nuevos entrantes son virtualmente prohibitivas; la mayoría de los proyectos son de gran escala, con 5 a 10 años de desarrollo y gestión compleja (predial, ambiental, social y político). La rentabilidad media-baja de estos proyectos refleja el intercambio de prioridades entre la estabilidad y

rendimiento; así como el payback extendido exige una perspectiva de largo plazo (DOE, 2024; CREG, 2024; UPME, 2024).

Microgrids y electrificación: El impacto social como driver de valor

El segmento de microgrids y electrificación conjuga viabilidad financiera e impacto, creando externalidades positivas sobre la comunidad y habilitando concesionalidad y subsidios, configurando un mercado distribuido en diversas comunidades. La fragmentación crea oportunidades y desafíos: cada proyecto requiere soluciones personalizadas, considerando particularidades geográficas, sociales y económicas. Las barreras de entrada son predominantemente operacionales y sociales, demandando capacidades de relacionamiento comunitario, gestión intercultural, y desarrollo en entornos remotos (OLADE, 2017).

La rentabilidad de este negocio requiere subsidios y financiamiento concesional para reflejar el valor social creado. Los flujos, mejorados por subsidios al precio, justifican los paybacks de 5 a 9 años. El horizonte de materialización de 2 a 4 años incluye los tiempos de desarrollo departamental y autorizaciones correspondientes.

Eólica Onshore: La apuesta de infraestructura a gran escala

La energía eólica terrestre es una oportunidad estratégica a gran escala con un carácter oligopólico. Requiere de ejecución simultánea de transición para evacuar la energía. Presenta barreras de entrada altas debido a la financiación sólida, capacidades técnicas, normativas, sociales y ambientales. El perfil de riesgo combina la construcción de gran escala con riesgos sociales y el relacionamiento sofisticado son esenciales (UPME, 2024; International Copper Association, 2023).

Impulsada por demanda mundial de hidrógeno/amoniaco verdes, es posible que la valoración siga ajustándose. PPAs escalonados ayudan a estabilizar flujos una vez operativos. Paybacks de 12-18 años requieren perspectivas de inversión a largo plazo; plazo de ejecución de 5 a 8 años exigen capacidad financiera y tolerancia al riesgo/desarrollo (International Copper Association, 2021; IRENA, 2023).

Hidrógeno Verde: La frontera de la transformación energética

El hidrogeno verde es la apuesta más ambiciosa de todas. Con un mercado creciente en los últimos años, azacando un potencial desde los 1,000 USD a los 5,000 USD millones, aún se encuentra una etapa más de desarrollo que de operación. Viabilidad técnica aprobada, pero la económica aún no se alcanza a una escala comercial. La falta de mercado local genera desincronización temporal entre oferta potencial y demanda real, requiriendo planeamiento coordinado (marcos normativos, infraestructura y aceptación industrial) (IEA, 2024).

Las barreas de acceso son tecnológicas (electrolisis, purificación, almacenamiento, transporte y distribución). El riesgo tecnológico es elevado por la rapidez de la innovación, con riesgo de asilencia de inversiones costosas en tiempo corto. La rentabilidad baja que actualmente tienen este tipo de proyectos releja tecnología naciente y mercados inmaduros. A largo plazo, la TIR podría superar el 15% con madurez tecnológica y mercados de demanda con paybacks mayores a 15 años. Ventana de materialización de 8 a 15 años, con riesgos tecnológicos y mercados elevados, pero con potencial de retornos mayores y rol estratégico en la transformación energética.

7.10.2 Oportunidades en los modelos de negocio identificados

Energía Solar Fotovoltaica

Modelos tradicionales de venta de servicios

El modelo de CAPEX directo es el más conocido: venta de equipos con instalación y servicios para el cliente final, con márgenes del 15%-20%. Requiere cadenas de suministro sólidas y capacidades de ejecución, genera ingresos inmediatos y evita exposición operativa de décadas. El modelo de O&M a precio fijo permite ingresos recurrentes (3%-5% de los ingresos del activo) con flujos estables y predecibles (UPME, 2024; IRENA, 2023).

Modelo de financiación y servicios integrados

Los PPAs corporativos son la opción más solvente y atractiva para grandes empresas. Contratos de 10-20 años con una TIR de 12%-18% bajo CAPEX inicial del promotor y precio de PPA fijo; el cliente garantiza un ahorro frente a su factura (UPME, 2024; IRENA, 2023). Solar-as-a-Service elimina el CAPEX del cliente mediante leasing (cuota menor que el ahorro). El Third Party Ownership cobra por kWh generado

optimizando la eficiencia operativa y la asignación de riesgos. Con performance contracts, se fijan pagos por disponibilidad >95% en USD/MW-Mes, premiando la excelencia operativa (UPME, 2024; IRENA, 2023).

BESS

Modelos de Comercialización y de Capacidad

Arbitraje genérico (compra en valle / venta en pico) y servicios auxiliares (regulación de frecuencia, reservas) pagados típicamente en USD/MWh, capacity leasing para perfiles de demanda variables y necesidades de respaldo; contratos pay-for-performance con penalidades por indisponibilidad para alinear incentivos (IRENA, 2023).

Modelos de Desarrollo e Innovación

Desarrollo en fases de co-inversión para mitigar costos e ingresos. Permite captar capital paciente y competir con low-cost reteniendo control operativo y algunos upsides. PPAs de 15-20 años empiezan a aparecer para grid stabilization en almacenamiento a gran escala (IRENA, 2023).

Eficiencia Energética

Modelos basados en el rendimiento y ESCO y modelos basados en el rendimiento ESCO

Este contrato ESCO permite la financiación de la inversión original y asegura ahorros (donde el especialista asume el riesgo de inversión y rendimiento). Los contratos de rendimiento están contractualmente relacionados con el pago de la electricidad que se ahorra y verifica, alineados con los incentivos del cliente-proveedor. Ahorros compartidos: el financiador obtiene el 30%–50% de los ahorros; la financiación en la factura incorpora el pago en la factura del cliente, simplificando los procesos y asegurando los flujos de efectivo (IMT, 2015; UNEP FI, 2023). En ese sentido, hay un modelo para consultoría y servicios premium. La auditoría premium es el punto de entrada de mayor valor agregado: buscan y cuantifican oportunidades de ahorro; requieren habilidades técnicas diferenciadas y reputación (IMT, 2015).

Microrredes y electrificación en áreas rurales

Modelos de concesión y operaciones comunitarias

Contratos operativos que integran tarifas reguladas y subsidios para hacer viables los proyectos fuera de la red. El modelo BOOT comunitario transfiere el activo a la comunidad al final del período de concesión, manteniendo la responsabilidad operativa y comercial durante toda la duración de la concesión. El pago por uso permite pagos de capital a través de móviles y elimina los cargos fijos mensuales; los PPA híbridos combinan múltiples fuentes de electricidad (solar, diésel, BESS) para optimizar la fiabilidad y el costo (Power for All, 2019; OLADE, 2017).

Modelos de impacto y sostenibilidad

Los bonos de impacto social vinculan los pagos a resultados medibles y movilizan capital para el efecto, movilizando capital de impacto; la O&M comunitaria capacitará a los usuarios y desarrollará contratos de mantenimiento local con la comunidad, para asegurar la operación continua en el futuro y la sostenibilidad a largo plazo (Power for All, 2019).

Hidrógeno verde

Modelo de desarrollo industrial y exportación

Los acuerdos de compra de clientes industriales (10–20 años) ofrecen certeza de demanda; las empresas conjuntas 50/50 reparten los riesgos tecnológicos y de demanda. El acceso a mercados premium es posible a través de contratos de exportación que tienen garantías de origen. Desarrollo de hubs para lograr economías de costo máximas y eficiencias logísticas (IEA, 2024; GH2, 2024).

Modelos de comercialización y tecnología

Las operaciones mercantiles, junto con las ventas al contado y coberturas (swaps), necesitan capacidades robustas de comercio y riesgo (infraestructura de gestión de riesgos capitalizada); la concesión de licencias tecnológicas monetiza la propiedad intelectual de la electrólisis a través de regalías y servicios técnicos (IEA, 2024; GH2, 2024)

Transmisión y redes

Modelos de concesión y servicios de red

Modelo de 30 años con tarifas reguladas: menor riesgo y flujos de efectivo altamente predecibles; y se basa en la escala, el pipeline, las capacidades técnicas y la experiencia regulatoria. Las APP asignan el riesgo entre el sector público-privado y crean infraestructura crítica; los servicios de red crean ingresos adicionales (frecuencia, calidad) especialmente con alta penetración renovable (CREG, 2024; UPME, 2024; DOE, 2024).

Comercialización y comercio en energía

Modelos de comercio y gestión de riesgos

Márgenes debido al arbitraje temporal/espacial (generalmente 2%–5%), gestión de carteras (intermediación de riesgos y optimización de activos), energía minorista (ventas a grandes consumidores), comercio de certificados (atributos ambientales) o gestión de riesgos (coberturas de precios). Negocio de bajo/medio TIR con disciplina de riesgo y capital (KPMG, 2015)

Digitalización de la energía

Modelos de SaaS y plataformas digitales

SaaS se apoya a través de suscripciones por usuario/activo para permitir la escalabilidad sin costo lineal; el freemium reduce la fricción de adopción; la monetización de datos convierte los datos de IoT en producto (informes, paneles). Solo se obtiene ingresos del inicio y luego se generan ingresos nuevamente por servicios profesionales (implementación, integración, personalización, consultoría); la concesión de licencias de marca blanca y los mercados escalan, con socios y tasas de participación (IEA, 2017; InovaLabs, s.f.).

8 Conclusiones

El desarrollo de esta investigación tuvo como propósito identificar oportunidades de negocio derivadas de la crisis energética colombiana, a través de la formulación y análisis de modelos de negocio en energías renovables alternativas que optimicen la capacidad, generación y transmisión de energía, con el fin de crear ventajas competitivas para empresas nacionales e internacionales en el mercado energético del país. A través de una metodología mixta que incluyó entrevistas a 6 expertos del sector y un análisis a 14 modelos de negocio, se logró identificar los principales factores que condicionan el desarrollo de energías renovables en Colombia y en base a estos proponer oportunidades empresariales derivados de la crisis definida.

Los resultados evidencian que las diversificaciones de la matriz energética, el uso de la tecnología para digitalizar e innovar procesos y el fortalecimiento del marco regulatorio desde el foco político son elementos clave para fomentar la inversión y establecer un entorno atractivo para crear empresa de forma sostenible. A su vez, el estudio demostró que los modelos basados en energía solar, eficiencia energética y almacenamiento de energía ofrecen un potencial muy alto en términos de rentabilidad, con un nivel bajo de riesgo frente a la matriz actual. A partir del objetivo general que propusimos, se establecieron conclusiones que sintetizan los hallazgos derivados del diagnóstico energético en el país, la revisión de políticas públicas que inciden sobre el panorama energético y las perspectivas de diferentes actores en el sector, destacando rutas estratégicas que permitirían al empresariado colombiano crear modelos de negocio que marquen la ruta hacia una transición energética positiva en Colombia.

En esta investigación se cumplieron tres objetivos particulares; a saber, evaluar el contexto general de la crisis energética, incluyendo actores, problemas y oportunidades, proponer modelos de negocio basados en las oportunidades reconocidas y probar las perspectivas de estos modelos con una herramienta de priorización. El estudio encontró que, debido a la hidroeléctrica, el país se vuelve vulnerable a fuerzas climáticas como El Niño, y se prevé que la demanda de energía aumente en un 60% en los próximos 30 años según el Plan Nacional de Energía (Enerdata, 2019).

En la investigación de mercado, Colombia tiene recursos renovables sobresalientes: la irradiación solar en La Guajira es un 60% superior al promedio mundial y los vientos superan los 9 m/s, con un potencial eólico de más de 50 GW. El potencial hidroeléctrico es de 65 GW, la biomasa cubriría el 46% de la demanda y hay 1,170 MW de recursos geotérmicos identificados. Continúan existiendo 251 proyectos de 15,684 MW

en proceso y 460,000 familias que viven en áreas no interconectadas aún no tienen acceso a la electricidad. Si bien estas cifras abarcan un amplio espectro de grandes inversiones y posibilidades de crecimiento, también señalan desafíos, incluyendo la escasez de transmisión y retrasos en la electrificación rural.

La lista de 14 modelos de negocio (desde proyectos de generación de energía fotovoltaica hasta entrega de certificados verdes) permitió investigar el espectro de oportunidades presentes. La evaluación del modelo se realizó con base en una herramienta de evaluación priorizada que considera el riesgo técnico, la madurez regulatoria y las medidas de rentabilidad. Se encontró que la energía solar fotovoltaica tenía la mayor ventaja comparativa (12%-18% TIR y tiempo de recuperación de 6 a 10 años), eficiencia energética (TIR 15% a 25% y recuperación entre 1 y 3 años), digitalización (TIR 20% a 35% con alto margen de software) y sistemas de almacenamiento BESS (TIR entre 10% a 15% y un horizonte entre 8 y 12 años).

Logro de Objetivos

Un análisis del entorno y la crisis energética. La pieza contextualizó la crisis energética colombiana, explicando la dependencia hidrológica, el rezago de infraestructura y la vulnerabilidad climática. Se analizó la predicción de la demanda energética para el PEN, el potencial renovable del país, el estado de las áreas no interconectadas y la estructura regulatoria de la CREG, UPME y XM (CREG, UPME y XM). Este diagnóstico proporcionó una base para identificar y resaltar brechas y actores implicados para cumplir el primer objetivo.

Propuesta de modelos de negocio. Se propusieron y describieron catorce modelos de negocio basados en el diagnóstico, incluyendo CAPEX directo y PPA solares, contratos de ahorro compartido en eficiencia energética, marca blanca en digitalización y arrendamiento de capacidad en almacenamiento. Para cumplir el segundo objetivo, cada modelo se detalló en cuanto a tamaño de mercado, TIR, barreras de entrada y retorno de inversión.

Herramienta de priorización de modelos y viabilidad. Se estableció una herramienta de priorización para manejar estas variables (riesgo técnico, madurez del entorno regulatorio y rentabilidad del modelo) para la comparación y clasificación de modelos. Esta herramienta ayudó en la elección de modelos prioritarios y en apoyar la propuesta de política energética del proyecto, logrando así el tercer objetivo.

Conclusiones Generales. Se pueden extraer varias conclusiones de esta investigación:

- Acelerar la diversificación de la matriz. Debido a la dependencia de la hidroeléctrica y la exposición a eventos climáticos, la introducción de renovables no tradicionales necesita ser acelerada urgentemente. El país debe aprovechar su potencial solar, eólico, de biomasa y geotérmico mientras incentiva el almacenamiento y la flexibilidad para manejar la variabilidad.
- Se requiere planificación a largo plazo. Las mejores prácticas internacionales, como el objetivo de neutralidad climática de la Unión Europea para 2050 (Comisión Europea, 2023) o la Energiewende alemana al 80% de electricidad renovable para 2050 (BMWí, 2015), indican que los planes a 30 años brindan certeza a los inversores y alinean las inversiones público-privadas. Colombia tiene que modernizar su propia versión del Plan Nacional de Energía sobre la base de objetivos intermedios con estructuras de escrutinio regular.
- Enfocarse en la eficacia y lo digital. La eficiencia energética y la digitalización son áreas con alto retorno y bajo riesgo que reducen la demanda hasta en un 25% y mejoran la eficiencia del sistema en un 30%. Hay retornos a corto plazo resultantes de invertir en estas áreas, lo que facilita el acceso masivo a las renovables. Experiencias como el caso de KLIK muestran que los mercados flexibilidad y las plataformas de gestión de la demanda pueden traducir estas ganancias en ingresos adicionales para usuarios y empresas, a la vez que aportan resiliencia al sistema.
- Centrado en lo territorial y social. La electrificación rural que utilizará microrredes híbridas tendrá un efecto socio-positivo y facilitará el acceso. Es importante ser justo y participativo en la transición, respetando la diversidad y la propiedad comunitaria de los proyectos. Esto implica desarrollar procesos de consulta previa tempranos, claros y efectivos, en los que las comunidades puedan tener una voz y un voto al respecto, manteniendo las garantías jurídicas de protección y el debido proceso.

En resumen, la tesis tuvo éxito en su misión de diagnosticar la crisis energética, hacer sugerencias y modelos de negocio prioritarios (con una hoja de ruta a largo plazo). Los hallazgos sugieren que la transición energética colombiana necesita previsión estratégica, innovación, inversiones consistentes y una respuesta socialmente inclusiva. La herramienta de priorización aplicada a los modelos de negocio estudiados refuerza esta conclusión, al mostrar que bajo supuestos prudentes, existen alternativas renovables que

combinan viabilidad económica con contribución directa al cierre de las brechas de capacidad, generación y transmisión de energía.

8.1 Futuras investigaciones y limitaciones

Si bien este estudio logró cumplir con los objetivos planteados y aportar una visión sobre las oportunidades empresariales que pueden surgir de la crisis energética en Colombia, es importante resaltar las limitaciones de la investigación y dejarlos expuestos como enfoques y temas para abordar en estudios futuros. El carácter exploratorio que se basó en la muestra selectiva e intencional de seis expertos y catorce modelos de negocio restringe la posibilidad de generalizar los resultados y conclusiones a todo el sector. Por más de que el muestreo aborde diferentes enfoques, queda abierta la posibilidad a especificar otros estudios que complementen la presente investigación. Asimismo, la disponibilidad y consistencia de la información pública sobre diferentes proyectos y otros actores del sector representa un desafío a la hora de comparar resultados y sacar las conclusiones pertinentes.

En este sentido, los futuros estudios podrían enfocarse y profundizar más el análisis cuantitativo de la viabilidad económica de los proyectos de energía, incluyendo diferentes métodos como estudios de casos variados y simulaciones financieras detalladas para analizar a profundidad el desempeño real y el potencial proyectado de los diferentes proyectos en ejecución. Dicho esto, se pudo acompañar con otro grupo de actores entrevistados, más enfocados a representantes de comunidades locales (que ya se identificaron como cruciales en el desempeño de los proyectos), inversionistas extranjeros y futuras entidades regulatorias, con el fin de tener una visión aún más amplia del sector de energía.

Esta tesis ofrece un ángulo novedoso que es capaz de ver la crisis como una oportunidad de negocio, está fundamentada en aspectos locales sobre ZNI y calidad internacional y ofrece a las empresas y a los responsables de políticas una herramienta de priorización que pueden usar para determinar con criterios comparables en qué deberían invertir y cómo organizar proyectos durante un período de 30 años. Finalmente, diferentes herramientas de modelación y análisis de escenarios que proyecten impactos económicos, sociales, financieros y ambientales de la transición energética a largo plazo teniendo en cuenta todas las implicaciones en cada uno podría ser muy valioso para la comprensión exhaustiva de las oportunidades reales de la crisis energética en Colombia y así poder hacer un diseño integral para facilitar la toma de decisiones para el sector público y privado.

9 Recomendaciones finales y propuesta de plan energético a 30 años para Colombia

Para evitar retrasos que vuelvan obsoletos los proyectos y asegurar la consistencia con los objetivos climáticos y de competitividad de los proyectos, se propone un plan energético estructurado en tres fases (2025-2035, 2035-2045 y 2045-2055). El enfoque se basa en ejemplos internacionales (por ejemplo, la UE, Alemania) y en las recomendaciones de la Agencia Internacional de Energía sobre neutralidad de carbono (IEA, 2021). Este plan integra el desarrollo prioritario de modelos de negocio, así como las prioridades para la electrificación universal, la diversificación, integrándose con los objetivos de fortalecimiento de instituciones.

Acciones puntuales:

Recomendaciones Individuales y Prácticas. Política y Mercado: (i) Reformar la consulta previa con directrices explícitas sobre tiempos, participación y compensación; (ii) Integrar una taxonomía de transición energética que consolide incentivos, criterios ESG y acceso a financiamiento; (iii) Acelerar los proyectos necesarios de interconexión y mejora de transmisión; y (iv) Crear fondos de inversión de capital dedicados (financiamiento mixto) para apoyar ZNI, almacenamiento y digitalización de redes, reduciendo los costos de capital y mejorando el tiempo de salida al mercado.

9.1 Fase I (2025-2035) – Despliegue acelerado y fortalecimiento institucional

1. **La capacidad solar y eólica aumenta rápidamente.** Ejecutar los proyectos solares y eólicos de 2,500 MW programados para el PEN antes de 2030 y más que duplicar el objetivo a 5 GW para 2035. Se utilizarán los 251 proyectos (15,684 MW) en proceso en la cartera y el recurso de La Guajira donde la irradiación solar es un 60% superior a lo normal y el viento tiene factores de capacidad del 70%.
2. **Programas masivos de eficiencia energética y expansión digital.** Implementar medidas de eficiencia en los sectores residencial, comercial e industrial para lograr una reducción del consumo energético del 15%-25% en 2035. La digitalización podría ayudar a mejorar la eficiencia del sistema en un 30% y minimizar el desperdicio de energía en un 15%. Experiencias como la plataforma KLIK muestran que los esquemas de gestión de la demanda y los mercados de flexibilidad apoyados por la digitalización son capaces de reducir el consumo en momentos críticos y ofrecer nuevos ingresos para los usuarios, convirtiéndolos en una referencia útil para diseñar programas similares en Colombia. Este tipo de estudios de caso son fundamentalmente valiosos para abordar las necesidades futuras del país y las recomendaciones realizadas.

3. **Desarrollo de almacenamiento y flexibilidad.** Para 2035, se debe instalar al menos 1 GWh de capacidad de almacenamiento para BESS, incluyendo servicios de arbitraje y regulación de frecuencia. La IEA dice que para alcanzar emisiones netas cero, la flexibilidad del sistema debe cuadruplicarse.

4. **Modernización de la red y acceso universal en general.** Realizar proyectos de transmisión para aliviar cuellos de botella y avanzar en la resiliencia y electrificar a 460,000 familias en regiones no conectadas con microrredes híbridas. A nivel de transmisión, se utilizarán estándares de larga vida al estilo de las empresas de servicios públicos en países desarrollados.

5. **Reformas a las instituciones y leyes de incentivos.** Consolidar las directrices de subastas y PPA, mejorar la banca pública y extender los incentivos fiscales a las energías renovables. En un Plan Nacional de Energía, introducir objetivos obligatorios de capacidad renovable y eficiencia para 2035.

9.2 Fase II (2035-2045): Escala y cambio a tecnología de próxima generación.

1. **Diversificación de la matriz.** Lograr entre 8 y 10 GW de capacidad solar y eólica operativa para 2045, incluyendo plantas offshore e instalaciones hidroeléctricas pequeñas con almacenamiento por bombeo.

2. **Biomasa y geotermia.** Promover la utilización de biomasa para satisfacer hasta el 20% de la demanda total, así como en la creación de proyectos geotérmicos basados en un potencial de 1,170 MW.

3. **Economía del hidrógeno verde.** Lanzar proyectos piloto de electrólisis de 2035 a 2040 y escalar la producción para aplicaciones industriales y de transporte pesado. Asegurar una base de garantías de origen e incentivos financieros; la rentabilidad a largo plazo del hidrógeno verde puede superar el 15% si se reducen los costos de producción (GH2, 2024).

4. **Transporte y electrificación.** Desarrollar flotas eléctricas y redes de vehículo a red para transporte, planificación y expansión de la infraestructura de carga.

5. **Digitalización avanzada.** Implementación de mercados de servicios auxiliares, plataformas de transacciones en tiempo real, blockchain para certificados de energía. Continuar instalando medidores inteligentes y análisis predictivos.

9.3 Fase III (2045-2055) – Consolidación y neutralidad de carbono

1. **Electricidad 100% renovable.** Objetivo de tener una matriz eléctrica casi puramente renovable para 2055 y asegurar que al menos el 25% provenga de FNCER antes de 2050. Replicar el objetivo de Alemania de 80% de electricidad renovable para

2050 (BMW, 2015) mientras se reduce la demanda total a través de eficiencias y electrificación.

2. Sistemas de almacenamiento a gran escala. Al menos 5 GWh de capacidad de almacenamiento de larga duración y mercados de flexibilidad que remuneren la respuesta a la demanda y el almacenamiento.

3. Hidrógeno y combustibles sintéticos. Escalar la producción de hidrógeno y amoníaco para exportación y también fortalecer la descarbonización de industrias difíciles de abatir. Esto es consistente con las proyecciones de la IEA para la demanda global de hidrógeno.

4. Fortalecimiento de instituciones y transiciones justas. Hay que asegurar que la transición apoye a las comunidades locales con esquemas como programas de capacitación y modelos de participación, similar a la política de la UE de que nadie se quede atrás (Comisión Europea, 2023).

5. Observar y ajustar periódicamente. Revisar el plan cada cinco años para actualizar los objetivos y planes para reflejar cambios tecnológicos, de mercado y sociales, basado en el hábito europeo de actualizar la estrategia a largo plazo.

9.4 Recomendaciones finales

1. Establecer sus objetivos y regulaciones a largo plazo. Asegurar la estabilidad regulatoria. La experiencia europea demuestra que objetivos vinculantes como la neutralidad climática para 2050 brindan certeza a los inversores y previenen retrasos.

2. Movilizar inversiones públicas y privadas. Ser neutral requiere triplicar la proporción de inversión anual en energía limpia y aumentarla a USD 5 billones a nivel mundial. Colombia necesita desarrollar aún más sus mecanismos de financiamiento verde, asociaciones público-privadas y mercados de capital.

3. Centralizar la eficiencia y la digitalización como políticas centrales en la política. Fomentar contratos con ESCO y plataformas digitales que generen ahorros inmediatos y mejoren la flexibilidad del sistema.

4. Hacer la transición justa y participativa. Los proyectos energéticos deben involucrar la participación comunitaria y enfoques de desarrollo socioeconómico para la inversión energética. Fomentar la innovación y el desarrollo de capacidades.

5. Fortalecer la consulta previa como derecho de las comunidades étnicas y rurales, incorporando directrices explícitas sobre tiempos, participación incidente y mecanismos de compensación y reparto de beneficios. Esto reduciría la conflictividad

social y daría mayor certeza a comunidades, Estado y empresas en el desarrollo de proyectos renovables.

Referencias

- Abubakirova, A., Saimagambetova, G., Omarova, A., Saubetova, B., & Taskinbaikyzy, Z. (2025). Relationship between renewable energy and economic growth in developed countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 15(1). <https://doi.org/10.32479/ijeep.17456>
- Achilles. (2022). *Desafíos de la cadena de suministro de las energías renovables en América Latina*. Achilles. <https://www.achilles.com/es/informacion-sectorial/desafios-de-la-cadena-de-suministro-de-las-energias-renovables-en-america-latina/>
- AP News. (2024, November 1). Ecuador: Nueva jornada de protestas contra el gobierno en menos de una semana. *AP News*. <https://apnews.com/article/protestas-ecuador-gobierno-noboa-crisis-energia-apagones-9202be0c5b9eac6d67923cfc78470b5e>
- AS. (2024, October 30). Apagón masivo en Cuba: ¿Qué sucede y cuáles son las causas? *Diario AS*. <https://as.com/actualidad/sociedad/apagon-masivo-en-cuba-que-sucede-y-cuales-son-las-causas-n>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). *¿Están los combustibles fósiles de América Latina en riesgo de convertirse en activos abandonados esta década?* Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/estan-los-combustibles-fosiles-de-america-latina-en-riesgo-de-convertirse-en-activos-abandonados-esta-decada/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). *Transición energética en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://www.iadb.org/es/noticias/transicion-energetica-en-america-latina-y-el-caribe>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2024a). *Navegando la transición energética en América Latina y el Caribe: Volatilidad y señalización de precios en los mercados eléctricos a corto plazo*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Navegando-la-transicion-energetica-en-America-Latina-y-el-Caribe-volatilidad-y-senalizacion-de-precios-en-los-mercados-electricos-a-corto-plazo.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2024b). *Transición energética en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://www.iadb.org/es/noticias/transicion-energetica-en-america-latina-y-el-caribe>
- Banco Mundial. (2024). *Acceso a la energía en América Latina: Desafíos y oportunidades para el desarrollo sostenible*. Banco Mundial.

- <https://www.worldbank.org/es/news/feature/2024/02/15/acceso-a-la-energia-en-america-latina-desafios-y-oportunidades>
- Barragán-Ocaña, A., Cecilio-Ayala, E., Silva-Borjas, P., Cortés-Ruiz, J. A., & Hernandez-Cardona, E.-Y. (2025). Policies and sustainable energy transition in the global environment: Challenges for Latin America. *Heliyon*, 11(1), e42295. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42295>
- Bersalli, G., Menanteau, P., & El-Methni, J. (2020). Renewable energy policy effectiveness: A panel data analysis across Europe and Latin America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110351. <https://consensus.app/papers/renewable-energy-policy-effectiveness-a-panel-data-bersalli-menanteau/7082e3f0759056d3abdf00d95db4f9e/>
- BMWi. (2015). *The Energy Transition: Switch to the future*. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. <https://energiewende.bundeswirtschaftsministerium.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2015/01/Meldung/topthema-the-energy-transition.html>
- CEAPI. (2022). *La crisis energética como oportunidad para América Latina*. CEAPI. <https://ceapi.com/la-crisis-energetica-como-oportunidad-para-america-latina/>
- CEPAL. (2014). *Inestabilidad y desigualdad: La vulnerabilidad del crecimiento en América Latina y el Caribe*. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37042/1/S201483_es.pdf
- CEPAL. (2021). *Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina*. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47216/4/S2100433_es.pdf
- CEPAL. (2023). *Servicios básicos, agua potable y electricidad como sectores clave para la recuperación en América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/enfoques/servicios-basicos-agua-potable-electricidad-como-sectores-clave-la-recuperacion>
- Cerón, J. A., Gómez-Luna, E., & Vasquez, J. C. (2025). Driving the energy transition in Colombia for off-grid regions: Microgrids and non-conventional renewable energy sources. *Energies*, 18(4), 1010. <https://doi.org/10.3390/en18041010>
- Chernova, O., Mitrofanova, I., Batmanova, V., Sergeeva, O., & Chub, M. (2025). Circular business models “water – energy – food” for sustainable development of regional agro-industrial complex. *E3S Web of Conferences*, 614, 03010. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202561403010>

- Ciambellini, G., D'Adamo, I., Gastaldi, M., & Smol, M. (2025). Sustainability and competitiveness: Economic analysis of a photovoltaic plant with storage in an Italian textile company. *International Journal of Green Deal*, 1(1), 100209. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2025.100209>
- Colmenares-Quintero, R. F., Rojas, N., Colmenares-Quintero, J. C., Stansfield, K. E., Villar-Villar, S. S., & Albericci-Avendaño, S. E. (2025). Design of an integral simulation model for solar-powered seawater desalination in coastal communities: A case study in Manaure, La Guajira, Colombia. *Sustainability*, 17(4), 1505. <https://doi.org/10.3390/su17041505>
- CREG. (2024). *Resoluciones y lineamientos para el mercado eléctrico colombiano*. Comisión de Regulación de Energía y Gas.
- DOE. (2024). *What does it take to modernize the U.S. electric grid?* U.S. Department of Energy, Grid Deployment Office. <https://www.energy.gov/gdo/articles/what-does-it-take-modernize-us-electric-grid>
- El País. (2024, October 28). Suicidio colectivo. *Diario El País*. <https://elpais.com/america-colombia/2024-10-28/suicidio-colectivo.html>
- Enerdata. (2019). *Colombia unveils National Energy Plan by 2050*. Enerdata Daily Energy News. <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/colombia-unveils-national-energy-plan-2050.html>
- Energy – LATAM. (n.d.). *Statista*. <https://www-statista-com.cvirtual.cesa.edu.co/outlook/io/energy/latam>
- European Commission. (2023). *2050 long-term strategy*. Climate Action – European Commission. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en
- Extrapolate. (2024, March 15). Market size of energy storage systems in Latin America will be from 2021 to 2023, with a forecast for 2031 (in billions of U.S. dollars) [Graph]. In *Statista*. <https://www-statista-com.cvirtual.cesa.edu.co/statistics/1457924/energy-storage-market-size-latin-america-forecast/>
- Financial Times. (2024, November 11). Latin America's hydro power bet suffers effects of climate change. *Financial Times*. <https://www.ft.com/content/059a0657-d508-4c34-a517-57e5cca0ee4c>
- GH2. (2024). *Sustainable fiscal regimes for green hydrogen projects: Financial modelling recommendations and tools*. Global Hydrogen Organisation.

- https://gh2.org/sites/default/files/2024-05/AGHA_Fiscal%20Policies%20Recommendations_May%202024.pdf
- Global Energy Monitor. (2023). América Latina puede convertirse en un líder mundial en energías renovables. Global Energy Monitor.
<https://globalenergymonitor.org/es/press-release/latin-america-can-become-a-global-renewable-energy-leader-with-potential-460-increase-in-wind-and-solar-capacity/>
- Holzinger, J., Nagl, A., Bozem, K., Lecon, C., Ensinger, A., Roessler, J., & Neufeld, C. (2025). Business case for a regional AI-based marketplace for renewable energies. *Sustainability*, 17(4), 1739. <https://doi.org/10.3390/su17041739>
- Hwang, Y. (2023). The synergy effect through combination of the digital economy and transition to renewable energy on green economic growth: Empirical study of 18 Latin American and Caribbean countries. *Journal of Cleaner Production*, 341, 130874. <https://consensus.app/papers/the-synergy-effect-through-combination-of-the-digital-hwang/699e4531337f59d0a06fb17f69c2d208/>
- IEA. (2017). *Digitalization and energy*. International Energy Agency.
<https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>
- IEA. (2021). *Net zero by 2050 – A roadmap for the global energy sector: Summary for policy makers*. International Energy Agency.
https://iea.blob.core.windows.net/assets/7ebafc81-74ed-412b-9c60-5cc32c8396e4/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector-SummaryforPolicyMakers_CORR.pdf
- IEA. (2023a). *Latin America energy outlook 2023: Executive summary*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/latin-america-energy-outlook-2023/executive-summary?language=es>
- IEA. (2023b). *Renewables 2023*. International Energy Agency.
- IEA. (2024). *Global Hydrogen Review 2024*. International Energy Agency.
- IJEER. (2023). *Cost-Benefit Evaluation of the Implementation of a Photovoltaic Solar Generation System in the Archipelago of San Andrés, Providencia and Santa Catalina*. *International Journal of Electrical and Electronics Research*.
<https://ijeer.forexjournal.co.in/papers-pdf/ijeer-120307.pdf>

- IMT. (2015). *Smart Investments in Energy Efficiency—Portrait Building Case Study*. Institute for Market Transformation. https://imt.org/wp-content/uploads/2018/02/PortraitBuildingCaseStudy_FinalMay2016.pdf
- International Copper Association. (2021). *Application Note—Economic Analysis of Wind Projects*. International Copper Association. https://internationalcopper.org/wp-content/uploads/2021/08/Cu0191_AN_Economic-Analysis-of-Wind-Projects_v1-1.pdf
- International Renewable Energy Agency. (2024). *Renewable capacity statistics 2024*. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/Statistics>
- IRENA. (2023). *The cost of financing renewable power*. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/publications/2023/May/The-cost-of-financing-renewable-power>
- InovaLabs. (s.f.). *La digitalización en los sistemas energéticos*. <https://inovalabs.org/la-digitalizacion-en-los-sistemas-energeticos>
- Inspenet. (2021). *La transición energética en América Latina: Oportunidades y desafíos*. Inspenet. <https://inspenet.com/articulo/la-transicion-energetica-en-america-latina/>
- Konrad-Adenauer-Stiftung. (2018). *Tecnologías emergentes aplicadas al sector de la energía renovable*. Konrad-Adenauer-Stiftung. <https://www.kas.de/es/web/energie-klima-lateinamerika/einzeltitel/-/content/tecnologias-emergentes-ao-setor-de-energia-renovavel>
- KPMG. (2015). *Clarity on Commodities Trading*. KPMG. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2015/04/ch-pub-20150420-clarity-on-commodities-trading-en.pdf>
- KPMG. (2023). *Desafíos y oportunidades para impulsar las energías renovables en América Latina*. KPMG. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/co/sac/pdf/2023/12/bc-bi44-articulo-esp.pdf>
- LISA News. (2024, December 15). *Crisis energética en América Latina: Lecciones desde Cuba y Ecuador*. LISA News. <https://www.lisanews.org/energia/crisis-energetica-en-america-latina-lecciones-desde-ecuador-y-cuba/>
- Lin, T., Zhang, L., Wan, J., Chen, C.-M., & Li, J. (2025). Energy price uncertainty and renewable energy technological innovation: Evidence from listed Chinese firms. *Energy Economics*, 132, 107456.

- <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85217084133&origin=resultslist>
- López Carbajal, A., & Larraín, S. (2024). Insistir en el gas como combustible para la transición energética es un error. *El País*. <https://elpais.com/opinion/2024-09-04/insistir-en-el-gas-como-combustible-para-la-transicion-energetica-es-un-error.html>
- Nadaleti, W., de Souza, E., & Lourenço, V. (2021). Green hydrogen-based pathways and alternatives: Towards the renewable energy transition in South America's regions – Part B. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(71), 35227–35238. <https://consensus.app/papers/green-hydrogenbased-pathways-and-alternatives-towards-nadaleti-souza/daeac0e02f3a5e9db8b7810ef154a67e/>
- Nasirov, S., & Girard, A. (2021). Expansion of renewable energy in Chile: Analysis of the effects on employment. *Energy*, 226, 120410. <https://consensus.app/papers/expansion-of-renewable-energy-in-chile-analysis-of-the-nasirov-girard/72bcefa0b01355848d0d7a159265800c/>
- Observatorio Nacional de Prospectiva. (2024). *Crisis energética*. Observatorio Nacional de Prospectiva. https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/r16_2024
- OLADE. (2017). *Modelos de negocio para mini-redes en América Latina*. Organización Latinoamericana de Energía. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00760.pdf>
- Organización Latinoamericana de Energía. (2023). *Estrategia para una América Latina y el Caribe más renovable*. Organización Latinoamericana de Energía. https://www.olade.org/wp-content/uploads/2023/03/Estrategia-para-una-America-Latina-y-el-Caribe-mas-renovable_VF.pdf
- Ponce, P., Álvarez-García, J., & Medina, J. (2021). Financial development, clean energy, and human capital: Roadmap towards sustainable growth in América Latina. *Energies*, 14(13), 3763. <https://consensus.app/papers/financial-development-clean-energy-and-human-capital-ponce-álvarez-garcía/2e64b3a7c03a5096a97dc85e29d54a77/>
- Power for All. (2019). *US\$220 Billion Needed to Build Mini-grids for Half a Billion People*. https://www.powerforall.org/application/files/8915/6707/2339/RS__US220_billion_needed_to_build_mini-grids_for_half_a_billion_people3.pdf

- Primicias. (2024). 2024: El año en que se fue y regresó la luz. *Primicias*.
<https://www.primicias.ec/economia/crisis-electricidad-cortes-luz-resumen2024-86508/>
- ProColombia. (2024). *Renewable energy*. Invest in Colombia.
<https://investincolombia.com.co/en/sectors/energy/renewable-energy>
- Real Instituto Elcano. (2025). *La volatilidad de los precios energéticos y su efecto sobre la industria*. Real Instituto Elcano. <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/la-volatilidad-de-los-precios-energeticos-y-su-efecto-sobre-la-industria/>
- Reuters. (2025, February 5). Presidente de Colombia pide vender operación de fracking de Ecopetrol en EE. UU. *Reuters*.
<https://www.reuters.com/latam/negocio/37AETXEJIVLQVCGEG3DN2KFBZM-2025-02-05/>
- Rhenals-Julio, J. D., Martínez, H. A., Oviedo, M. D., Arango, J. F., & Fandiño, J. M. M. (2025). Economic assessment of the potential for renewable based micro generation systems: An application in a university building. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 15(1). <https://doi.org/10.32479/ijeep.17423>
- Rocha, C. M. M., Buelvas, D. A., Machado, I. V., & Peña, J. P. (2025). Optimized selection of renewable energy sources based on regional potentials in Colombia: A comparative analysis of AHP and FAHP for sustainable development. *International Journal of Energy Research*, 2025(1), 9257724. <https://doi.org/10.1155/er/9257724>
- Sadiq, M., Mayyas, A., & Wei, M. (2025). A standardized parametric framework for techno-economic analysis of renewable and clean energy systems. *Renewable Energy*, 223, 120456. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85216514620&origin=resultslist>
- Shadman, M., Roldan-Carvajal, M., & Pierart, F. G. (2023). A review of offshore renewable energy in South America: Status and future perspectives. *Energies*, 16(1), 99. <https://consensus.app/papers/a-review-of-offshore-renewable-energy-in-south-america-shadman-roldan-carvajal/11cbe0f5e5335a86acdfe170ba01f53a/>
- Silva-Martínez, R., Sanches-Pereira, A., Ortiz, W., Galindo, M., & Coelho, S. (2020). The state-of-the-art of organic waste to energy in Latin America and the Caribbean: Challenges and opportunities. *Renewable Energy*, 159, 996–1008. <https://consensus.app/papers/the-stateoftheart-of-organic-waste-to-energy-in-latin-silva-martínez-sanches-pereira/2e4a606ab53e5241b11eb6f3ca32e9b2/>

- Silva, N., Fuinhas, J., & Koengkan, M. (2021). Assessing the advancement of new renewable energy sources in Latin American and Caribbean countries. *Energy*, 237, 121611. <https://consensus.app/papers/assessing-the-advancement-of-new-renewable-energy-sources-silva-fuinhas/a6f261636e995882a89c3d68786cc884/>
- Tamborrel, A., et al. (2023). *Transición energética en Latinoamérica: ¿Hacia dónde vamos?* Instituto de Ambiente de Estocolmo. <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2023/01/transicion-energetica-sei2023.002.pdf>
- UPME. (2024). *Reportes de planificación energética*. Unidad de Planeación Minero-Energética.
- XM. (2024). *Reportes del SIN*. XM Compañía de Expertos en Mercados.

Anexos

Tabla de Anexos

Anexo 1	Herramienta Guía para las Entrevistas.....	103
Anexo 2	Estudios de Caso	131
Anexo 3	Entrevistas a Expertos	135

Anexo 1 Herramienta Guía para las Entrevistas

Tabla 4.

Variable	Preguntas
Integración tecnológica y digitalización del sistema energético	¿Cuántas plataformas digitales dedicadas a la gestión, monitoreo o comercialización de energía renovable se encuentran actualmente operando en Colombia? ¿Qué tipo de funciones ofrecen estas plataformas (e.g., balanceo de carga, monitoreo en tiempo real, comercio de excedentes)? ¿Qué porcentaje de las empresas del sector energético colombiano ha adoptado alguna de estas plataformas en los últimos tres años? ¿Qué tipos de inteligencia artificial están siendo utilizadas por empresas energéticas para optimizar procesos de generación, consumo o predicción de demanda? ¿Cuál es el impacto medido del uso de IA en términos de eficiencia operativa o reducción de costos energéticos en

	las empresas que la implementan? ¿Qué barreras enfrentan las empresas colombianas para adoptar soluciones de IA en el sector energético (económicas, técnicas o regulatorias)? ¿Qué porcentaje de PYMES en el sector energético colombiano ha integrado soluciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT) en sus operaciones? ¿Qué tipos de dispositivos IoT son más utilizados por estas PYMES (e.g., sensores de consumo, redes inteligentes, controladores remotos)? ¿De qué manera ha contribuido la implementación de IoT en PYMES a la mejora en eficiencia energética o reducción de pérdidas?
Políticas públicas y efectividad en la implementación de energías renovables/ Transición energética en regiones aisladas en Colombia	¿Qué políticas públicas específicas han sido implementadas en Colombia en los últimos cinco años para incentivar la inversión en energías renovables? ¿Qué resultados concretos han tenido estas políticas en términos de nuevos

	proyectos iniciados, inversión privada o cobertura energética? ¿Qué limitaciones o fallas han sido identificadas por expertos o empresas frente a la ejecución de dichas políticas? ¿Cuáles son los principales requisitos legales y normativos que deben cumplir los proyectos de energías renovables en Colombia? ¿Qué tan ágil y eficiente es el proceso de licenciamiento o aprobación para nuevos proyectos energéticos en el país? ¿Qué obstáculos regulatorios enfrentan las empresas interesadas en invertir en generación renovable? ¿Cuál es la capacidad instalada actual de energías renovables aprobada por las autoridades regulatorias en Colombia? ¿Qué proporción de esa capacidad instalada corresponde efectivamente a proyectos en operación y cuáles están detenidos o en trámite?
--	--

	¿Qué factores técnicos, institucionales o territoriales limitan el aprovechamiento total de la capacidad energética aprobada? ¿Qué tipo de fuentes renovables (solar, eólica, híbrida) están siendo utilizadas actualmente en regiones no interconectadas del país? ¿Con qué frecuencia se presentan interrupciones o variaciones en la generación de energía renovable en estas zonas? ¿Qué estrategias técnicas están implementando las empresas o comunidades para mitigar la intermitencia de los recursos energéticos? ¿Cuál es el rango promedio de inversión inicial requerido para desarrollar proyectos de energía renovable en regiones aisladas de Colombia? ¿Qué actores (empresas, gobierno, cooperación internacional) están
--	--

	financiando estos proyectos y bajo qué esquemas? ¿Qué barreras económicas enfrentan los proyectos energéticos en zonas no interconectadas al momento de ejecutarse? ¿Cuál es el costo promedio del kilovatio-hora (kWh) en regiones no interconectadas con fuentes fósiles vs. renovables? ¿Cómo ha cambiado el costo de la electricidad en comunidades donde ya se ha implementado generación renovable local? ¿Qué impacto tienen los costos energéticos actuales sobre la actividad económica y la calidad de vida de los habitantes en estas zonas?
Modelos de negocio circulares en energías renovables/ Marco económico y competitividad	Indicador: Impactos sociales ¿Qué beneficios sociales han reportado las comunidades que participan en modelos de negocio circulares basados en energías renovables?

	¿Cómo contribuyen estos modelos a la generación de empleo local, inclusión social o fortalecimiento comunitario? ¿Qué mecanismos existen para que las comunidades tengan participación o gobernanza en los proyectos circulares? ¿Cuál es el retorno económico promedio que han generado los modelos circulares implementados en el sector energético colombiano o latinoamericano? ¿Qué elementos hacen económicamente viable este tipo de modelos frente a alternativas convencionales? ¿Qué barreras enfrentan las empresas para escalar o replicar modelos de negocio circulares en otras regiones o sectores? ¿Qué indicadores se utilizan para medir el impacto ambiental de los modelos circulares en proyectos de energía renovable (ej. reducción de emisiones, uso eficiente de recursos)?
--	--

	¿De qué manera estos modelos promueven la valorización de residuos, la economía circular o la reducción de externalidades negativas? ¿Qué diferencias se han identificado entre proyectos con enfoque circular y aquellos sin este componente en términos de sostenibilidad ambiental? ¿Cuál ha sido la Tasa Interna de Retorno promedio de los proyectos de energía renovable implementados en Colombia en los últimos cinco años? ¿Qué factores (tecnológicos, territoriales o financieros) inciden más en la variabilidad de la TIR en estos proyectos? ¿Cómo se compara la TIR de proyectos renovables frente a inversiones en otras fuentes energéticas tradicionales en el país? ¿Qué tipos de incentivos fiscales existen actualmente en Colombia para promover la inversión en energías renovables?
--	---

	¿Cómo influyen estos incentivos en la decisión de inversión de empresas del sector energético? ¿Qué limitaciones o desafíos enfrentan las empresas al momento de acceder o aplicar a estos beneficios tributarios? ¿Cuál es el LCOE promedio de los proyectos de energía solar, eólica o híbrida desarrollados recientemente en Colombia? ¿Qué variables (capacidad instalada, tecnología utilizada, escala del proyecto) afectan más significativamente el LCOE en el contexto colombiano? ¿Qué ventajas competitivas ofrece un LCOE bajo para atraer inversión privada al sector de energías renovables?
--	---

9.5 Variable 1: Integración tecnológica y digitalización del sistema energético

Tabla 5..

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento	Pregunta de Medición	Autor
----------	-----------	-----------	-------------	----------------------	-------

Integración tecnológica y digitalización del sistema energético	Plataformas digitales	Número de plataformas digitales activas	Revisión documental	• ¿Cuántas plataformas digitales dedicadas a la gestión, monitoreo o comercialización de energía renovable se encuentran actualmente operando en Colombia? • ¿Qué tipo de funciones ofrecen estas plataformas (e.g., balanceo de carga, monitoreo en tiempo real, comercio de excedentes)? • ¿Qué porcentaje de las empresas del sector energético colombiano	Rocha et al. (2025)
---	-----------------------	---	---------------------	---	---------------------

				ha adoptado alguna de estas plataformas en los últimos tres años?	
Integración tecnológica y digitalización del sistema energético	Inteligencia Artificial	Empresas que usan IA energética	Entrevista semiestructurada	• ¿Qué tipos de inteligencia artificial están siendo utilizadas por empresas energéticas para optimizar procesos de generación, consumo o predicción de demanda? • ¿Cuál es el impacto medido del uso de IA en términos de eficiencia operativa o reducción de costos	Chernova et al. (2025)

				energéticos en las empresas que la implementan ? • ¿Qué barreras enfrentan las empresas colombianas para adoptar soluciones de IA en el sector energético (económicas, técnicas o regulatorias)?	
Integración tecnológica y digitalización del sistema energético	Internet de las Cosas (IoT)	PYMES con soluciones IoT	Encuesta a PYMES	• ¿Qué porcentaje de PYMES en el sector energético colombiano ha integrado soluciones basadas en el Internet de las Cosas	Lin et al. (2025)

				(IoT) en sus operaciones? • ¿Qué tipos de dispositivos IoT son más utilizados por estas PYMES (e.g., sensores de consumo, redes inteligentes, controladores remotos)? • ¿De qué manera ha contribuido la implementación de IoT en PYMES a la mejora en eficiencia energética o reducción de pérdidas?	
--	--	--	--	---	--

9.6 Variable 2: Políticas públicas y efectividad en la implementación de energías renovables

Tabla 6.

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento	Pregunta de Medición	Autor
Políticas públicas y efectividad en la implementación de energías renovables	Efectividad de políticas	Efectividad de políticas públicas	Revisión documental	¿Qué políticas públicas específicas han sido implementadas en Colombia en los últimos cinco años para incentivar la inversión en energías renovables? ¿Qué resultados concretos han tenido estas políticas en términos de nuevos proyectos iniciados,	Bersalli et al. (2020)

				inversión privada o cobertura energética ? • ¿Qué limitaciones o fallas han sido identificadas por expertos o empresas frente a la ejecución de dichas políticas?	
Políticas públicas y efectividad en la implementación de energías renovables	Reglamentación	Reglamentación de proyectos energéticos	Entrevista semiestructurada	• ¿Cuáles son los principales requisitos legales y normativos que deben cumplir los proyectos de energías renovables	International Energy Agency (2023)

				en Colombia? • ¿Qué tan ágil y eficiente es el proceso de licenciamiento o aprobación para nuevos proyectos energéticos en el país? • ¿Qué obstáculos regulatorios enfrentan las empresas interesadas en invertir en generación renovable?	
Políticas públicas y efectividad	Capacidad instalada	Capacidad instalada	Análisis de datos secundarios	• ¿Cuál es la capacidad instalada	CEAPI (2022)

en la implementa ción de energías renovables		permitida y viable		actual de energías renovables aprobada por las autoridade s regulatoria s en Colombia? • ¿Qué proporción de esa capacidad instalada corresponde efectivame nte a proyectos en operación y cuáles están detenidos o en trámite? • ¿Qué factores técnicos, instituciona	
--	--	-----------------------	--	---	--

				les o territoriales limitan el aprovechamiento total de la capacidad energética aprobada?	
Políticas públicas y efectividad en la implementación de energías renovables	Transición energética en regiones aisladas	Intermitencia de recursos	Entrevista semiestructurada	¿Qué tipo de fuentes renovables (solar, eólica, híbrida) están siendo utilizadas actualmente en regiones no interconectadas del país? ¿Con qué frecuencia se presentan interrupcio	Hotzinger et al. (2025)

				nes o variaciones en la generación de energía renovable en estas zonas? • ¿Qué estrategias técnicas están implementando las empresas o comunidades para mitigar la intermitencia de los recursos energéticos?	
Políticas públicas y efectividad en la implementación de	Inversión en regiones aisladas	Inversión inicial	Revisión documental	• ¿Cuál es el rango promedio de inversión inicial	BID (2024)

energías renovables				requerido para desarrollar proyectos de energía renovable en regiones aisladas de Colombia? • ¿Qué actores (empresas, gobierno, cooperación internacional) están financiando estos proyectos y bajo qué esquemas? • ¿Qué barreras económicas enfrentan los proyectos energéticos	
---------------------	--	--	--	--	--

				s en zonas no interconectadas al momento de ejecutarse ?	
Políticas públicas y efectividad en la implementación de energías renovables	Costos en regiones aisladas	Costos de electricidad	Análisis de datos secundarios	¿Cuál es el costo promedio del kilovatio-hora (kWh) en regiones no interconectadas con fuentes fósiles vs. renovables ? ¿Cómo ha cambiado el costo de la electricidad en comunidad	Rocha et al. (2025)

				es donde ya se ha implementado generación renovable local? • ¿Qué impacto tienen los costos energéticos actuales sobre la actividad económica y la calidad de vida de los habitantes en estas zonas?	
--	--	--	--	---	--

9.7 Variable 3: Modelos de negocio circulares en energías renovables

Tabla 7.

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento	Pregunta de Medición	Autor
Modelos de negocio	Impacto social	Impactos sociales	Entrevista semiestructurada	• ¿Qué beneficios sociales han	Rocha et al. (2025)

circular s en energías renovables				reportado las comunidades que participan en modelos de negocio circulares basados en energías renovables? • ¿Cómo contribuyen estos modelos a la generación de empleo local, inclusión social o fortalecimiento comunitario? • ¿Qué mecanismos existen para que las comunidades tengan participación o gobernanza	
--	--	--	--	---	--

				en los proyectos circulares?	
Modelos de negocio circulares en energías renovables	Viabilidad económica	Remuneración económica	Análisis de datos secundarios	¿Cuál es el retorno económico promedio que han generado los modelos circulares implementados en el sector energético colombiano o latinoamericano? ¿Qué elementos hacen económicamente viable este tipo de modelos frente a alternativas convencionales?	BID (2024)

				• ¿Qué barreras enfrentan las empresas para escalar o replicar modelos de negocio circulares en otras regiones o sectores?	
Modelos de negocio circulares en energías renovables	Sostenibilidad ambiental	Impacto ambiental	Revisión documental	• ¿Qué indicadores se utilizan para medir el impacto ambiental de los modelos circulares en proyectos de energía renovable (ej. reducción de emisiones, uso eficiente de recursos)?	Bersalli et al. (2020)

				• ¿De qué manera estos modelos promueven la valorización de residuos, la economía circular o la reducción de externalidad es negativas? • ¿Qué diferencias se han identificado entre proyectos con enfoque circular y aquellos sin este componente en términos de sostenibilidad ambiental?	
--	--	--	--	--	--

Modelos de negocio circulares en energías renovables	Marco económico y competitividad	TIR	Análisis de datos secundarios	• ¿Cuál es la Tasa Interna de Retorno promedio de los proyectos de energía renovable implementados en Colombia en los últimos cinco años? • ¿Qué factores (tecnológicos, territoriales o financieros) inciden más en la variabilidad de la TIR en estos proyectos? • ¿Cómo se compara la TIR de proyectos renovables frente a inversiones	International Energy Agency (2023)
--	----------------------------------	-----	-------------------------------	---	------------------------------------

				en otras fuentes energéticas tradicionales en el país?	
Modelos de negocio circulares en energías renovables	Incentivos económicos	Incentivos fiscales	Entrevista semiestructurada	• ¿Qué tipos de incentivos fiscales existen actualmente en Colombia para promover la inversión en energías renovables? • ¿Cómo influyen estos incentivos en la decisión de inversión de empresas del sector energético? • ¿Qué limitaciones o desafíos enfrentan las empresas al	CEAPI (2022)

				momento de acceder o aplicar a estos beneficios tributarios?	
Modelos de negocio circulares en energías renovables	Competitividad económica	LCOE (Costo Nivelado de la Energía)	Análisis de datos secundarios	• ¿Cuál es el LCOE promedio de los proyectos de energías renovables actualmente en Colombia? • ¿Qué variables (capacidad instalada, tecnología utilizada, escala del proyecto) afectan más significativamente el LCOE en el contexto colombiano?	Hotzinger et al. (2025)

				• ¿Qué ventajas competitivas ofrece un LCOE bajo para atraer inversión privada al sector de energías renovables?	
--	--	--	--	--	--

Anexo 2

Estudios de Caso

9.7.1 Caso de Estudio KLIK (Luis Carlos Parra)

Objeto del anexo: Organización temática de notas tomadas en entrevista para incluir en la tesis. Redacción fiel a los contenidos expresados por el entrevistado, sin interpretación externa.

1) Contexto general

Empresa / tema: KLIK — respuesta de la demanda (demand response) y digitalización del consumo energético

Modelo base: Estímulos *técnicos y económicos* para que la demanda adopte un rol activo

Mecanismo central: **Desconexión voluntaria** y gestionada; los clientes **ganan dinero** por su **disposición** y/o por **desconexión efectiva** según condiciones del sistema

Antigüedad: Operación desde **2016**

2) Modelo de negocio y operación

Caracterización del consumo: KLIK **caracteriza** detalladamente cómo consume cada cliente (curvas, horarios, flexibilidad)

Oferta de reducción: La plataforma **ofrece la posibilidad de reducir consumo** cuando el sistema lo requiere

Monetización:

En **condiciones normales**, el cliente **recibe pagos por su disposición** a desconectarse (stand-by de flexibilidad)

En **escasez energética**, el énfasis pasa de disponibilidad a la **desconexión real** (el Estado incentiva la activación efectiva)

Digitalización: KLIK **digitaliza** el proceso: condiciones, ventanas de activación, reglas y verificación

Condiciones del cliente: Se evalúan **condiciones propias**, **costo de oportunidad** y protocolos de **cómo desconectarse**

Evolución reciente: El **último año** el esquema se volvió **más agresivo/exigente** en activaciones y cumplimiento

3) Plataforma y nuevo producto

Mejora de plataforma: Se **mejoró la plataforma** para **comercializar energía** y gestionar flexibilidad

Datos en tiempo real + IA: Visualización **en tiempo real** del consumo; uso de **IA** para ofrecer **consumo por bloques** y optimizar

Tarifas horarias por bloques: Ofertas de **tarifa diferenciada** según **tramos horarios** y **bloques** de consumo

Resultados en clientes: Las empresas participantes **ahorran ~13%** de energía

Efecto en despacho: Favorece **energía más limpia y barata**; evita que **entren térmicas** (las más caras)

4) Confiabilidad del sistema y señales económicas

Cargo por Confiabilidad (CxC):

Se menciona que el **CxC se financia desde “restricciones”** del sistema

Posición de KLIK: No debería **eliminarse** el CxC

Contingencia: En **escasez energética**, la **respuesta de la demanda** es el **único método de contingencia** disponible de forma inmediata

Comparativo regional: **Colombia no se apagó; Ecuador sí**

Se plantea la pregunta: **¿Cuánto le costó a Ecuador** 12 horas de racionamiento diarias por 6 meses?

5) Dinámica de oferta–demanda y almacenamiento

Tendencia: **Mayor crecimiento de la demanda** (industrialización)

vs **problemas** para que nuevos generadores entren (sociales, ambientales)

Implicación: **Mucha demanda / poca oferta** → necesidad de **empoderar la demanda** con oportunidades económicas de **ahorro y disponibilidad**

Flexibilidad y baterías:

Si hay **alta oferta** en horas con **demanda concentrada** en otras, se requerirían **muchas baterías**

Oportunidad: **Almacenar** cuando hay exceso y **vender** cuando se necesita

Advertencia: Baterías con **problemas ambientales y sociales**, con **repercusiones** especialmente en países con **democracias más débiles**

6) Política pública, regulación y riesgos

Dependencia regulatoria:

Riesgo de que **todo cambie** y lo que **beneficiaba** deje de hacerlo

Si un negocio depende **solo de regulación** y **no** de un **plan nacional**, el negocio **se afecta**

“La magia sucede cuando ambos crean condiciones óptimas” (regulación + plan de largo plazo)

Riesgo país: **Alto**; poca inversión; **problemas sociales**

Necesidad: **Marco regulatorio ágil** para ejecutar **a tiempo y en forma**

7) Transición energética y visión del entrevistado

Posición personal: Votó por **Petro** por la **transición** (diversificar, dejar petróleo y carbón)

Viabilidad temporal: Está **seguro** de que la **transición es posible** en **~10 años**

Enfoque transversal: La transición debe ser una **línea transversal** (más allá de izquierda/derecha)

Capital humano: Incentivar a jóvenes a estudiar ingenierías

8) Tarifas y subsidios

Esquema actual: En Colombia, **estratos 1–3** están **subsidiados** (con aportes de **estratos altos** y **algunas industrias**)

Propuesta en discusión: El **gobierno actual** buscaría **extender** los aportes a **todas las industrias** → **subiría** costos empresariales

Cuestión clave: ¿Qué es viable y qué no? en términos de competitividad y estructura tarifaria

Percepción: La gente paga mucho por la energía

9) Integración regional y nuevos negocios

Mercado regional: Hablar con otros países para un **mercado más competitivo**

Ecopetrol: Potenciales líneas en **amoniaco, hidrógeno, biomasa**

10) Clientes y casos citados

Empresas que han participado: Bavaria, Claro, Tigo, Movistar, Alquilería, Diageo, entre otras

Demostración: Con **beneficios económicos** a demanda grande **sí cambian comportamientos**

11) Aspectos financieros a documentar en la tesis

WACC y Ke: Incluir explícitamente **WACC** (costo de capital promedio ponderado) y **Ke** (costo del equity) para:

Valorar **costo de oportunidad** de desconexión/producción

Comparar **señales de precio** vs inversiones en **flexibilidad y almacenamiento**

Evaluar **impacto tarifario** y **competitividad** sectorial

12) Ideas-clave (lista rápida)

Demanda **activa** como **seguro** del sistema; **pagos por disposición** y por **desconexión efectiva**

Plataforma + IA con **tarifas por bloques** → ~13% de ahorro en empresas

Evita térmicas, favorece energía **limpia y barata**

CxC no debería eliminarse; **respuesta de la demanda** = **contingencia** en escasez

Riesgo regulatorio alto; requiere **plan nacional + reglas estables**

Transición posible en 10 años con marco ágil y talento

Subsidios y carga a industrias: definir **viabilidad y competitividad**

Integración regional y nuevos vectores (**H2, NH3, biomasa**)

Notas adicionales del entrevistado

“Hay economías que no han podido replicar el modelo de Colombia para evitar apagones.”

“Empoderar con oportunidades económicas de ahorro y disponibilidad energética.”

Anexo 3

Entrevistas a Expertos

9.7.2 Entrevista #1: Juan Daniel González Calvo (Asobancaria)

A continuación, se adjunta la transcripción de la entrevista.

José Daniel González Calvo

Ya, ya ahora sí mi nombre, pues es Daniel González. Soy libre de sostenibilidad en bancaria, donde tengo la oportunidad de liderar todo el tema. Relacionado, productos y servicios verdes, es decir, lo que se ofrece desde la banca, acompañar el desarrollo de estos temas como bioeconomía, economía circular hidrogeno, ganadería sostenible y pues muchos de estos tienen que ir justamente con temas de transición.

Andres Mauricio Combariza Salazar 0:12

Ya.

Jose Daniel González Calvo 0:33

El tema de transición lo manejamos entre 310, pero pues digamos que cada uno tiene como cierto tipo de líneas definidas y asimismo soy el encargado también como de toda la línea de gobernanza, desde ese triple impacto, ambiental, social y gobernanza, pues también acompaña como toda esa línea en especial, así como todo el tema de reporte y gestión gremial.

Ya, pues también visto clase en la javeriana de la protesta, en el externado y bueno, ahí me he desempeñado también en varias cosas relacionadas al tema.

Andres Mauricio Combariza Salazar 1:03

Súper Daniel, buenísimo. 1000. Gracias por ahí la presentación. Bueno, pues nosotros así muy rápidamente, antes de ya pasar como a hacerte un par de preguntas o presentarnos este este proyecto de grado lo estamos haciendo Simón cure y yo, ambos somos estudiantes de administración, de empresas del Cesa, estamos en último semestre y como como te explicamos muy brevemente en el correo.

El proyecto se trata de una exploración acerca de modelos de negocio relacionados con energías renovables o energías alternativas que existan actualmente en el mercado. ¿Entonces, pues, como de acuerdo a tu perfil y lo que nos comentabas, nuestra primera pregunta sería para tí?

¿Desde ASO Bancaria, Cómo describirías o cómo percibes tú la crisis energética que se vive hoy y cómo esta es un riesgo tanto para la banca y para las personas? Y si tienes de pronto, algún ejemplo en lo que lo puedas ver, te agradeceríamos un montón.

Jose Daniel González Calvo 2:03

O K creo que me está haciendo.

O K creo que me están viendo.

Ya me escuchan ahí.

Andres Mauricio Combariza Salazar 2:11

Perfecto.

Jose Daniel González Calvo 2:12

Listo que está generando retorno en frente a la crisis que quisiera iniciar con eso el tema de la crisis hay, hay un concepto que utiliza Edgar Morín, no me acuerdo en qué libro es el tema de la polí crisis y es una crisis que se mezclan muchas

cosas. Crisis climática, crisis en temas energéticos, crisis política, crisis económica.

Y de una u otra manera, nunca hemos salido de las crisis, o sea, como que siempre llegaron 1111. ¿A qué voy con esto? Que estas crisis claramente traen unos retos que conlleva actuar pero, pues, YY sonar tan súper optimista, pero pues sierra y como también trae unas oportunidades desde el ámbito de sostenibilidad. Nosotros leemos una gran oportunidad y es el tener que acelerar. Ya no es la posibilidad, sino el tener que acelerar.

El recambio de muchas de las energías que nosotros utilizamos por energías más limpias desde, por ejemplo, parque automotriz Ahorita, pues un gran ejemplo, pues todo lo que ha hecho toda la empresa de Transmilenio, de sus llenas de CITP conectando por buses eléctricos, ahorita llevan un proyecto ya hace algunos años para tener el primer.

Bus que funcione con energía a base de hidrógeno del uso del hidrógeno, que se extrae por el medio de la electrolisis. Creo que es de del agua y que eso pues pase de funcionamiento, que no tenga ningún tema complicado por lo menos no sé con las baterías que se han dicho de todo el tema eléctrico que pueda después llegar a contaminar más y más, que sea una energía totalmente linda.

Entonces para mí es un proceso que puede llegar a acelerar ese cambio que sí o sí necesitamos, leí hasta mañana que el Ecopetrol lanzó el primer no y el parque más grande eólico, sino estoy mal ahí lo pueden ver, creo que lo informes justo hoy salió la noticia entonces, como incluso estas industrias, pues yo ya hacia el futuro YYYY ya es más presión personal hasta el mismo competencia de su nombre, su propio nombre para, pues tener sentido.

Que están haciendo personas que principalmente están impulsando esa industria en carga muera, ejemplos que fue lo que me pediste profundizar en Cartagena y 6 ya. Por ejemplo, trae muy buenos pilotos para todo el tema de cargos junto con Toyota, también de la mano Petro viene impulsando esto es esto no solamente es como claramente porque como no queda uno solo una palabra, crisis, porque siempre crisis van a dar de todo, sino es bueno.

Es lo que nos conlleva tomar acciones como país, pues no dejamos de ser un país

que muchas veces está siguiendo lo que pasa en Europa, siguiendo lo que pasa en Estados Unidos, y si bien este no es un caso perceptualmente, o sea, Alemania nos lleva años en todo el tema del hidrógeno, somos un país que puede llegar a producir muchas cosas más ahora desde el sector financiero esto como está repercutiendo, nos encontramos en estos momentos en la construcción de una guía para promover el financiamiento.

¿Entonces, por ejemplo, el hidrógeno a base de o sea, para la base de la transición en diferentes proyectos, qué pasa? Los números están muy alejados desde lo rentable que puede llegar a ser un proyecto, a lo que puede llegar a ser 111 banco. Entonces ahí viene a trabajar sin temas como por ejemplo el Blender Finance, que pues lo que se busca es como pues por medio de un.

Facility que de pronto pueda llegar a sacar el Gobierno. Impulsar este tipo de proyectos y que el resto del financiamiento, si venga por parte de la banca. Esto, pues hablando de hidrogenes de esa parte de transición, ahora en transición es mucho más y para llegar a transición y aquí algo muy importante, y es el ahí, hay que llevar, o sea, no podemos simplemente decir dejamos de volar aviones por el tipo de combustible que están.

No es como los llevamos a una energía limpia, entonces es, es como muy proceso y mental. Si bien la transición no es el fin y valga la redundancia, es el proceso que se lleva. No es algo que podemos olvidar Ahorita, pues por ejemplo, hay una taxonomía, que es la taxonomía verde de Colombia, que es una taxonomía en tema de mitigación, es decir, ya todo lo que exactamente es verde.

¿Pero entonces, qué pasa con esa transición? ¿Qué necesita en este momento Colombia? ¿Entender qué se define como transición? Yo puedo decir que un proyecto de bioeconomía puede ser transición, como puede ser verde. En ese momento solo sabemos que es verde, no sabemos qué es transición exactamente. Entonces justo esta mañana no, no nos consultaban desde proyectos Nexus, creo que se llama que es un es de la universidad nacional y los pueden ahí contactar. ¿Y ellos saben que están hablando en un tema justamente de transición, donde lo que les queremos también pedir es que incluyan esa llamémosla pre taxonomía y taxonomía? No sé si están familiarizados con el término y es como justamente

entender que definimos por algo, entonces la pre taxonomía, Eh, de transición. ¿Por qué pre? Porque una taxonomía sola puede emitir una superintendencia, un gobierno como tal para saber cómo se maneja en el Gobierno, pero una pre taxonomía.

No se tiene a tener hoy este sector se entiende como como transición. Sector mineral sí, claramente y tiene un impacto grande, pero hay que apoyar la minería por un proceso de transición hasta poder. Al llegar al tema en el que se dé su efecto. No sé si me hago entender.

Andres Mauricio Combariza Salazar 7:03

Sí, sí, sí. ¿Daniel Super, pues a mí me parece muy interesante y creo que justo va relacionada con la con la siguiente pregunta y es mencionabas qué?

Simón Cure 7:04

Sí.

Andres Mauricio Combariza Salazar 7:15

Ya no es una posibilidad de cambio de hacer una transición, sino como una necesidad que ya el país está teniendo. ¿Y bajo tu experiencia, tú cuál crees que son los segmentos que tanto has visto? Los que se ha enfocado más la industria en hacer ese cambio o en los que deberían también. Enfocarse un poco más.

Jose Daniel González Calvo 7:38

Les voy a dejar porque creo que aquí también les puede ayudar un poquito una columna, perdón acá el diseño, una columna que escribió nuestro presidente barato Malagón y claramente también le colaboramos, que también resuelve, eso te lo voy a contar, pero ahí pueden llegar a profundizar. En cierto momento, si bien pues en temas de sectores como te digo, la idea es abarcar justamente esos que son altamente contaminantes.

Transporte aéreo el tema de minería creo que se pues el tema de construcción e

incluso pues hay también no solo desde transición energética sino la transición, ya viene a ser algo mucho más amplio y eso a eso es a lo que hoy que me hace falta una taxonomía, entender porque pues bueno, podemos escuchar transición justa, transición energética, transición energética justa, solo transición y creemos que todos estamos hablando.

No estamos hablando todos de lo mismo. Entonces, por ejemplo hay yo. Yo me iría por los sectores que justamente también están priorizados por la misma Taxonomía verde que si bien estos son muy verde, cae la redundancia. Son. Son sectores, pues que de una otra forma están priorizados porque son necesarios. Entonces está sector energético, sector construcción, le fallé aquí con la memoria un segundito.

Que no quiero decir.

No quiere decir de pronto algo de lo cual es una de las que revece entonces está sector energético. Sector manufactura. Bueno, este no tanto en gran transición, construcción, sector, transporte. El sector de gestión de residuos y uso del agua y pues todo el tema, Alfo, alfo es todo el uso de Tierra. Agricultura, ganadería y floristería. Somos un país altamente ganadero, no podemos dejar de llegar y decir simplemente como la ganadería, ya sabiendo el impacto que esto genera es como.

Lo llevamos a procesos de transición, que si no, si no están, pues ya en un mundo para poder, nosotros también llegarnos impulsar desde la banca. ¿Cómo se hace? Primero, entendiendo el mercado aquí en y muchas veces nos critican como ustedes. No, no entienden lo que pasa, al contrario, tenemos que entenderlo mucho antes para poder generar proyectos, productos que puedan llegar a servir para financiar estos a futuro, entonces no.

Y que haga como con esos sectores y al igual ahí en la columna seguramente podrán profundizar un poquito.

Andres Mauricio Combariza Salazar 9:53

¿Perfecto, no? YY esa columna, la verdad, buenísimo, 1000 gracias ahí por darnos ese tipo también. Bueno, no súper bien ahora, pasando más allá, como un

contraste de las oportunidades. ¿Tú cuales crees que son las mayores limitaciones que se han venido presentando en los últimos años con respecto a esta transición?

¿Crees que puede ser un tema? ¿No sé de tiempos de incentivos o de licenciamiento, como cuál? ¿Cuál crees tú que ha sido el la traba más grande que se ha visto en todo este proceso?

Jose Daniel González Calvo 10:31

Frente a eso también les voy a compartir aquí un artículo que si no es solo de transición, responde mucho esa pregunta hacia la parte final en las bancas y economía son como publicaciones que sacamos semanalmente, hace 2 semanas sacamos uno que es de bonos temáticos y unos bonos temáticos nuevos, que son los MSS más.

Y ya entran los bonos de transición ya no existen solo los bonos verdes, los bonos soberanos, los bonos sociales, los buenos de transición. Ahí hay unas. Hay unos retos importantes para esa pregunta. Pues digo esto para que les pueda servir para profundizar. Respondiéndote la pregunta, el primero para infraestructura y por lo menos en hidrógeno. Lo que más hemos visto, el tema de infraestructura es muy complejo, porque es que tú no has.

Control de recarga de hidrógeno como le encuentro, Salta como recargas gasolina en tema algo tan sencillo como lo de la movilidad y tú no vas a Escalabilidad. En algunos en tema, por ejemplo de bioeconomía, tú no vas a poder llegar a decir que un proyecto de bioeconomía a base de uso del suelo pueda llegar a tener una escalabilidad como la puede llegar a tener un proyecto basado 100% por el uso de.

¿El petróleo, el gas y minero energéticos? ¿Bueno, entonces también es como escalabilidad? ¿Depende del tipo de proyecto y el tercero YY va muy racional a lo que sea realmente, pero en serio? Es, o sea, ha sido nuestra principal barriga y es que entendemos por transición, porque incluso al interior del sector muchas veces nos damos esas discusiones y eso, oiga, no, yo puedo entender como transición. Todo el tema de eléctrico, listo pero no eléctrico, ya sabemos que también está

generando un impacto y que va a llegar un momento en el cual lo vamos a tener que dejar de utilizar carros híbridos, por ejemplo. ¿Tú puedes decir que los carros híbridos son transición? Ahora bien, la Taxonomía Verde colombiana y el llegado a la ley colombiana para dejar de considerar los carros híbridos como elegibles para productos verdes, muy posiblemente dentro de.

Dentro de poco relativamente, pues que ya quiten todas las extensiones para con. Y yo diría ahí lo cuarto siempre me gusta, 3 puntos para necesito mover por 1/4 y es el uso consciente y el uso consciente. ¿El principal ejemplo de que pues en Colombia y en gran parte de Latinoamérica vayamos con esto, es que cuántos años llevamos enseñándonos a reciclar?

YY no es que sea cae más estrato, pero a lo que me refiero es como si es de algo tan simple que es la división de residuos, es tan complejo ahora imagínense cuando nos dicen Oye, la sucia tiene una camioneta que es híbrida, que la idea es que pueda utilizarla más como energía renovable que esta también tiene un sistema que le permite esto, pero pues por facilidad muchas personas van a preferir seguir utilizando gasolina por más de quizá híbrida. ¿Entonces, es eso que IU subconsciente también diría aquí esas cuatro visitas?

Simón Cure 13:19

Perfecto, quería tocar otro tema que ya mencionaste al principio, nos decías que íbamos acá en Colombia, nosotros usamos mucho ejemplo de afuera como para guiar esa transición o modelos o efectivos en esa transición energética y queríamos preguntar.

¿Desde la perspectiva de la banca, qué estructuras financieras han probado? Poder ser replicables en Colombia por la particularidad y particularidades que tiene Colombia como país para, pues, poder ser renovable y pues si puedes mencionar alguna transacción o algún esquema de estructura que sea un buen ejemplo para eso.

Jose Daniel González Calvo 14:00

Pues yo creo que toda la, la parte energética ha sido pionera, no solo en

Colombia, sino en la región, ya tienen proyectos que con cierre financiero que pues son atractivos, como los temas de energía, paneles solares, por ejemplo, temas como lo pueden ser también de eólicos. Este es un gran punto de partida. Ahora bien, hay algo y es y es con.

¿Luego, y es trasladar el esquema del modelo financiero que tienen uno frente a otro y este radica sobre todo en los riesgos, Eh? Nosotros saben que tomamos riesgos ambientales y sociales y qué pasa son, son muy diferentes los riesgos que podemos llegar a tener, de algo que adquirimos por medio de energía solar a algo que adquirimos por medio de energía.

Hídrica por medio de energía eólica por medio de energía base de hidrógeno por medio de bueno, etcétera. ¿Eso? Eso queda en energía ya replicables en otros, pues bueno, en construcción también ya están también con un proceso de transición y ahí también ya hay otro concepto. Además, a los que ya les decía una transición social.

Desde en los lugares en los que estoy, en las comunidades con las que trabajo que esta transición no me abra. Más brechas financieras, económicas, incluso, pues de todos los tipos que pueden llegar a hablar de brechas es, es, es fundamental, entonces me quedaría como hay unas que han funcionado, sin embargo, es muy difícil llegar y decir, las extrapolamos.

¿Qué aprendemos desde afuera? Ya bueno, digo Alemania, Europa ya, ya tienen avances en temas de hidrógeno en la región, Chile y este es un buen ejemplo para que lo revisen si le en temas de transición, pues diría que viene siendo buen pionero, casi siempre en México, Colombia y Chile son los primeros, habitan temas de sostenibilidad y eso da muchas oportunidades. Por otro lado, también a veces se están estas ventajas y eso y tengo un sector en el cuestión de trabajo, pero no hay, no, no hay una factura.

Japón viene trabajando un tema de transición grandísimo, en los cuales, pues también sus esquemas, ahorita no recuerdo por puntualmente, creo que eres del sector aéreo, ellos lanzaron un bono para el sector de transporte aéreo para que pudiera hacer un ejemplo de sostenibilidad del uso diario. Sí, eso es lo que me viene como a la cabeza.

Simón Cure 16:17

Buenísimo, y digamos que acá ya una pregunta más hacia nuestro lado de, pues de investigar y todo como que parte del de las dificultades, en especial nosotros, que pues estamos medio alejados del del sector energético o pues, o sea desde nuestro lado de los estudiantes y todo.

Parte de la dificultad es poder saber cuáles son los KPI para nuestra investigación, entonces digamos que sería muy valioso que pudieras dar tu opinión desde tu sector de decir, oiga, tenga en cuenta estos 2, o sea, si puedes, damos 2 o 3 KPIS que en verdad sean muy buenos para enfocar y cómo liderar más o menos hacia dónde llevar el tono y pues.

La cómo la comunicación de nuestra investigación.

Jose Daniel González Calvo 17:05

O K. O sea que me corchas un poco, no, no, esto nunca más. Pero justo en estos días estaba leyendo algo, no así lo encuentro, que hablaba justamente de eso y es el tipo de KPS que no llega a tener. No es lo mismo hablar de un rollo en un proyecto normal a lo que puede llegar a ser un proyecto de sostenibilidad.

También, sino entrar sin encuentro.

Y.

No, bueno a la buscar. ¿Y si algo se lo envié por correo no, no te podría ahorita comentar, no, no es como mi fuerte, entonces preferiría, Eh, ah, bueno, aquí ya me acordé el que les voy a compartir, es de es super sencillo YY hablar del por qué no? Basta solo con un rollo o con una TIR para tener sostenibilidad, este es un mano que él es profesor.

También en la Adriana es, es, es, tiene una maestría en tema de sostenibilidad y su contenido se me hace como chévere, porque pues es real, o sea, el sector real YYY muy educativo ahí cuento un poquito del por qué no un rollo o, o un actriz, simplemente.

Y creo que aquí es donde sí creo que este no, perdón, vamos a buscarlo con calma y si le encuentro se los comparte. ¿Justo estaba leyendo algo de KPI? De

cómo tener KPI para este tipo de proyectos, pero de la verdad no los tengo como en el bar, claramente, y aquí, pues vienen unos temas de impacto al inicio. Indudablemente va a ser tema de.

Simón Cure 18:33

De lo que no.

Jose Daniel González Calvo 18:48

¿De medición de alcance y es como, bueno cuántos proyectos estamos logrando? ¿Esto, a cuántos parque automotriz? ¿Cuántos estamos cambiando? Pero la realidad es como que necesitamos indicadores de impacto y en eso sí, y no solo en temas de transición, sino en todo el tema de sostenibilidad, pues muchas veces nos hace todavía falta por trabajar.

Simón Cure 19:06

O K, perfecto. Gracias por, pues ofrecer eso y por todo lo que nos has compartido ahí de fuentes que nos sirven y son muy valiosos para nuestra investigación, digamos que esta es una pregunta que no la tenía tan puesta, pero pues ahorita pensando y hablando sobre el tema, se me viene a la cabeza, es o sea, últimamente.

O pues, en general, la particularidad de los renovables y todo tanto en costos de implementación como en impacto verdadero. Ahorita mencionaba es un ejemplo muy concreto, como el de las baterías, que digamos que uno puede decir, no sé, las baterías pueden ser muy buenas, buena alternativa a otras fuentes, pero cuando no se pone a ver el impacto real.

Como que también está haciendo un daño. Muchos de los proyectos energéticos dependen mucho del volumen que lleguen a alcanzar para poder bajar costos. Y digamos, un impacto, verdadero, positivo, medible YY pues puesto y definido, digamos que tú que pues has visto bastante, pues este tema y todo.

Quería hacerte una pregunta de cómo se hace ese ejercicio de, en verdad, mirar qué tipo de proyectos y qué implicaciones tienen para su éxito, o sea, en el tema

energético. Entonces, uno decir, no sé, uno necesita pasar cierto número de usuarios en tan en tal tema. O necesita cierto volumen o qué implicaciones son las más grandes para este tipo de proyectos por dados.

Particularidades.

Jose Daniel González Calvo 20:37

¿O K yo?

Me acordarte un proyecto y el cómo ese proceso de elección que hacían como perdón de un programa y el proceso que sea de elección para proyectos, por lo menos en temas financieros, para grandes proyectos, nosotros aplicamos algo que es el Sara, sistema de administración de riesgos ambientales y sociales que nos permite un Sara poder llegar a determinar ya no solo unos riesgos financieros, ya no son unos riesgos económicos, si el proyecto va a ser uno rentable.

Sino ese impacto ambiental, ese impacto social, incluso desde el tema de gobernanza, también que está generando ese proyecto y si eso también va a ser retribuirle, si es de la parte ambiental, al lugar donde está, si eso es de la parte de estar al lugar donde está, incluso también ahorita, YY lo hace poquito en temas de derechos humanos y esta impacta en un tema de derechos humanos de ese tipo de proyectos y muchas veces pasa e incluso pues.

Cuando se hacen temas de desplazamientos, como por ejemplo ya para colocar medias hidroeléctricas y demás, pues son cosas que no dejan de ser impactos que muchas, muchos años de nunca se monetizaron. Hoy en día se monetizan y no es solamente decir, es que me cuesta tanto muera, no es como le restablezco su mismo nivel de vida si lo que quiero es desarrollo para la región.

¿Cómo recupero el lugar que estoy impactando ambientalmente? ¿Cuánto me cuesta a mí? ¿Cuánto cuesta para la zona para la región, para el municipio? Todo esto, entonces ya dejan de ser solamente el proyecto que sean rentablemente financieros y se convierten en que sean sistemáticamente sostenibles y financieramente.

Y eso en cuanto a proyectos grandes en cuanto ya a programas o proyectos pequeños se hace muy similar en salas, o sea siempre. Siempre me vimos

riesgos, pero ya desde pues esos impactos y dependencias, entonces cuánto depende mi proyecto del medio ambiente en temas de bioeconomía es una dependencia altísima.

Y pues claramente eso me genera plazos más largos, pero también en cuanto a plazos más largos. Es plazos de recuperación también necesarios para yo poder corresponder a esto, y no depende solo del proyecto aquí y pues acá sí viene algo de principios de banca responsable y es la banca, debe ser también pionera en que sí voy a dar financiamiento, este financiamiento vaya acompañado de un compromiso de parte y parte para.

Este tipo de impactos, no sé si con eso te respondo la pregunta.

Simón Cure 23:04

¿Sí, todo lo que dices, la verdad es muy valioso, EH?

Ahí también se me ocurre otra cosa, estamos hablando después del impacto que en verdad hay que analizar, en verdad no solo, pues el impacto del proyecto como tal, sino las zonas, la gente, la, las comunidades, el acompañamiento y pues todo lo demás que mencionabas. Digamos que parte de la narrativa y nosotros ya lo enfocamos mucho más a Colombia por el principio. Nuestra investigación no ha sido como para ver una oportunidad empresarial dentro de esta transición.

¿Y crisis de energía que habían, pues en la región en general, o sea, digamos tú, mencionabas que pues habían hablado con la con grupos de la nacional y todo qué?

O sea, dentro de lo que tú sabes, tendrías algún ejemplo específico de alguna innovación que se haya hecho dentro de Colombia y no como inspiración de afuera de nada, sino algo que esté trabajando dentro de Colombia para mitigar algún o atacar algún problema específico.

Jose Daniel González Calvo 24:06

100% verdad que no a transmisión.

Simón Cure 24:09

Sí, o a renovables su energía.

Jose Daniel González Calvo 24:11

¿Okey?

Hay, hay, hay algo, no es de la parte tecnológica, pero al igual se me hace un buen ejemplo y es de la parte de alianzas. Hubo una alianza que para mí desde su ejecución y lastimosamente en Colombia, muchas veces fallamos en la ejecución, todavía está un poquito quedada pero ya inició y es algo que hizo el fenómeno.

Que no, que está el fondo.

Se me olvidó, bueno, Ay lo que puede gustar. Qué pena. El fenómeno, junto con Bavaria y la asociación de Tenderos, en las cuales muchos tenderos tenían pues altos niveles en sus facturas y más muchos por el uso de las negras. Otros temas de babaría incluso por no sé chatarrerías. Por ejemplo pagaban 10000000 de factura y lo que buscaban del fenómeno era una liada.

Esa en la cual les llamen el reemplazo del techo de su casa. ¿Empecemos a agilidad, energía solar, donde usted utiliza la medida para eso? La factura se les puede reducir hasta en un 60% y a futuro, incluso empezar a vender energía.

Entonces se me hace como caso, o sea, incluso me hace más chévere como solo tecnología, sino como caso cosas replicables. Y eso fue lo que se hizo acá en Colombia.

Es lo que usted como tener y se enoja y seguramente le va a aparecer datos lastimosamente y no me queda caso, siempre de responsable de querer, pues como todo pues lastimosamente también estuvo implicado de escándalos, sin embargo pues el impacto pues ya ha empezado a generar YY ojalá podamos replicar desde lo bueno, como ese tipo de iniciativas.

Simón Cure 25:42

O K sí, buenísimo, eso no sirve muy mucho, la verdad. No solo eso, sino todas las respuestas, creo que ahí nos acabaste de complementar muchísimo, varios

pedazos que teníamos y nos acabaste ahora y posibilidades a muchas otras cosas que no estamos teniendo en cuenta. Entonces yo creo que, o sea, tal, queremos agradecer de parte de los 2 por, pues brindarnos en el tiempo por respondernos rápido y pues.

En general por esas respuestas tan valiosas que nos acabaste de brindar.

Andres Mauricio Combariza Salazar 26:10

Sí, por la exposición

Andres Mauricio Combariza Salazar 26:13

No, qué pena. Solamente tenía antes de antes de cerrar una pregunta muy cortica, o sea, así como que me surgió en este tema de los tenderos, tú crees que eso se podría expandir, o sea, muy corto y muy rápido. ¿Tú crees que eso se podría como expandir o adaptar a las zonas rurales del país ya más alejadas?

Jose Daniel González Calvo 26:30

Ojalá sería un sueño, lo veo complicado porque una de infraestructura pero sería un sueño y sobre todo con el tema de comunidades energéticas. ¿No? Pues yo creo que ya en estar familiarizados con mi concepto y comunidades energéticas tiene cosas tanto para, pues desde lo desde lo urbano, como desde lo rural. Y lo que busca comunidades energéticas es justamente eso, es, es chévere, y si no lo han visto, ojalá busquen lo que se les puede complementar bastante.

Andres Mauricio Combariza Salazar 26:59

Perfecto.

Simón Cure 26:59

O K perfecto.

Jose Daniel González Calvo 30:31

Total.

Totalmente, pero lo que hay a futuro, pues me cuenta con confianza y pues no, no tendré todas las respuestas, pero seguramente les ayudaré, pues al azar con personas y demás.

Simón Cure 30:42

Dale Daniel, en verdad, muchas gracias por la generosidad de tiempo y pues de conocimiento YY gracias por ofrecerme el contacto, no sirve mucho.

Andres Mauricio Combariza Salazar 30:43

Hola Daniel.

Jose Daniel González Calvo 30:44

¿Vale?

De una un fuerte abrazo que esté muy bien.

Andres Mauricio Combariza Salazar 30:52

Sí, gracias que estés muy bien, buena tarde.

Simón Cure 30:53

Vale, muchas gracias.

9.7.3 Entrevista #2: Martin Carbonell y Santiago Rodríguez (Co-Founders de Rocasol)

A continuación, de adjunta la transcripción de la entrevista.

Martin Carbonell 0:03

¿Mientras entra Santiago, si es que puede, por qué no me cuentan un poquito de ustedes antes de que entremos a la al grueso?

Bueno.

Andres Mauricio Combariza Salazar 0:13

Sí es una, pues si quieres, Simón empieza.

Simón Cure 0:18

Listo, entonces mi nombre es Simón Curie, estamos los 2, somos los 2 estudiantes del Cesa, yo estoy haciendo mi práctica ahorita en banca de inversión, pero que digamos que siempre me ha gustado el tema de energía, entonces por eso luego lo enfocamos a eso y.

Y pues ya son, no sé qué más, ahí es un algo, pero.

Martin Carbonell 0:39

Ajá.

Simón Cure 0:42

Vamos.

Martin Carbonell 0:42

Hay una.

Andres Mauricio Combariza Salazar 0:44

Y bueno, yo soy Andrés Combariza también del cesa. También estoy haciendo mis prácticas en banco de inversión. Yo estoy en c a BCYY, pues acá estamos muy enfocados en el tema de renovables, entonces pues me parece muy interesante y como como todo el tema.

De hecho, nosotros llegamos a ustedes porque aquí hay, hay una, hay una persona que me lo recomendó entonces pues no me parece súper interesante. Sí, sí, Pablo toro es amigo de uno de ustedes.

Martin Carbonell 1:15

Bien ello.

O K.

Sí, sí, sí, ese es el hermano de Eduard.

Andres Mauricio Combariza Salazar 1:26

¿De quién perdón?

Martin Carbonell 1:27

De Eduardo toro.

Andres Mauricio Combariza Salazar 1:31

Uy, no, no sé si tiene hermanos, la verdad. Hasta ya no he llegado.

Martin Carbonell 1:31

No.

No, no, no, no, creo que ya estoy bueno, creo que ya sé quién es, no de una, si quieren, si quieren, vamos empezando yo. Bueno, le les cuento un poquito de mi dedo pasó rápidamente. Ah, bueno, llegó ahí llegó Santiago.

Andres Mauricio Combariza Salazar 1:48

Sí, ahí ya está.

Santiago Rodríguez 1:52

Doctores, buenos días, sí, perfecto ustedes a mí.

Martin Carbonell 1:53

¿Que, bueno, nos oyes?

Para el pelo que más.

Simón Cure 1:57

Sí, ahí, perfecto.

Andres Mauricio Combariza Salazar 1:57

Contigo sí, perfecto.

Santiago Rodríguez 1:59

Anda que qué pena, qué pena. Los 5 minutos de demora que el Berraco Microsoft piense con una Magaly.

Simón Cure 2:06

Tranquilo, gracias por estar acá.

Santiago Rodríguez 2:08

El disculpe.

¿Ustedes?

Andres Mauricio Combariza Salazar 2:10

No hay problema.

Santiago Rodríguez 2:12

Seguro que interrumpir.

Martin Carbonell 2:15

No sé, nos están contando Simón y Andrés que bueno, pues están en prácticas en banca de inversión Pablo toro fue como el que nos referenció para para. Para este ejercicio están estudiando la tesis y digamos que ellos tienen unas preguntas como el sector energético más que más que de roca sol per se, pero pues también en el insight de uno tener.

Como todas las puntas en.

Pues como que nos da un hecho sobre las respuestas, un poquito. Lo que lo que nos estaba contando. Simón les iba a contar de, pues de mí, de ropa sol, para que después pudiéramos entrar ahí, en él, en el asunto en bueno, Santiago y yo

también nos conocemos así, en la universidad o estudiamos en los Andes, Santiago estudió Administración, yo estudié estudiaría industrial.

Nos estamos dando en plena pandemia, es un mierdero. Todo estaba cerrado en ambos. Queremos trabajar en consultoría y justo nos estamos graduando cuando cayó y fue como venga, tratemos de crear una empresa que genere algo de empleo, que genere algo de bien en este, en este espacio en que todo está, digamos tan *****.

Hay, creamos una primera empresa que se llamaba Enérgico, que será era una empresa en instalación de proyectos a literalmente damos Santiago y yo al sol de girar 2 40° a la sombra por allá entre un techo con el pan en la espalda.

Santiago Rodríguez 3:42

Para imaginar estos hijo de ***** Cachetes ***** a 42° y esas tetas que echando panel al hombro, pero horrible.

Martin Carbonell 3:42

Sí, ya.

Literal, literal. Pero entonces así, así digamos, no fue como nuestra primera introducción al mundo de lo solar y rápidamente nos dimos cuenta que el problema mucho más interesante. Y es que la gente no tenía plata para instalar esos proyectos de energía solar. Entonces instalamos proyectos más o menos como durante 2 años, después de los 2 años cerramos esa primera empresa y ya abrimos.

Andres Mauricio Combariza Salazar 3:52

Ajá.

Simón Cure 3:53

Ja, ja.

Martin Carbonell 4:16

Lo que hoy en día puede ser roca sol, que nace básicamente con el propósito de escuchar que cualquier persona pueda tener acceso a la energía solar vía una financiación y que tenga sentido, no porque la mayoría de financiaciones que existen para proyectos grandes. ¿Para PP a para proyectos de 3, cuatro, 5000000 USD que son financiación por todos lados, pero para proyectos de? 20000000 de pesos 3040100110200. No hay tanta financiación como lo creería el mercado es muy, muy, muy cerrado, entonces digamos que ese es nuestro propósito principal, nosotros juntamos a los instaladores, a los financiadores, a los clientes, a los distribuidores, todo como en una misma plataforma digital. Y si nos aseguramos de que las cosas pasan y gestionamos los proyectos digamos en para que se ejecuten de la mejor manera y obviamente el con el propósito de que el cliente le quede su sistema solo instalado a la perfección y pueda, pues tenga los recursos para pagar la financiación sea cual sea a donde hayan venido los fondos. Entonces sí, sí, sí, me está para el concentro.

Santiago Rodríguez 5:26

No he salido mal.

Andres Mauricio Combariza Salazar 5:29

¿Buenísimo, no? Mi 1000, gracias.

Martin Carbonell 5:31

De bueno.

Simón Cure 5:32

Mucho de la historia, la verdad. Digamos que eso nos ha dado muy buena introducción hacia las preguntas que queremos hacer, porque como les mencionaba parte de nuestra estrategia, está orientada hacia las personas que buscan facilitar y ven como oportunidades esos.

Andres Mauricio Combariza Salazar 5:34

Sí, muy interesante.

Simón Cure 5:51

¿Esos fallos que hay dentro de la infraestructura y pues de las formas de hacerlo acá en Colombia, por lo menos entonces digamos que esa era la primera pregunta y va hacia el origen de roca sol que era qué es fallo de mercado? Vieron, creo que ya lo empezaste. A elaborar, al decir que no había financiación ni estructuración para esos proyectos.

¿Pero digamos más allá de eso, ustedes cómo empezaron a identificar eso? ¿O sea, costos? ¿Trámites, la confianza, el financiamiento, ustedes cómo empezaron con, digamos, el conocimiento, ustedes mencionaban que nació como una idea, pues muy después de la universidad, entonces digamos que cómo fue ese proceso?

Y, como conectan ese fallo con los cuellos de botella que hoy se agravan entonces, digamos hoy en día vemos que hay un riesgo de apagones en diferentes áreas de Colombia. ¿Y ustedes cómo podrían vender? Digamos, la idea de lo solar hacia estos problemas que hay como más MAC.

Santiago Rodríguez 6:58

No se puede remontar al final del día a día.

La siempre nosotros, la vez más de sitios, etcétera. Ustedes se ponen a ver, digamos la historia de la infraestructura de energía de este país y eso empieza en los veintes, en donde digamos que las cada municipio tenía una pequeña central hidroeléctrica y eso le da energía al municipio, después se crean las grandes redes de transmisiones y salen los grandes proyectos.

Hidroeléctricos, que le dan energía al país. Y esos termoeléctricos también.

¿Y qué pasó? Pues se olvidan, pues estos pequeños proyectos de autogeneraciones de cuales municipios.

Y el país empieza así a tener una matriz de la muchísimo más balanceada, pero

también mucho más dependiente de estas fuentes grandes de generación. El último gran proyecto de generación de este país se visitó y se pactó, digamos en 1997, que fue todo, entonces sí entró a operación hace un par de años, pero, pero ese fue el último gran proyecto de generación.

De energía que se dio y a medida que iban pasando los años fueron haciendo con fuentes no convencionales de energía como solar no eólica, ciertos macroproyectos en donde las subastas no estaban del todo bien planificadas ni estructuradas, y mucha gente salió a bajarse los pantalones y a decir, oiga, vamos a acá, a regalarnos. Para podemos ganar esta super subasta y a la hora de ir a cumplir ya con sus proyectos, no les daban los costos.

¿Qué está pasando ahí? Que alrededor del 18% de los subastado y está entrando en operación y el resto no, y eso lo único que crea es una brecha muy grande entre la demanda de energía que está teniendo el país YY las fuentes, digamos, para poder suplir esa demanda que se están dando, y eso, además ustedes lo ponen al frente de.

Estamos teniendo también un sí muy grande en cómo se consume la energía por todo el tema de vehículos eléctricos, el tema de inteligencia artificial que tiene una demanda, digamos energética, muchísimo más grande de la que se hubiera visto en décadas pasadas el país y están empezando a entrar a un dé de energía.

Y a una coyuntura bastante delicada en nuestra opinión, no es que vaya a haber un apagón, lo que si va a pasar es que van a prender las termoeléctricas. Hay apagón de la gases de pero lo que termina pasando es el precio de la energía. La gente se lo van a empezar a regular durísimo y ya es, o sea, Andrés tiene una fábrica textil era.

Y usted pagaba 1000 pesos el kilovatio, hora con esa y entonces ahora le van a regular a usted el consumo, metiéndole a 2000 pesos el kilovatio. Hora, y eso era más, usted lo meten con hogares en donde la costa del hogar promedio se está gastando un 30% del ingreso del núcleo familiar, incluso en costo de energía, pues ahí donde usted o sea por completo una economía, porque no hay plata para pagar esas energías.

Pues que vaya a ver apagón si la matriz energética está tan, sigamos dependiente

de estas fuentes hídricas.

Y no hay proyectos grandes y ricos ahorita, digamos, en construcción en o entran en una operación, es ahí donde interesa haber una coyuntura muy grande y esa es la gran apuesta nuestra es.

Si las autopistas también de energía y las redes de transmisión están completamente copadas.

¿Pueden entrar unos proyectos grandes, pero no hay forma de transportar, digamos, la energía de punto a punto b entonces, de qué depende la gran o él?

¿El gran porcentaje de población que está quedando desatendido o poder autogenerar su propia energía? Y ahí es donde, pues Martín, YYY, Juana y yo, pues estamos entrando a tratar de atacar de frente a ese problema y es, y la gente ya puede autogenerarse.

Todo lo que está, pues consumiendo durante el día uno, le quita muchísima presión al sistema interconectado nacional. 2 se vuelve muchísimo más barato usted tener estas fuentes no convencionales de energía.

Y 3 te asegura, digamos estabilidad energética a largo plazo. ¿Qué pasa que fue el problema más grande que nosotros, en el que entramos? Que si te responde su pregunta, y eso primero hay una falta de conocimiento muy grande, qué se puede hacer yo, como La Plata en energía, como sí que hay crisis energética, como sí que puede haber un apagón como si van a subir. El precio no tiene ni idea.

Y esa, digamos, falta de conocimientos, se termina traduciendo a una falta de confianza muy grande hacía que la energía solar es una nota, sí, pero, pero eso es carísimo, y eso necesita baterías. Todas son al final de día, falacias impuestas por el mercado, pero son cuentas que la gente se cree y por ende, ese es el punto grande que con Martín empezamos a sacar y era, pues vamos a mostrar que la energía solar si es algo tangible, si es.

Algo que funciona sobre todo y es algo que no es tan caro como la gente piensa. Nos encontramos con el problema más de gran día, la gente no tiene plata, igual así, ya medio barato la gente no tiene la flaca para invertir y por eso fue que nosotros cambiamos nuestra actividad de instalar a financiar, porque a través de modelos de financiación donde el cliente con sus ahorros le alcanza para pagar la

cuota mensual de energía.

Pues entonces me sale más barato que tener la coherencia y esto no lo puede replicar en decenas de miles, digamos, de casos, pues usted de cierta forma u otra, necesita muchísima presión. A la coyuntura que estamos a punto de ver en el 2027, pues aquí sí se necesita que está viniendo en él. O sea, vamos en tren a 300 minutos por ahí la pared la estamos viendo.

Es cuestión de qué carajos podemos hacer, pues para para mejorar eso, no sigas un poquito de la, lo pregunto y tiene que darlo con bueno.

Simón Cure 12:30

No perfecto.

Andres Mauricio Combariza Salazar 12:31

No, no, tranquilo, para nada de hecho. O sea, nos parece muy interesante como lo que mencionaban de explorar las oportunidades que surgen para esas zonas no interconectadas al sistema o personas con menores recursos que así como bien decían como pueden representar un porcentaje muy alto solamente en energía, entonces yo ahí quería de pronto preguntarles un poquito más a fondo ese sistema.

El tema que ustedes crearon como de la financiación, de cómo funciona, cómo se hace YY cómo, cómo lo ven hacia un futuro para de pronto escalarlo hacia Amazonas.

Santiago Rodríguez 13:12

La creo que la el primer paréntesis nosotros no nos metemos en zonas interconectadas, nosotros no vamos a sitios donde la red no esté presente, sino los ponemos en contacto para que complemente nada más la como el grado de una nota con una gente que se llama sol una, que ellos hacen lo que hacemos nosotros, pero solamente conectados y.

Andres Mauricio Combariza Salazar 13:19

O K.

¿Ah o K?

Simón Cure 13:30

Sí, sí.

Santiago Rodríguez 13:31

Pero para estratos bajos, pues digamos que la ahorita no podemos llegar, desafortunadamente a estar con unos 3 ya llegamos, pero uno y 2 todavía no que se eso, eso funciona como un chinche, al final ya se está extremando el mercado en estratos altos y comerciales y estoy para llegar hasta bajos. ¿Y dónde se abrirá esa base de la pirámide en el mercado clientes?

¿Nosotros digamos o cómo funciona puntualmente nuestro esquema de financiaciones, nosotros invertimos en el sistema de energía solar y ya tenemos, digamos, la propiedad del activo y básicamente lo que hacemos es con los ahorros que tienen clientes, nos paga a nosotros los cargos mensuales?

Ya son finas sesiones que pueden hacer entre 5 y 10 años. Nosotros actualmente vamos más de 5 años, es básicamente lo que les decimos es para ponerlo en casos numéricos, Simón tiene una casa en apoyo y esa casa paga 1000000 de pesos al mes a Simón para cubrir ese 1000000 de pesos al mes, el sistema le hubiera costado.

40000000 de pesos.

¿O un poquito más? Simón dice, Oiga, yo no quiero pagar 40000000 de pesos, compramos el proyecto y esa cuenta de 1000000 de pesos, ahora a Simón le va a valer 100000 pesos, es decir, Simón está teniendo 900000 pesos de aquí por los 900000 pesos que se ahorra Simón, a nosotros nos va a pagar 850000 pesos.

Por ende, Simón se ahorra 50000 pesos sin agua, pues es un peso ya le sale más barato que tener a Codensa parece un negociazo que no se pone muy financiero, que ya vemos que ustedes 2 son, pues es una tiene infinita para Simón y ya nosotros nos comprometemos a que nos van a pagar esos 850000 pesos.

Durante los próximos 5 años y en 5 años, Simón se va a quedar con los paneles y

los paneles van a tener una garantía todavía activa de más de 20 años entonces, al final del día, si no solamente digamos que cambió un gasto por una inversión durante esos 5 años y después ya le queda la activo para ese es el esquema de financiación.

Simón Cure 15:38

Yo tengo una pregunta ahí porque, o sea, desde el punto de vista ignorante de los paneles, lo que usted decía lo de que la gente dice que tiene el tabú, que es muy caro y todo yo tengo, tenía que 2 tipos de paneles, digamos, está el que tiene la batería como tal, que guarda.

Como la energía, ya que es transmisión. ¿Sí me lo puedes corregir ahí, que la verdad, no sé qué se supone que lo más caro es esa batería que según tengo que decirlo ustedes qué tipo hacen?

Santiago Rodríguez 16:17

Y no llamar con sus de darle tú que a quién explícame esto.

Martin Carbonell 16:22

Sí, o sea, nosotros solo hacemos sistemas interconectados con la red, es decir, que se hace un como un intercambio constante de kilovatios uno. Se o sea, ponemos unos paneles solares en esta oficina, cierto, ponga el domingo que no hay nadie. Entonces los paneles solares generan un montón de energía.

Y esa energía lo que hace es que se vuelve a la red del sistema interconectado nacional a través de Codensa. ¿Entonces yo voy a tener un saldo a favor con codensa, para qué? Para que cuando yo vuelva el lunes y prendamos todas las luces y no sé qué, lo primero que se vaya a consumir llamémoslo, es el saldo a favor que yo voy acumulando y por ese saldo a favor únicamente me cobran como él.

12% de lo que me hubieran cobrado normalmente. Entonces si me pico, y más o menos se hace una reducción en la factura de energía, pues gigante obviamente hay. Hay como otro escenario, y es que parece el panel está produciendo y yo

estoy consumiendo energía en ese mismo momento. Entonces yo estoy produciendo 100, cierto, y estoy consumiendo 50.

Entonces, de esos 100 para ver 50 que van a ir directamente a mi computador que está necesitando esos 50 y los 50 que me sobran, van a ir a constituir ese saldo a favor, eso es un poquito como el esquema, el otro esquema de como de baterías que es el que usted mencionaba, Simón, ese es.

¿Es un poquito como uno, como uno se lo imagina, sabes? Usted tiene sus paneles solares y tiene las baterías, el panel solar carga las baterías para que usted pueda, digamos ir y consumirse esa energía de las baterías, eso es muy bueno y es muy recomendable, pero para solamente conectadas. Cuando usted tiene una finca por allá en el llano mari, que lleva El Poste hasta allá le cuesta 400000000 de pesos y dice, no.

Simón Cure 18:05

¿Muy caro, no?

Martin Carbonell 18:13

¿Venga, yo, así son baterías o? Pues en el choco o en la Guajira. O normalmente lo recomendamos para como para ese tipo de zonas donde de verdad no llega la luz, porque el costo de las baterías en realidad sí es bastante, bastante significativo. Hay un tipo de sistema que es, digamos, entre comillas, un poquito de lo mejor de los 2 mundos.

¿Si usted está interconectado con la red, tiene su saldo a favor, va a reducir su cuenta de energía? Todo eso que conversamos de lo primero, pero también tiene un sistema de baterías para que cuando se vaya la luz, pues usted pueda seguir disfrutando, digamos, de la energía por medio de sus baterías. Eso sería como como el equivalente a tener una planta, digamos, más o menos como la idea.

Simón Cure 18:55

¿O K Tacañísimo, eso sería una duda ahí, de pura curiosidad tengo otra pregunta y esto va más hacia ustedes cómo lo que han experimentado desde su empresa?

Ustedes qué tanto han sentido que el Gobierno ha sido un aliado que digamos que hemos visto dentro de las entrevistas que hemos hecho, es que parte de la crisis que hay es una falta de conexión entre el mundo empresarial.

Y entre lo que es el Gobierno, y dependiendo mucho del Gobierno, digamos ese tipo de gobierno como el que tenemos ahorita, puede considerarse por discurso mucho más amigable con empresas de energía, digamos, hemos visto pues beneficios tributarios, en especial en solo lo que ustedes dicen.

Santiago Rodríguez 19:31

El día.

Simón Cure 19:40

Y hacen, pero digamos que la mayoría de las entrevistas que hemos hecho nos han dicho que es el impedimento más grande para una solución estratégica escalable y a la crisis en general, ha sido el mismo, pues gobierno que pues no incentiva a empresas a la inversión acá. Entonces digamos, ojalá ha sido su experiencia.

Santiago Rodríguez 19:52

De.

Simón Cure 20:01

En esa relación entre su, su empresa y el apoyo, pues que hay desde el sector público.

Martin Carbonell 20:09

Sí, no, yo creo que usted estamos completamente de acuerdo con lo que usted menciona, el apoyo, digamos del del Gobierno es muy, es muy poco, yo creo que uno sobrevive a pesar del Gobierno y no sobrevivir gracias al Gobierno por muchas partes y digamos no, no necesariamente solo por este, sino.

En general, póngale de todas las licitaciones de energía que sé que se tienen año

a año y únicamente se construye como el 10%, el otro 90% de lo que se visita y se pacta, digamos, no se hace, se roban las empresas, se quiebran, entonces digamos que ahí también hay una. Hay una desconexión muy importante.

En, entrando un poquito más en el tema solar, digamos que este Gobierno sí ha mucho. Los beneficios tributarios vienen desde el 2014, la regulación de conectar sistemas de energía solar a la red viene desde el 2018. Este Gobierno tuvo unas iniciativas que tal vez no concretó.

Que lo concretó del todo un tema de tenderos, un tema de mejorar los beneficios tributarios. Ellos querían en una de las reformas tributarias, que el beneficio tributario pudiera transarse como un título, valor, que eso sería, pero sería muy interesante. Pero más allá de eso, no, no ha habido, digamos, un.

Un impacto significativo, no sé antes si tú tengas la misma percepción.

Santiago Rodríguez 21:41

No es en la misma página, pero al final del día, es decir.

¿Son muy pocos, pones para uno salir a decir que querías hacer este pero con el Gobierno que está de turno finalmente?

Se repite absolutamente en todos los casos, lo que pasa en otras industrias. Ellos dicen que lo quieren hacer, pero si capacidad de fusión es cero y al ser capacidad de fusión cero, pues lo duran, digamos, de la de la de la de la del único apoyo desde el punto de vista del Gobierno, que, ojo, es muy grande es el tema de los beneficios tributarios.

Pero son personas. 2014 son del Gobierno de turno.

Todos dicen que quieren hacer solar, se van a hacer subastas. Como no hay una capacidad, sobre todo no están capacitados para hacer eso, o sea, cuando la ministra de minas esta vieja y de no, de no, de no se vieja.

Y la fórmula él trata de sabias preguntas, un término de energía básico.

Genial, tienes que poner alguien.

Todo hacer ese tipo de situaciones que pase lo que pasa y eso te dan mal hechas, se lo dan la gente que no se la tiene que ganar y a la hora de su chica.

Simón Cure 22:59

Muy bien.

Andres Mauricio Combariza Salazar 23:00

Sí, buenísimo.

No, pues yo creo que ya como como última cosa quisiera saber, ya más dentro de ustedes como rocasol. ¿Cómo se ven a futuro? ¿Cómo ven el panorama, cómo piensan ustedes expandirse o tienen? ¿Tienen alguna visión adicional? No sé de diversificar algo.

Algo así como un inside súper valioso que tengan que los esté guiando a hacia algún lado.

Santiago Rodríguez 23:31

No solamente digamos, estamos hiper mecanizados en solar.

Para lo que nos manda la parada, sentimos que hay una oportunidad de mercado, como les veníamos contando, gigantesca, porque si la pintura, la crisis energética que se viene gigante y creemos que puede ser bastante viable a atacar ese problema, nos estamos, digamos parando. Queremos tener 111 fondo de inversión muy grande nuestro para financiación de proyectos.

Que haga que no quitemos por completo la dependencia, también a mercados financieros que son super burocráticos y que super demorados en la financiación de los proyectos no es lo que estamos buscando. Es mucha confianza cumplir lo que se prometió y con mucha agilidad y si no, juntas a 3 cosas, digamos capacitando también al cliente, a lo que se puede estar enfrentando con un sistema de energía solar, creemos que podemos marcar una pauta bastante.

Positiva en lo que va a ser el la transición energética de este país y sobre todo, pues solucionar el problema tan grande que nos estamos metiendo hasta idea de estar poniendo alrededor en los próximos 5 años 450000000 USD en el mercado en este tipo de proyectos, lo cual nos va a permitir a nosotros, esto no lo hacemos al final del día por un tema de egos y mostrarnos como la microchip.

Y van en el mercado, si no, nosotros tenemos un y tampoco se trata un tema de. No sé si este tienen propósito, muchísimo mayorías. La gente no puede seguir pagando energía como la viene pagando a la gente. Perdón, mi francés no le pueden seguir metiendo el dedo de las electrificadoras como lo vienen haciendo y nosotros creemos que tenemos un producto que cumple una necesidad muy grande que con el cliente y sobre todo la forma muy honesta y muy transparente y creemos que.

Eso puede marcar un camino completamente distinto a como se vienen las cosas en este país. Desde el punto de vista de la energética y pues que tiene un colateral muy positivo y es que te alivianamos un poquito la presión que tienes como conectamos en la partida y no tenemos una crisis tan dura. Es ***** tratar de ayudar a la mayor cantidad de antes posibles.

De Martin Civiles.

Martin Carbonell 25:40

No, sí, de acuerdo yo iba un poquito más al norte, creo que en el norte de Rocasol es muy claro, por lo menos en el corto plazo, y es Rodolfo tiene la llave para que la crisis energética de los próximos años sea mucho, mucho menos duro, mucho menos ***** y que tenga un.

Un impacto negativo mucho menor y esa clave es, pues, la energía solar distribuida a pequeña escala. Entonces, pues sabemos, además de todo, sabemos la responsabilidad que tenemos como empresa con el país, con la mucho, con el vecino científico. Nosotros tenemos la llave para que el impacto. Negativo sea mucho menor, y eso es lo que queremos hacer.

Andres Mauricio Combariza Salazar 26:26

Buenísimo, 1000 gracias.

Simón Cure 26:29

¿Pero y la verdad? Lo felicito. O sea, se me hace una chimba de proyecto. Digamos que con va terminamos haciendo la tesis en este tema porque siempre

es un tema en clases y en retos y las cosas de verdad lo acá no, que es la industria y las oportunidades que hay. Creo que la están materializando en un nicho que en verdad.

Santiago Rodríguez 26:30

No.

Andres Mauricio Combariza Salazar 26:32

Sí, de acuerdo.

Simón Cure 26:54

Como que creo que es una misión muy bacana de la empresa tratar de apuntar, de hacerlo algo mucho más asequible a y la verdad creo que están consiguiendo país, pues por eso que los quiero felicitar y pues darles las gracias también por regalarnos de su tiempo.

Andres Mauricio Combariza Salazar 27:12

¿Sí no? 1000 gracias por la disposición de verdad. Es muy valioso todo, todo lo que nos dan YY en verdad muy muy interesante y muy muy humano. El proyecto también es felicitación por eso.

Santiago Rodríguez 27:25

Firmes, muchas gracias a usted, de verdad.

Martin Carbonell 27:27

Muchas gracias de ustedes.

Santiago Rodríguez 27:29

¿Nos avisan ahí en los correos tienen nuestro WhatsApp, cualquier duda pregunta, sin importar día, ahora nos avisan ahí y esperamos a solucionar lo que sea y bueno y sin un futuro mucho, a mí me parece mucho de gente joven,

verdad? Con ustedes que le interesa el tema energético, porque eso es muy raro de ver.

Iban y si algún día quemaban de banca y del mundo corporativo y quiero fumar hasta cabeza de *****, que hay puertos abiertos para un todo en el centro, todo de racha. Con esto me hicieron de la pincha. Muchas gracias por el paso. Estamos super feliz de podemos ayudar esto al final de un día es mucho más grande de una empresa que se llama Roca sol porque es.

Una tarea que es todos tenemos que apoyar frente a la misma causa YY ahí lo vamos a poder en la Tele, detrás en lo que podamos ayudar, estamos abiertos, muchas gracias por la escuela.

Andres Mauricio Combariza Salazar 28:20

No a ustedes y 1000 gracias por el ofrecimiento.

Santiago Rodríguez 28:24

Buenos días, ahora chao.

Andres Mauricio Combariza Salazar 28:24

Que estén muy bien, tengan buen día igualmente.

Simón Cure 28:25

Sí, muchas gracias.

Martin Carbonell 28:27

Bueno, igualmente, muchas gracias, gracias, todos a ti.

Santiago Rodríguez 28:28

No, Martín abrazo.

Simón Cure 28:29

Me gusta conocerlos.

Andres Mauricio Combariza Salazar 28:32

Gracias.

Simón Cure 28:32

Sí.

9.7.4 Entrevista #3: Bernardo Vargas

A continuación, de adjunta la transcripción de la entrevista.

Simón Cure 0:08

Perfecto.

Listo entonces, si quieres, pues comentar, empieza con las pero juntas y ya después lo hago un par.

Combariza, Andres 0:21

Sí, de una de una, de una. ¿Pues no, bernardo, como que en primer lugar y bajo toda tu experiencia que has tenido en el sector, quisiéramos preguntarte y empezar la discusión un poco, hacia cuál es el error más común que se ha tenido en la percepción de lo que hoy en día es la crisis energética?

Bernardo Vargas Gibson 0:23

¿Vale?

Simón Cure 0:24

No.

Combariza, Andres 0:40

O que es lo que la mayoría de gente piensa que es más, sin embargo, no es completamente correcto que ese sea el problema. ¿Y cómo follow up de la pregunta, cuál entonces sería el mayor problema que ha tenido el sector energético en el país?

Bernardo Vargas Gibsone 0:57

Pero lo primero que tienen que ustedes preguntarse es qué es lo que llaman crisis energética tienen que definir muy bien eso, que es lo que es una crisis, una crisis, es un apagón, una crisis. Es un déficit de hidrología. Una crisis es.

Un alza en los precios del gas, es decir, tienen que primero definir qué es lo que usted llama en una crisis.

Pero generalmente lo que la gente llama crisis es a que lleguemos a lo que pasó a principios de los noventas en que hubo pues el apagón histórico y en cualquier en esa tesis ustedes tienen que leerse muy cuidadosamente lo que sucedió en ese en ese apagón del.

Del Gobierno de Gaviria. ¿Ustedes están conscientes de eso, verdad?

Simón Cure 1:49

Sí.

Combariza, Andres 1:50

Señor.

Bernardo Vargas Gibsone 1:50

En el Gobierno Gaviria nos quitaban la luz todos los días a todo Colombia durante, pues muchas horas y eso entonces hay que analizar qué pasó allá y con base en eso que ustedes también definen qué es lo que llaman crisis hoy como yo lo veo, lo que queremos es evitar.

Es volver a apagones y la otra estadística, que es importante que ustedes miren, y que además es fácil de encontrar, es que en ese orden de ideas las los apagones o la racionamiento de energía, que es también se dan en muchos países de América Latina.

Pero desde que nos tocó lo del 9291 solo ha sucedido aquí en Colombia. Una vez sin apagón y con un razonamiento digamos distinto, que es que es el que propuso en esa época el Presidente Santos.

¿Que el llamó el que el llamó cómo era el que ahorra paga o el que ahorra gana o que no sé qué en donde él propuso que si todos ahorrábamos energía, si todos los consumidores nos dedicábamos a ahorrar energía, no había que hacer racionamiento, qué quiere decir? Racionamiento, racionamiento.

Usted le cortan la energía en periodos del día, la verdad, un apagón es un poco distinto porque no es racionar. El racionamiento es un apagón buscado, premeditado previsto. ¿Un apagón es que accidentalmente o por razones equis se apaga el sistema?

¿Qué es lo que acaba de pasar este año en Chile, y ustedes seguramente tendrán registros de eso, no es verdad? ¿Bueno, qué es lo que están diciendo ahora los jugadores del sistema? Están diciendo, 1000. La demanda sigue creciendo.

Y en Colombia.

La diferencia entre la demanda y la oferta nunca ha sido muy alta.

Les doy el ejemplo, que es un ejemplo lindo para que lo miren en su tesis, que es lo que pasaba en Venezuela antes del año 2000, antes de que subiera Chávez.

Venezuela tenía posiblemente el sistema eléctrico más robusto de América Latina, en donde tenías una generación, una oferta como de 35 gigas. Yo no me acuerdo los números exactos, así que no me crucifiquen. Si les digo números que no son. Pero la demanda un Chile era como 25.

De tal manera que ante cualquier pico, cualquier rollos tenían una holgura muy importante entre la demanda y la oferta. En Colombia pasa lo contrario, estamos jugando un juego en que la demanda crece y tenemos que estar jugando para que la oferta nunca.

Quede por debajo de la demanda.

Y eso, históricamente se ha logrado, básicamente con 2 fuentes, la fuente hídrica que originalmente hace unos años era más del 80% de la plantilla energética de Colombia, hoy en día es como el 70 y la plantilla, digamos de térmica.

Esa plantilla térmica era una plantilla de plantas que funcionaban o con o con carbón o con combustibles líquidos o con gas.

¿Eh?

Y era muy importante porque en momentos en que hubiera problemas de

hidrología, que especialmente con el fenómeno del del niño y con el cambio climático eso pasa con frecuencia al bajar el agua, entonces usted tiene que optar porque la plantilla de generación.

Reduzca el porcentaje hidrológico y lo sustituya por fuentes distintas a la hidrología.

Eso era antes de que existiera en Colombia un plan de energías renovables. Lo que se quiso hacer hace unos 10 años, poco más, es tratar de empezar a que no solo hubiera térmicas hidrológicas, sino también fuentes renovables, especialmente a partir de plantas de plantas de sol y plantas.

Eólicas, YYY de y de y de sol y sol y el obviamente hay un desarrollo importante que ha venido andando en donde las plantas solares han venido creciendo a pequeña y mediana escala, pero las grandes plantas solares y eólicas que se tenían planeadas.

Eran para la península de la Guajira y pues había un plan en donde se en donde al final yo no me acuerdo el plan en el en XM lo tienen clarísimo, donde a en el en el año 25 y luego en el año 30, la plantilla de generación con renovables iba a ser. Pues una plantilla importante en Colombia. Yo no me acuerdo cuánto, pero eso podría haber llegado si se apostaba bien a un 10 o a un 15% del total.

Y obviamente, se tenía el respaldo térmico para hacer eso el respaldo. Bueno, eso es hablar en el qué pasó después del del.

Del y eso ustedes lo pueden leer en la historia, que hay mucha historia de eso.

Después del apagón de Gaviria salieron unas leyes muy importantes que eran las leyes 142 y 143 de 1994, creo en donde se replanteó el sistema completo.

Se generaron primero cargos por capacidad y luego cargos por confiabilidad.

¿Ustedes entienden esos 2 conceptos? No es verdad, no necesito que los exacto y eso permitió que se empezara a generar alternativas de sustitución de generación hidrológica a partir de fuentes térmicas.

Simón Cure 8:05

Sí.

Combariza, Andres 8:06

Sí, sí, señor.

Bernardo Vargas Gibsone 8:18

Pero además, las leyes 142 y 143 las leyes eléctricas cambiaron la institucionalidad y generaron toda suerte de posibilidades para que los privados pudieran entrar al sistema eléctrico de una manera que les hiciera sentido.

Desde el punto de vista de sus inversiones YY paralelamente, también empezó a haber posibilidades para que la transmisión no sólo la generación creciera de una manera ordenada, se creó la, la, la upme, que generaba planes.

Estratégicos digamos que tenían como propósito anticiparse a déficits entre oferta y demanda y ese sistema, a partir de ahí ha funcionado muy bien.

Vuelvo a mi tema de que en casi todos los países de América Latina ha habido racionamientos y en Colombia eso se ha habitado por el diseño de la institucionalidad y el sistema eléctrico que partió de la ley 142 y 143. Además se creó XM, que es el operador del mercado que tiene pues unas capacidades muy especiales y muy buenas.

Antes de que ustedes acaben sus tesis, tienen que venirse a Medellín un fin de semana, un día, una no entre semana y visiten las oficinas de XMY, sobre todo el centro de Control de XM. Eso es clave que lo puedan hacer porque el Centro de Control de XM es una maravilla. Desde ahí se controla todo el sistema eléctrico colombiano.

Bueno, y eso empezó a muy a, a andar muy bien y se empezó a invertir.

¿Empezaron a haber inversiones interesantes, jugadores internacionales llegaron a invertir en el sector eléctrico, hubo privatizaciones, hubo movimientos positivos y eso empezó a generar réditos importantes y el cambio institucional?

Permitió que los operadores grandes, especialmente distribuidores, se volvieran profesionales del mercado, lo que lo que digamos pasó también en los noventas es que muchos de los operadores públicos de distribución quebraron.

YY entonces eso permitió que nacieran los jugadores privados, pero los jugadores

públicos que quedaron especialmente el grupo energía votada y la YEPM han continuado funcionando muy bien, mientras que los distribuidores de la costa. Pues nunca lo supieron hacer y por eso estamos en donde estamos con lo que pasó allá en la costa.

Y luego llegaron jugadores nuevos como Chelsea y demás que estuvieron entraron en la generación y en la y en la distribución.

¿Qué pasa ahora que el plan de crecimiento?

Primero que todo que los entes planeadores.

En este Gobierno han tenido cambios drásticos a partir de una institucionalidad dirigida por personas que no conocen el sector y que no tienen la experiencia ni el profesionalismo para hacerlo. Y lo digo sin embajes desde los ministros que han sido muy malos, nombrar a una mujer ambientalista como ministra de minas.

Y ahora el que tenemos, pues eso no ha ayudado. Pero además han querido meter la mano por todos lados, no solamente en él, en él, en el en la arme, sino en la creme, que es el regulador, en donde no solo la crea duró mucho tiempo sin tener expertos, sino que han tenido gente allí, pues de muy dudosa.

Calificación técnica y el Gobierno ha tratado de meter 1111 lista de mensajes más guiados por la ideología, en donde pues no ha ayudado a que eso camine bien.

¿Pero qué ha pasado? Pues que los planes de desarrollo de renovables en la Guajira.

Y además de eso, los planes de construcción de líneas de transmisión en la Guajira que son centrales, para eso no han avanzado y no han avanzado por oposición social. Las obras en Colombia necesitan consultas previas y en la Guajira hay muchas comunidades.

Esparcidas por todas partes y el número de consultas previas que ha necesitado la el Grupo de Energía para la Red Colectora, que es central para poder garantizar el flujo de energías renovables hacia la hacía hacia la hacia las redes centrales, pues no ha caminado, de hecho, no han podido terminar de construir esa.

Esa línea que tenía que haberse terminado ya, creo que este año, pero además muchos de los proyectos de generación renovable han fracasado y los inversionistas originales, pues han resolvió han resuelto tirar la toalla e irse, y eso,

pues ha generado que.

El plan que se tenía de sustituir tanto lo hidrológico como lo térmico por renovable, no se ha cumplido y al no renovarse a tiempo ese plan con plantas nuevas térmicas o con alternativas hidrológicas mejores, pues eso genera la posibilidad. De que esa simetría entre la oferta y la demanda se dañe, que la demanda empiece a superar la oferta y la única forma de igualar la demanda y la oferta es a partir de razonamientos. Entonces lo que dicen muchos técnicos es que.

Simón Cure 14:05

Pero.

Una pregunta ahí, con lo que dices, o sea, que estaba que botan la toalla. Muchos de los jugadores internacionales y todo saturar sería la ocupación por ciento, que al sector público.

Bernardo Vargas Gibsone 14:21

No, yo creo que yo creo que buena parte lo tiene este concepto de las de las comunidades activistas de esta zona, de los de los, porque ellos no están dejando operar y le ponen unas requisitos a las plantas que los cultivos prefieren en lugar de seguir.

Cayendo en una trampa estas consultas previas resuelven simplemente decir, mire, no le jalo, porque además, entre más consultas previas, más pedidos de la Comunidad, pues menos rentable le resulta las plantas. ¿Entonces, han dicho, no funcionó, no? Ahora claro, yo creo que el sector público.

Por lo que mencionaba antes por tener una institucionalidad que no ha hecho, sino estar erosionada desde que subió, pues hace que no haya gente técnicamente hábil para poder no ni planear. YYY regular en la UPME y en el regulador YY evidentemente pues.

Eso genera que hay gran culpa del sector público, de no estar atento a buscar incentivar un crecimiento mucho más dinámico, de las alternativas de generación YYY, de facilitar que las grandes obras como la colectora en transmisión se pueda

terminar a tiempo. Entonces sí. Yo sí creo que el sector público tiene una. 1° de culpa relevante allí.

Simón Cure 15:46

Digamos.

¿Ahí mencionas un factor muy importante, y es de los temas más difíciles de encontrar, gente que sepa o para entrevistar, qué son esos factores ya más monetarios? ¿No? ¿Cómo, cómo hacerlo de una forma atractiva, una oportunidad y qué jalan? ¿O sea, qué factores jalan esos?

¿Atractivos después de la rentabilidad misma de los proyectos que se proponen entonces no sé si me puedes mencionar, pues cuáles son los factores que en verdad hacen una, o sea, una inversión atractiva y por qué no? No lo están cumpliendo, o, o qué se podría potencializar y qué se necesitaría dar qué se necesitara.

Para que haya esa oportunidad que digamos. Nosotros estamos planteando en nuestra tesis.

Bernardo Vargas Gibsone 16:35

Claro, en yo, en la parte de transmisión lo conozco bien y obviamente la gente de la nosotros, cuando yo estaba en misa concursamos por ganarnos la colectora y perdimos y perdimos, porque nosotros le metimos un valor muy importante al costo de las consultas previas y la dificultad que hizo implementar para poder construir la línea.

Los del Grupo Energía de Bogotá fueron demasiado optimistas, cotizaron a un a un valor 100000000 USD. Yo no sé cuánto por debajo de iza YY ganaron, pero pues obviamente hoy en día les ha costado sangre, entonces parte de eso es para el transmisor.

Haber hecho una oferta, haber hecho una apuesta de tarifa que le permita sobrevivir y yo me imagino que para los generadores, también los generadores que ganaron licencias para construir renovables, pues tenían unos, unos.

Números de precio al que podían vender y de costo de la planta y de garantías de

venta de energía que les permitía, pues hacer cálculos y ser rentables, pero obviamente, ante todas estas consultas previas y las exigencias comunitarias, y el bajo apoyo del gobierno, pero los tipos tiran la toalla.

Ahí es clave hablar con algún generador con él con la gente de, de energía, de del Grupo de Energía, sin duda y con la gente, digamos, de algunos de los que están allá arriba, que son ENEL, por ejemplo, o isagen, por ejemplo. Puede ser mucha hablar con ellos.

Para que les cuenten cuáles son los factores específicos que son claves allá, pero digamos el más, el más relevante es hablar con alguien de los que se han bajado del bus y yo creo que la más grande creo que era de ENEL. Hay de Enel. Hay otros privados que se han bajado, hay que mirar mirar quiénes son los que se han bajado de.

De generadoras renovables en la Guajira y hablar y tratar de hablar con ellos ahí la sacan del estadio de ustedes.

Simón Cure 18:48

Sí, es que estamos usando bien, más allá de hablar del proyecto, como queremos presentar una oportunidad, toca totalmente buscar qué ha hecho o que ha impedido que esas oportunidades se materialicen es exactamente lo que tú dices, o sea, de pronto. Ver esos casos de la gente que les tocó bajarse del del bus es muy interesante y pues no, no sé si de pronto tú.

Conozcas a alguien específico que podemos contactar.

Bernardo Vargas Gibsone 19:17

¿Déjame y lo pienso en el sí, seguramente conozco a alguien que pueden hablar con ellos pero busquen en el Colombia, no en el Colombia que está en Bogotá y te imaginas eso? Eso son claves y si tienen problemas les ayudo, pero tal vez la charla más importante es con alguien que haya pasado por XM o porque conozca eso de XM.

Simón Cure 19:24

Sí.

Combariza, Andres 19:25

Sí, sí, señor.

Bernardo Vargas Gibsone 19:38

Porque el problema con eso es que si ustedes hablan con funcionarios actuales, yo no sé qué tanto les pueden contar porque ellos tienen un conflicto porque al final del día pues tienen, pero con funcionarios que han salido y hay muchos y que han pasado por la Junta XM.

Simón Cure 19:38

O K.

Sí.

Bernardo Vargas Gibsone 19:57

Pues muchos pueden, pueden ser claves, claves. Sí, y yo les puedo dar los nombres de gente que con que deberían hablar o con académicos, por ejemplo Jaime Millán o Jesús Botero, por ejemplo. Aquí en Medellín son claves esos hablar con esos 2 es súper clave.

Bernardo Vargas Gibsone 20:21

Y Jesús Botero es un profesor de afate. Él, además, va a estar encantado de hablar con ustedes, que son alumnos de universidad y Jaime Millán, pues es un conocido x bit, experto en energía, y que además tiene ya casi 80 años. Entonces él participó en todo lo del diseño de.

Combariza, Andres 20:22

Jesús Botero.

Bernardo Vargas Gibsone 20:44

De las nuevas leyes y demás.

Simón Cure 20:47

Sí y una pregunta tú desde tu rol desde, pues de iza y de todo, pues también viste mucha expansión, pues de región, no solo un a nivel Colombia, digamos.

¿Qué? Qué factores así, resaltarías mucho en, digamos, ejemplos positivos y negativos con los países vecinos.

Bernardo Vargas Gibsone 21:08

Sí, mire, yo creo que mire él. El desafío grande de las empresas transmisoras como ISA es lo mismo que para generadoras y para estudios. Horas es el tema ambiental y el tema social y el tema financiero, pero yo creo que esto es menor si usted logra tener claro el costo que implica.

¿El tema ambiental o las demoras que implica eso más la parte social, entonces usted puede darle 111? Puede trabajar con unos números que le permitan, digamos, invertir con tranquilidad y al final obtener un retorno. En Chile, por ejemplo, es un camello funcionar porque allá.

No se hablan entre los ministerios, el de medio ambiente y el de energía. ¿No se habla, no tienen YY es muy difícil hacer infraestructura en Chile, en Perú, en cambio tienen una mejor coordinación en donde el Gobierno es su aliado, el Gobierno que necesita que se haga la línea que necesita, que se haga la planta entiende su problemática, es capaz de sentarse con el sector privado?

Oírle la problemática y ayudarlo en la medida de lo que pueda, facilitando incluso hasta regulación. Entonces yo creo que en Colombia yo creo que veníamos teniendo un sector público relativamente colaborador de ese tema, pero con este sector público de ahora, pues no hay sino desconfianza. Los agentes del sector eléctrico.

Desconfían profundamente de los funcionarios que han llegado allá en el Gobierno Petro.

Simón Cure 22:38

O K.

Combariza, Andres 22:40

Un día.

¿Yo, yo tenía una pregunta más como así, si tú si tú tuvieras que en este momento poner en práctica y te dieran y tú una cantidad de 500000000 USD, tú cuál? ¿Cuál crees que sería primero que todo, esa, esa oportunidad que le ves más futuro?

¿Para resolver todo este tema que hemos venido hablando y número 2 a la cuál sería el cambio si es que le Harías algún cambio a la regulación para que tú pudieras invertir tranquilamente estos? Esta plata no sé si me explico.

Bernardo Vargas Gibsone 23:16

Mira la regulación como venía, pues llevaba 20 años funcionando muy bien, más de 20 años y yo creo que había cosas que hacer y yo pienso, por ejemplo, que la UME podía tener unos planes mejor diseñados, con mayor anticipación. Podía ser más visionaria de lo que venía tanto en la parte digamos normativa YY constructiva, como en la parte tecnológica.

Tratar de impulsar para que haya tecnologías nuevas en transmisión y en generación y en distribución. Yo creo que el tema de precios es un tema que hay que estudiarlo y ahí hay cosas por hacer, pero para eso se necesita una institucionalidad sólida y robusta.

Y que genere confianza el problema de la institucionalidad actual es que genera, es desconfianza y entonces es muy difícil trabajar con esa institucionalidad.

¿Entonces si tú me dices invertir 500000000 USD en Colombia, hoy el sector eléctrico me haría dudas con la institucionalidad existente? Si esa institucionalidad cambio YY no hacen bestialidad.

Unidades de aquí a que se acabe este Gobierno y llega una nueva institucionalidad, yo creo que aquí hay muchas oportunidades, pero claro, hay un,

hay cosas que reformar YY lo primero por lo que yo empezaría es este concepto de las de las consultas previas, eso no le sirve a nadie, es anacrónico eso lo único que genera es una patente de corso para que activistas.

¿Sociales se lucren pasando a las empresas por temas que no tienen que ver con lo que tiene que hacer una empresa y evidentemente eso es un tema muy grave y en la parte ambiental yo creo que hay cosas para ser para mejorar, pero yo diría que ella el peor anacronismo de la ley colombiana para permitir?

Que las inversiones en el sector eléctrico funcionen mejor es el tema de las consultas previas, diría yo.

Simón Cure 25:21

¿Digamos si yo le entregó las llaves del Ministerio de Energía y o pues del Gobierno en general, usted, cómo? ¿Cómo, cómo lidia con eso? Como activistas, no es que lidiar con activistas y sindicatos, me imagino que.

Bernardo Vargas Gibsone 25:36

No, eso, eso toca. Lamentablemente irse al Congreso. Eso toca irse al Congreso YY explicarle al Congreso que si no quieren sufrimientos violentos, como traen razonamientos o apagones, es necesario modificar leyes que sean amigables con la inversión, que eso es una un postulado que este Gobierno no cree, porque este Gobierno cree que el único.

Capaz de hacer inversión pública es el gobierno mismo, ellos no creen en el mundo de las de las propuestas público privadas, que es lo que a los países pobres nos toca hacer, porque si el Gobierno tuviera los recursos fiscales para hacer lo que tiene que hacer, solo magnífico. Pero en los países como nosotros, eso es imposible.

Y por eso es necesario que los sectores públicos trabajen con el sector privado y este Gobierno no lo siente así. ¿Entonces? Pues de entrada eso genera un anacronismo y un tema bien complejo.

Combariza, Andres 26:32

¿Ahí, con base a lo que dices yo tengo entendido que en México últimamente se ha establecido como una política de 15149, público privado a TI? O sea, consideras que esa propuesta es beneficiosa, que de pronto se podría replicar en Colombia. O que no es beneficiosa. ¿Cómo lo percibes?

Bernardo Vargas Gibsone 26:52

El sector eléctrico el sector eléctrico en México funciona pésimo, nada. Yo no tomo a México como ejemplo de nada, eso es la CFC. ¿Funciona mal? Ese no es un ejemplo. Bueno, hay otros ejemplos mejores donde hay mejor regulación, de pronto en algunas ocasiones Perú digo, hay cosas en Brasil interesantes, pero efectivamente no es México.

Combariza, Andres 27:03

Sí.

O K.

Bernardo Vargas Gibsone 27:15

Y tampoco los Estados Unidos.

Combariza, Andres 27:17

O sea, o sea, no es una buena propuesta. Consideras que eso es, pues no funcionaría en el país.

Bernardo Vargas Gibsone 27:20

No, no, eso es simplemente un tema ideológico, que es que el Gobierno tiene que estar como parte de un tema, controlando los sectores de servicios públicos. No es un anacronismo, es un tema ideológico con sobre el cual no estoy de acuerdo para nada.

Combariza, Andres 27:38

O K perfecto.

Bernardo Vargas Gibsone 27:41

Listo, señores, mire a la orden, cualquier cosa. Miren bien las cosas y necesitan que yo los ayude. Con nombres, me avisan.

Combariza, Andres 27:48

Perfecto bernardo, 1000. Gracias por la disposición y por el tiempo igual.

Simón Cure 27:49

Y nos ayude mucho, pero en verdad mucho.

Bernardo Vargas Gibsone 27:51

Te amo, gusto Andrés, conocerlo YY saludos. Simón, un abrazo.

Simón Cure 27:56

Muchas gracias por el tiempo y la disposición siempre.

Combariza, Andres 27:56

Bueno, señor.

Bernardo Vargas Gibsone 27:58

Chao, saludos.

Combariza, Andres 27:59

Que estés bien.

9.7.5 Entrevista #4: Manuel Rodríguez-Becerra

A continuación, se adjunta la transcripción de la entrevista.

[7:42] Andres Mauricio Combariza Salazar: Doctor Manuel. Doctor Manuel, cómo está? Ahí lo escucho, quisiera confirmar si me escucha.

[8:24] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: No sé qué pasa con el sonido. No, no se preocupe.

[8:35] Andres Mauricio Combariza Salazar: Ahí lo escucho perfecto.

[8:38] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: ¿Usted me escucha a mí?

[8:41] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: A ver, a ver. ¿Me está escuchando?

[8:48] Andres Mauricio Combariza Salazar: Lo escucho perfecto.

[8:51] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: Yo no lo escucho a usted.

[8:55] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: No lo estoy escuchando. ¿Cómo está, doctor Manuel? No lo escucho. Usted me escucha? Yo tengo el micrófono prendido. Pero yo no lo escucho a usted. Yo no lo escucho. No, está bien por esta, pero qué raro que no lo puede escuchar. Tiene el micrófono abierto o no?

[9:29] Andres Mauricio Combariza Salazar: Sí, señor. Está abierto.

[9:39] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: Ahí hay entonces no me escucho todavía. Ya lo oigo. Sí, perfecto.

[9:50] Andres Mauricio Combariza Salazar: Andres Mauricio, cómo estamos?

[9:53] Andres Mauricio Combariza Salazar: Cómo está el doctor?

[9:59] Andres Mauricio Combariza Salazar: Mil gracias por aceptar nuestra invitación para comentarle. Simón ahorita tuvo un percance, no se pudo conectar, pero entonces pues la haremos los dos. Mil gracias por su tiempo.

[10:14] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: No, bueno, cuéntenme en qué puedo colaborarle.

[10:18] Andres Mauricio Combariza Salazar: Bueno, doctor, no, para comentarle un poco. Nosotros, Simón y yo estamos, somos estudiantes de Administración en el CESA y ya estamos en último semestre. Lo que estamos haciendo es nuestra tesis de grado y la estamos enfocando en explorar oportunidades en el sector energético en Colombia. Para eso hemos estado investigando mucho acerca del histórico de la industria energética, de la matriz, de las problemáticas que ha habido y queremos pues nos pareció muy interesante contactarlo usted ya que fue ministro de ambiente para que nos dé de pronto un poco de un poco de color hacia acerca de usted como el sector cuál ha sido su experiencia trabajando o lo que ha visto en este en este contexto y bueno no como tener una conversación al

respecto que nos que nos cuente un poquito de pronto si quiere empezar por su experiencia, que agradecemos mucho que un perfil como el suyo nos haya dado esta oportunidad.

[11:34] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: Bueno, muchas gracias. Entre otras, digamos, mis planteamientos centrales sobre la transición energética están en un libro que escribí en septiembre, que publiqué en septiembre del año 23. Que se llama Presente y Futuro del Medio Ambiente en Colombia. No sé si usted lo ha visto, porque si no lo ha visto, yo creo que sería útil.

[12:02] Andres Mauricio Combariza Salazar: Perfecto, no lo tengo presente, pero lo podemos buscar.

[12:06] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: Sí, Presente y Futuro del Medio Ambiente en Colombia, editado por Landon House. Y además hay muchas bibliografías sobre el tema, etcétera. Bueno, el tema de la energética hay que enmarcarla en la descarbonización de la economía en Colombia. Colombia adquirió un compromiso de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero de aquí al año 2030 en un 51%. Entonces, hay un plan para el efecto, un plan que se aprobó durante el gobierno de Duque. Y básicamente hay que recordar que el 52.9% de las emisiones de gases de efecto invernadero proceden del cambio del uso del suelo e incluye todo el tema de la deforestación, todo el tema de la ganadería, los cultivos agrícolas, las agriculturas, el 52.9%. Por quema de combustible fósil es del orden del 30%. Entonces, claro, para cumplir Colombia sus compromisos tiene que generar una estrategia que parte del reconocimiento de que la mayor oportunidad está justamente detener la deforestación, restaurar masivamente bosques, hacer plantaciones forestales, transformar la ganadería mediante sistemas pastoriles intensivos. Ahí está como la pepa del almendrón. Y obviamente también tiene que hacer la transición energética entendida como la sustitución de combustibles fósiles por energía eólica y energía solar, en el caso particular de Colombia. Ese es un punto en el cual hay que tener mucha claridad, porque se ha generado mucha confusión en Colombia con el tema. Ese es el caso, por ejemplo, de la política de Petro, que inauguró su gobierno. Dijo no, lo que hay que hacer es detener la exploración y la explotación de gas y petróleo,

porque esa es la forma en que Colombia puede contribuir a la mitigación del cambio climático a nivel global. Es una posición completamente errónea, puesto que si Colombia deja de ofrecer carbón, petróleo y gas en el mercado global, pues otro país va a tomar ese negocio, va a hacer la oferta que deja de hacer Colombia. Entonces Colombia no exporta gas, carbón y otro y otro país hace la oferta a los que lo necesiten y por consiguiente las emisiones de gases de efecto invernadero no se van a ver perturbadas o no se van a ver cambiadas por la decisión de Colombia. Digamos, ese es un punto muy central en todo este tema. En ese marco, pues sí, obviamente, digamos, hay incluso un documento de desarrollo, que valdría la pena que lo miran, de Juan Benavides, sobre, justamente sobre el tema, que trata de responder a la pregunta, ¿qué velocidad debemos hacer la transición energética? Y ellos, con un modelo que aplican o lo que sea, dicen, La transición energética hay que hacerla a un ritmo tal que no sacrifique un solo punto del crecimiento económico. Ese es como el punto central de ese documento. Y en esa perspectiva, pues sí, hay unas oportunidades de proyectos de energía eólica y energía solar. Sin embargo, cuando uno ve la actual situación, creo que ayer salió un informe en El Tiempo, creo que ayer o antier, pues que se muestra o se reitera nuevamente en un punto, y es que Colombia hizo una serie, digamos hizo todo un proceso de una subasta para energías renovables no convencionales. Diferentes empresas ganaron esa subasta, pero hoy en día todo ese proceso tiene un gran atraso como consecuencia de diferentes fenómenos, entre ellos la oposición de comunidades indígenas de la Guajira en el caso de la energía lleca. De acuerdo, me parece muy valioso.

[17:53] Andres Mauricio Combariza Salazar: Para comentarlo un poquito, nosotros hemos hablado ya con un par de personas involucradas en el sector y justamente nos da mucha curiosidad eso último que acaba de mencionar, que es el tema social, que es que no lo pensamos nunca, pero nos estamos dando cuenta de que estas comunidades indígenas, así como mencionaba, u otras personas, no sé, de perfiles ambientalistas, han sido una oposición bastante grande para el desarrollo de estos proyectos. Entonces, eso daría como pie a mi pregunta, y es, ¿cómo cree qucomo pie a mi pregunta, y es, ¿cómo cree que este riesgo se

podría admitir en primer lugar, y en segundo lugar, quizás, ¿qué oportunidades hay para las empresas privadas si es que se llega a mitigar este riesgo?u[18:55]

Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: No, pues el tema es que, en última, las comunidades lo que están solicitando, o digamos, la oposición de las comunidades se basa en su aspiración muy legítima de obtener beneficios de esa energía eólica ubicada en su territorio. Son resguardos indígenas bayú. Que haya unos molinos de vientos en un territorio genera problemas y tiene costos para el territorio, y para la gente que vive ahí, y para la fauna también. Entonces, ahí es lo piden, finalmente es una compensación y alguna utilidad. Y eso se está haciendo así en algunos países, con exactamente el mismo problema. Pero yo creo que en Colombia se ha avanzado muy poco en eso. Y mientras no se resuelve ese tema, yo creo que es muy difícil. Porque las comunidades, repito, muy legítimamente aspiran a que claramente, a que claramente ellos sean beneficiarios de la ubicación de esos molinos de viento en su territorio.m[20:15] **Andres Mauricio**

Combariza Salazar: ¿Cuál creería usted que podría llegar a ser un mecanismo de negociación o de pronto una forma en la que se pueda superar esa barrera?u[20:30]

Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: El mecanismo de negociación es ver en qué forma pueden beneficiarse las comunidades económicamente ese hecho y para eso hay como diferentes esquemas posibles. Entonces yo creo que sí, y puedo buscar seguramente en la web donde hay experiencias de ese tipo. Pero ahí está como parte del problema. El otro problema también que está habiendo es el de la interconexión eléctrica. Hubo un atraso en la interconexión eléctrica con las hidroeléctricas, por ejemplo, el caso de Hidrosotomoso con Bogotá. Y hay un atraso también muy grande en relación con la interconexión eléctrica de los sistemas de energía eólica. En la interconexión se requiere, puesto que el sistema de interconexión para energía hidráulica es diferente. Se requiere un sistema de interconexión diferente al de las energías hidráulicas. Y, de nuevo, hay un retraso en la interconexión eléctrica en el país, incluyendo la eólica y la hidráulica y la solar. Como consecuencia justamente de la oposición de muchas comunidades y propietarios a que se coloquen las torres de interconexión en sus predios.

[22:08] Andres Mauricio Combariza Salazar: Entiendo que este problema de la transmisión también está dejando mucha demanda entendida, ¿o cómo?

[22:19] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: lo vemos en ese aspecto. Están restringiendo la posibilidad de utilizar esa energía y por lo siguiente restringiendo, digamos, limitando lo atractivo que puede ser un negocio.

[22:38] Andres Mauricio Combariza Salazar: Claro, sí, y entonces esto mitiga mucho la inversión extranjera y demás condiciones. Yo, por lo que hemos investigado, la CREG, que es el regulador del sistema, en general parece que hace un buen trabajo en la planificación. Sin embargo, quisiera preguntarle, ¿qué errores ve en esa planificación? Si es que ve algún...

[23:09] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: El problema de la transmisión de autoridad competente es el Ministerio del Medio Ambiente. Exactamente. Y no está en la concentración con los interesados, pero se requiere como superar ese obstáculo, sin duda. Pero está en manos del Ministerio del Medio Ambiente, realmente. La capacidad que tenga el Ministerio del Medio Ambiente de concertar con los grandes actores. A nadie le gusta que en el patio detrás de su predio haya una torre de transmisión. Como a nadie le gusta tampoco que detrás de su predio haya un botadero a cielo abierto. Eso es así. Entonces, claro, hay muchos casos. Por ejemplo, un caso que conozco. Del salto de Tequendama. Entonces ahí hay una fundación que lucha muy corajudamente para mantener el paisaje del salto del Tequendama para que el caudal del salto sea el adecuado. Y todos esos temas pues están abriendo pasos más abajo cuando va a estar descontaminado en unos cuatro o cinco años. Entonces ahí el salto Tequendama tendrá toda su fuerza, toda su belleza, no habrá malos olores, etcétera, etcétera. Pero esa fundación se ha puesto muy fuertemente a unas torres de interconexión que de alguna manera obstruyen el paisaje o perjudican el paisaje. Pero así hay N casos. Entonces, es un tema del cual el Ministerio del Medio Ambiente debería tener una acción mucho más fuerte buscando concertación, compensaciones, etcétera, etcétera. Sí, perfecto. De acuerdo.

[25:34] Andres Mauricio Combariza Salazar: Entonces, creo que estamos de acuerdo con que el principal problema es la social que existe. Y bueno, ya

pasando como a otras variables que puedan afectar, últimamente hemos visto bastantes noticias y hemos hablado con personas que nos han comentado que, por ejemplo, se está evaluando retirar el cargo por confiabilidad para las generadoras, ¿Qué se está haciendo? Se está tratando de facilitar la operación en la generación de energía para el licenciamiento ambiental. Creo que esta misma semana salió un proye. Creo que esta misma semana salió un proyecto de ley que busca eso. No sé si nos podría dar de pronto su concepto. Acerca del tema. El proyecto básicamente busca facilitar la puesta en operación de diferentes plantas por el licenciamiento ambiental, es decir, como destrabar el proceso para que entren en operación. Sin embargo, por lo que me comenta veo que de pronto esa no es No, yo no creo que sea la salida.e[27:04] **Manuel Cipriano Rodríguez**

Becerra: Las comunidades tienen el derecho a protestar y a reclamar sus derechos. Y un derecho al paisaje. Ese es un derecho que tienen las comunidades. Entonces pasar por encima de las comunidades en ese tipo de derechos puede ser aún más problemático.e[27:36] **Andres Mauricio Combariza**

Salazar: Ok. Perfecto, perfecto. Súper valioso esa percepción. Y ya como de pronto un último tema a discutir o a comentar, quisiera saber entonces qué oportunidades ve en el sector. ¿Considera que se está siguiendo una línea correcta en este momento con la transición? ¿O cree que el país debería tomar otro camino?

[28:09] **Manuel Cipriano Rodríguez Becerra:** La perspectiva de Petro es errónea. Y eso ha generado que vaya a haber escasez de gas en los aunque ya lo está viendo, eso genera pérdida de oportunidades de ingresos para el país que pueden ser utilizados, por ejemplo, en la diversificación económica a otras áreas, etcétera. Entonces, ahí hay un error en este país. Para la empresa privada, pues sí, hay unas oportunidades, obviamente. Las plantas eólicas, la energía solar, son en general un buen negocio. Pero pues para que sea atractivo para el sector privado, el Ministerio del Medio Ambiente y el ANLA tienen que, la Agencia Nacional de Licencias Ambientales, tienen que buscar minimizar los obstáculos. Porque obviamente la empresa privada, y en particular la internacional, pues tiene otras oportunidades en otros países.

[29:24] Andres Mauricio Combariza Salazar: Es decir, básicamente lo que usted considera es que debe hacerse más atractivo el mercado colombiano para que la inversión extranjera sea mejor y poder potenciar como esa inversión masiva en este tipo de energías, precisamente.

[29:48] Andres Mauricio Combariza Salazar: Y bueno, ya última pregunta para no quitarle mucho más tiempo. A nosotros nos ha parecido muy interesante el tema de los apagones que hubo hace ya hace casi 30 años y de hecho el año pasado que se vivió un tema muy fuerte por el fenómeno del niño y las sequías que hubo, nos sorprende que el país haya sido capaz de no tener apagones y que no se hayan llegado a tener esas medidas como ocurrió en otros países de Latinoamérica como Ecuador o como por ejemplo pasó en España hace poco tiempo. ¿Cuál cree Entonces,paña hace poco tiempo. ¿Cuál cree Entonces, ¿qué es la mayor ventaja en este aspecto que tiene Colombia o como las fortalezas que sí existen en el sistema eléctrico acá en Colombia?.,**[30:49] Manuel Cipriano**

Rodríguez Becerra: Bueno, primero, Colombia tiene una gran ventaja en que todavía tiene un gran potencial en energías renovables convencionales, específicamente en energía hidroeléctrica. Pero con energía hidroeléctrica, pues, hoy en día, el riesgo del cambio climático. Y para mitigar el riesgo del cambio climático, los países que tienen mucho potencial en energía hidroeléctrica, lo que están haciendo es construyendo represas más grandes para darle más seguridad al tema. Y obviamente, pues, Colombia tiene esa oportunidad. Y de todas maneras, en adición a que hay que hacer represas más grandes, de todas maneras hay que tener un Backus de termoeléctricas en particular. Pero claro, eso ya entra en el tema de la adaptación al cambio climático. Es un tema que ustedes en su tesis, porque claramente frente al cambio climático, estos países tienen que hacer unos proyectos muy sustanciales de adaptación.,**[32:09] Andres Mauricio**

Combariza Salazar: Y en el área del agua, en particular, pues tienen que hacer proyectos que, por ejemplo, aseguren que Bogotá va a tener provisión de agua potable en medio de grandes sequías generadas por el cambio por el fenómeno del niño reforzado por el cambio climático y lo mismo vale para entonces hay algunas posibilidades perfecto doctor pues mil gracias creo que sus aportes son

muy valiosos y su experiencia en el sistema y pues en general en el país es de admirar entonces pues nada de parte de Simón que no puedo estar lastimosamente y Mía queríamos agradecerle por su tiempo por su voluntad y no de pronto para para ya finalizar si pudiera poner en una frase muy ¿Cuál es el futuro de la industria eléctrica y energética en Colombia?

[33:28] Andres Mauricio Combariza Salazar: No, el futuro tiene que ver con la tesis de desarrollo.

[33:36] Manuel Cipriano Rodríguez Becerra: En la transición energética hay que hacerla a un ritmo tal que no se sacrifique un solo punto del producto bruto de crecimiento del producto bruto interno. Justamente la política de Petro va contra Pérez. Es un tipo de política de transición energética que sacrifica, está sacrificando y sacrificaría más el punto del crecimiento del PIB. Ahí en mi página web encuentro, no sé si se ha consultado mi página web, que es Manuel Rodríguez hay muchos debates y cosas sobre este tema perfecto nos lo tendremos muy en cuenta al igual que su libro que ya tenemos anotado entonces doctor mil gracias por aceptar este tiempo saludo a su compañero y bueno mil gracias por el tiempo y espero que tengamos Muy buen día. Hasta luego.

9.7.6 Entrevista #5: Felipe Bayón, CEO de GeoPark

1) Mensajes centrales (resumen ejecutivo)

- **Seguridad y soberanía energética** como ejes: la matriz debe poder **garantizar firmeza** y acompañar el crecimiento económico.
- **Renovables intermitentes:** aportan descarbonización, pero **no tienen la misma capacidad firme**; requieren respaldo (hidro, térmica, gas) y **BESS**.
- **Factor de planta importa:** la **térmica** es la que más aporta en firmeza hoy; el diseño de portafolio debe reconocerlo.
- **Permisos y licenciamiento:** urge **acelerarlos** ponderando el impacto humano y el **beneficio general** (que debe primar sobre el particular).

- **Plan 5–20 años:** mirar toda la cadena (hidro en cascada, geotermia, gas, petróleo, carbón) con foco en **realismo económico** y protección del ingreso de los hogares.
- **Transición responsable:** si la transición **aumenta la pobreza, no sirve;** hay que **bajar la huella** sin deteriorar bienestar.
- **Riesgo país 2024–2025:** crisis acelerada por decisiones de gobierno; señales de **apagón** y **escasez de gas**; recuperación tomará **tiempo y capital**.

2) Seguridad y soberanía energética

- Priorizar una **matriz equilibrada** que asegure suministro continuo y estable.
- La expansión debe **acompañar el crecimiento** de la economía; planificar por **secuencia y ritmo**.

3) Renovables, firmeza y factor de planta

- Las renovables intermitentes **no aportan la misma firmeza** que la térmica y la hidro.
- El **factor de planta** es determinante para la seguridad; hoy la **térmica** lidera en aporte firme.

4) Permisos, licencias y criterio de interés público

- **Acelerar permisos** considerando el **impacto del ser humano** (calidad de vida, empleo, acceso) como parte del análisis.
- Principio rector: el **beneficio general debe primar** (sobre el particular) en decisiones de infraestructura energética.

5) Hoja de ruta 5–20 años (enfoque de portafolio)

- Formular un **plan a 5 años** con **visión a 10–20 años**.
- Evaluar **todas las fuentes:** hidro (en **cascada**), geotermia, gas, petróleo y carbón.

- Seleccionar combinaciones que **no empobrezcan** a la población; mirar **toda la cadena** (desde oferta hasta transmisión/distribución y demanda).
- Colombia conserva **fundamentos de largo plazo** positivos si se encauzan bien las decisiones.

6) Transición y bienestar

- **Reducir huella** (emisiones e impactos) de manera **responsable**.
- La transición **no debe aumentar la pobreza**; medir sus efectos distributivos.

7) Emisiones y gestión de la demanda

- **Atacar emisiones** y el **impacto del consumo**: eficiencia, gestión de demanda y electrificación inteligente.
- Incorporar cómo la **gente percibe la energía** en las políticas (confianza y aceptación social).

8) Zonas No Interconectadas (ZNI) y autogeneración

- **Autogeneración** cambia vidas en ZNI: aun pocos paneles permiten “prender cositas” y mejorar bienestar.
- Explorar **venta de excedentes** cuando la regulación lo habilite; potencial para integrar ZNI con el sistema.

9) Marco regulatorio

- "Siempre hay posibilidades **si la regulación es clara**".
- Claridad normativa habilita inversión en **generación, almacenamiento y redes**.

10) Demografía y crecimiento

- Preocupación por un **país envejeciendo** y con **menor crecimiento** potencial; demanda y capacidad deben planearse con esa realidad.

11) Coyuntura y evaluación de gobierno (2024–2025)

- El **gobierno actual habría acelerado la crisis** del sector.
- Se **desmontaron** o **bloquearon** mecanismos/proyectos existentes.
- Riesgos: **apagón** y **escasez de gas**.
- La **recuperación** requerirá **tiempo** y **plata** (inversión sostenida, señales claras).

9.7.7 Entrevista #5: María Nohemí Arboleda, presidenta de XM

1) Rol de XM y marco regulatorio

- XM enfatiza que su función principal es **operar el sistema** y **administrar el mercado**, **garantizando la confiabilidad** y la continuidad del servicio.
- Sus decisiones se **basan en la regulación de la CREG**; **no fijan ni controlan los precios de la energía**. Si bien aportan insumos técnicos para la formulación de reglas, la **definición tarifaria y normativa** corresponde al regulador.
- Como operador, **monitorean riesgos** del sistema (combustibles, hidrología, redes, demanda) y **emiten alertas** cuando identifican vulnerabilidades que puedan afectar el balance entre oferta y demanda.

2) Balance oferta–demanda y pilares de abastecimiento

- El abastecimiento nacional descansa en dos pilares físicos:
 1. **Generación térmica** (especialmente a **gas**, apoyada por **planta de regasificación**), y
 2. **Generación hidroeléctrica**.

- **Cualquier indisponibilidad** relevante en estos recursos (combustibles, embalses, indisponibilidad forzada) **pone en riesgo la demanda**, dada la alta dependencia hídrica del sistema colombiano.
- Si las térmicas **no disponen de combustible**, es necesario **gestionar abastecimiento alternativo** (p. ej., gas de campos nacionales, importado o sustitutos) para **mantener el balance** y la seguridad del suministro.

3) Dependencia hídrica, variabilidad climática y reservas

- Colombia es un **sistema predominantemente hídrico**. En periodos **El Niño** los **aportes hídricos disminuyen** y el sistema enfrenta **ciclos de estrechez** que exigen mayor respaldo térmico y **reservas operativas adecuadas**.
- Sin preparación suficiente (combustibles firmes, reservas, redes), pueden presentarse **apagones** o eventos de inestabilidad. XM subraya la necesidad de **reservas** y **criterios técnicos** robustos para sostener la operación ante choques.

4) Expansión, retrasos y riesgos de ejecución

- La **expansión** prevista **hasta 2028** descansa de forma importante en la **solar fotovoltaica**.
- Sin embargo, **preocupa el retraso** de los proyectos: según se indicó, a **2025 solo ~1,8%** de los proyectos esperados **han entrado en operación**, lo que **agota la reserva** disponible y **reduce el colchón de confiabilidad**.
- Además, la **ejecución de transmisión y generación** suele presentar **atrasos de varios años**, de modo que, aun cuando se planifique con anticipación, **los refuerzos llegan tarde** respecto al **crecimiento natural de la demanda**.

5) Integración de renovables variables y curva de demanda

- La **participación de la solar** será mayor, pero su **variabilidad** introduce retos: aunque la **radiación** promedio sea relativamente **plana**, la **nubosidad** puede **reducir súbitamente** la generación.
- La **curva de demanda** presenta **picos al mediodía y en la noche**; es clave **aplanarla** con **gestión de demanda** y señales adecuadas.
- Dado que **el sol se oculta** en horas específicas, se exige **flexibilidad** y **capacidad de respaldo** para **cubrir mañanas, atardeceres y noches**.

6) Almacenamiento (BESS) y regulación emergente

- **Las baterías (BESS)** son vistas como **clave** para integrar renovables, gestionar rampas y proveer servicios complementarios.
- Se mencionó la existencia de un **proyecto de resolución** para habilitar mejor su participación y **“abrir la puerta” regulatoria**. Países como **Chile** sirven de **referencia** para el desarrollo.
- Hay **oportunidades** en BESS, pero deben considerarse **vida útil, exposición a mercado** y **modelos de remuneración** para que resulten bancables.

7) Gas natural y planta de regasificación

- Respecto a la **seguridad de abastecimiento de gas**, XM advierte **riesgos**: la **generación térmica a gas** depende de **combustible firme** y de la logística (incluida la **regasificación**) para responder en periodos de hidrología crítica.

8) Mercado, contratos y señales de inversión

- El **Cargo por Confiabilidad (CC)** funciona como un **seguro pagado por la demanda** para asegurar firmeza en momentos de escasez.

- Frente a la **incertidumbre** regulatoria y propuestas de **modificación del CC**, XM señala que **restar atractivo** a este mecanismo puede **ahuyentar inversión** o incentivar la **salida** de activos firmes.
- Para **renovables** (p. ej., **solar**), la **baja firmeza** implica que se **comprometen a niveles conservadores**. Sin **señales adecuadas** (p. ej., **subastas de largo plazo** y **PPAs**), terminan **expuestos al spot**, con mayor **riesgo de ingresos**.
- La **inestabilidad regulatoria** dificulta **fijar precios a 15–20 años**, elevando primas de riesgo y afectando el **financiamiento**; por ello, **mecanismos de flujo de caja predecible** son determinantes para atraer capital.

9) Redes, estabilidad y riesgo sistémico

- Con mayor penetración de renovables variables, el sistema enfrenta **retos técnicos** (rampas, inercia, control de frecuencia y tensión). Sin **criterios y reservas**, existe riesgo de **colapso de red** ante fenómenos adversos.
- XM subraya que **los apagones** ocurren cuando **no se está preparado** para **mantener las condiciones** operativas requeridas.

10) Política pública, certidumbre y dinamismo sectorial

- Cambios regulatorios frecuentes o **“reinicios” de planes energéticos** en horizontes de gobierno **restan atractivo** a la **inversión extranjera**.
- Se han adoptado **criterios temporales** para **acelerar proyectos** enfocados en **entrada en operación** y se han dado **facilidades de conexión**, aunque persisten **cuellos de botella**.
- El sector es **dinámico**, **envía señales** y está **abierto** a evaluar **nuevas tecnologías y propuestas**. No todas se adoptan, pero **muchas sí** avanzan tras evaluación técnica.

11) Innovación y plataformas

- Se discutieron iniciativas como **válvulas inteligentes (smart valves)** y la **apertura regulatoria** para **baterías**.
- Se mencionó **EcoGox**, una **plataforma de activos ambientales** que **usa blockchain** para **verificar y garantizarla trazabilidad y veracidad** de la energía generada y los certificados asociados, con participación de **entidades certificadoras**.

12) Talento y organización

- Se aludió a **retos para atraer talento** con las **condiciones actuales** del sector/organización. Existe sensibilidad pública acerca del rol del **operador** y de la **naturaleza** de su actividad; XM insiste en su **mandato técnico y no lucrativo** respecto a la **formación de precios**.

13) Conclusiones de XM

- Hay una **estrechez** que **exige atención**:
 - **Recursos a gas** con **incertidumbre** de abastecimiento,
 - **Redes atrasadas**,
 - **Ejecución de generación** con demoras,
 - **Demanda creciente**, y
 - **Fenómenos naturales** (variabilidad climática) que **estresan** el sistema.
- La **diversidad de fuentes** y la **flexibilidad** (térmicas con combustible firme, **BESS**, gestión de demanda) serán centrales.
- **Señales estables y de largo plazo** (contratos/PPAs, mecanismos de firmeza y flujo de caja) son **críticas** para **movilizar inversión y mitigar riesgos**.