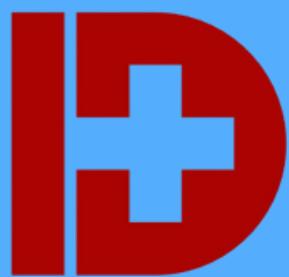


COLOMBIA 2030

LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS
PARA EL FUTURO DE COLOMBIA

ENERGÍA



INNOVACIÓN
PARA EL
DESARROLLO

ARQUITECTURA TEMÁTICA Y EQUIPO AUTORAL

Colombia 2030 se construye a partir de una agenda temática amplia y diversa, que cubre desafíos que enfrentará el país a partir de este año y que en 2030 necesitamos haber redireccionado.

Presentamos los resultados de la iniciativa en esta serie de documentos, en la que se abordan de manera específica los temas de industria y comercio; ciencia; salud; ambiente; educación; tecnologías de la información y las comunicaciones; migración; energía; economía; seguridad; desarrollo del Pacífico y desarrollo urbano. Para cada tema se aporta un análisis riguroso y las propuestas concretas sobre las que deben cimentarse las decisiones.

Innovación para el Desarrollo (I+D) agradece especialmente a las y los expertos responsables de la elaboración de los documentos: Javier Garay, en industria y comercio; Diego Fernando Hernández Losada y Juan Mauricio Benavides Estévez-Bretón, en ciencia; Iván González y Mariana Pardo, en salud; Francisco Cruz, junto con Diego Fernando Hernández y Juan Mauricio Benavides Estévez-Bretón, en ambiente; María Victoria Angulo y Maximiliano Gómez, en educación; Iván Durán y Víctor Muñoz, en TICs; Juan Ricardo Ortega y Ana María Vega (practicante I+D), en energía; Saira Samur, en economía; Jefferson Mena Sánchez, en desarrollo del Pacífico; y Nicolás Galarza y Paola Delgado, con el apoyo de Cristian Martínez (practicante I+D), Edward Buitrago y María Angélica Bernal, en desarrollo urbano.

El esfuerzo colectivo contó con la coordinación general de Emilio Archila, cuyo liderazgo fue clave para articular a los distintos autores y garantizar la coherencia de una agenda construida desde el rigor técnico, el diálogo interdisciplinario y la vocación de impacto, con el apoyo del equipo I+D.

INTRODUCCIÓN

Innovación para el Desarrollo (I+D) nace con la convicción de que Colombia requiere nuevas formas de pensar y actuar frente a los desafíos del siglo XXI. Como Think & Do Tank, su propósito es transformar el conocimiento en acción, generar propuestas con rigor técnico y promover la innovación como motor de cambio para el desarrollo del país.

Colombia 2030 es una iniciativa de análisis estratégico que aborda doce temas clave de interés nacional, relevantes tanto para la coyuntura actual como para los desafíos de mediano y largo plazo. A través de una serie de cartillas temáticas, este ejercicio propone un diagnóstico profundo de cada uno de estos ámbitos, identifica sus principales problemáticas estructurales y coyunturales, y plantea propuestas concretas orientadas a fortalecer la toma de decisiones públicas y privadas.

Esta agenda se concibe como un marco integral de reflexión y acción, que combina análisis técnico, evidencia empírica y visión prospectiva, con el objetivo de aportar soluciones que permitan proyectar a Colombia hacia un futuro sostenible, competitivo e inclusivo, en el que el crecimiento económico esté estrechamente vinculado al bienestar social, la equidad y la sostenibilidad.

Colombia cuenta con una riqueza excepcional en talento humano, diversidad natural y capacidad creativa. Estas fortalezas, junto con un ecosistema cada vez más dinámico de innovación social, empresarial y tecnológica, representan una oportunidad única para impulsar un nuevo ciclo de desarrollo. Desde I+D, se parte de la convicción de que el país puede acelerar su transformación si orienta sus decisiones estratégicas hacia modelos que equilibren sostenibilidad, productividad y equidad, colocando el bienestar colectivo en el centro de la acción pública.

El rol de las nuevas generaciones resulta fundamental en este proceso. Su liderazgo, creatividad y compromiso con los territorios constituyen motores clave para reconfigurar el futuro del país y asegurar que las soluciones no solo respondan a los desafíos del presente, sino que anticipen los retos emergentes. La pluralidad de voces y la articulación entre sectores públicos, privados, académicos y sociales son, por tanto, pilares esenciales de las propuestas que conforman Colombia 2030.

En este marco, la presente cartilla aborda la energía como un eje estratégico para el desarrollo del país, reconociendo su impacto transversal y su relevancia en la construcción de un futuro sostenible. A partir de un análisis crítico y propositivo, se identifican los principales desafíos y oportunidades en esta materia y se formulan líneas de acción orientadas a potenciar su contribución al desarrollo integral de Colombia hacia 2030.

ENERGÍA

En los últimos años, Colombia ha enfrentado distintos retos y crisis relacionados con la electricidad, que han tenido consecuencias que podrían afectar al país de manera significativa a largo plazo. Por ello, resulta necesario comprender que se trata de un problema estructural que requiere cambios desde la raíz, más allá de soluciones coyunturales o simplificadas.

Estructura del sector eléctrico y obstáculos al desarrollo de proyectos

Una de las principales demandas es reducir el precio de la electricidad; sin embargo, existe la percepción errónea de que esto se lograría mediante la publificación del servicio, la nacionalización o la intervención en los precios, bajo la premisa de que dichas tarifas son ilegales. Estas opciones no constituyen una solución eficiente para un problema que requiere un análisis del funcionamiento y de las dinámicas del sector para implementar cambios que logren una reducción real y sostenible del servicio.

Tarifas de alumbrado público

Municipio	Estrato 1
Montería	15% valor servicio electricidad
Santa Marta	5% valor servicio electricidad
Sincelejo	9% valor servicio electricidad
Valledupar	8% valor servicio electricidad
Villavicencio	1% valor servicio electricidad
Ibagué	10% valor servicio electricidad

Fuente: Grupo Energía Bogotá

La regulación de los costos del sector eléctrico se basa en la relación entre el valor total de los activos y la demanda de energía. En Colombia, la demanda anual es de 81 000 GWh (gigavatios hora). Al dividir el valor de los activos entre esta demanda, se obtiene el costo unitario del kilovatio hora, que se traslada a los componentes de transmisión y distribución que pagan los usuarios.

Bajo esta lógica económica, un incremento de la demanda impulsado por inversiones industriales significativas —tales como plantas manufactureras o centros de datos (data centers)— podría reducir el costo unitario debido a las economías de escala.

No obstante, la realidad actual difiere sustancialmente de este escenario. En diversas regiones del país se presentan irregularidades significativas en el alumbrado público, donde las rentabilidades pueden alcanzar hasta el 150 % anual, afectando desproporcionadamente a la población de menores ingresos. Asimismo, el sector enfrenta desafíos críticos de transparencia, debido a actividades ilícitas como el lavado de activos y la corrupción, especialmente en la contratación durante períodos electorales, y de seguridad por la acción de grupos criminales que, con frecuencia, bloquean el desarrollo de los proyectos energéticos del país.

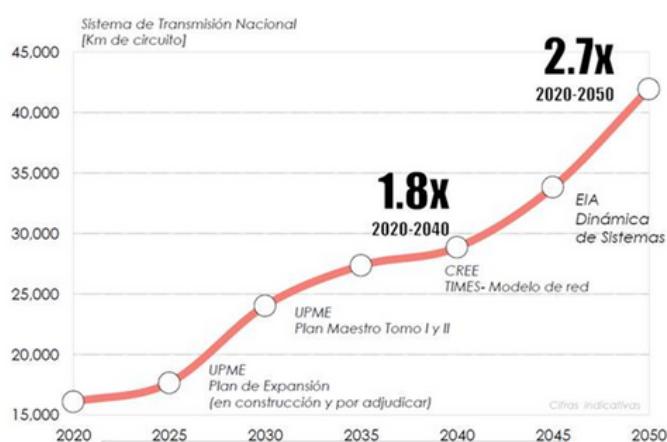
Sumado a esto, se observan múltiples factores que desincentivan la inversión y afectan especialmente al sector manufacturero: la ausencia de garantías suficientes de suministro de energía limpia, la inestabilidad regulatoria y la falta de competitividad del marco institucional. En ausencia de estas condiciones, las tarifas difícilmente experimentarán reducciones, ya que una base de consumidores reducida debe financiar una infraestructura de transmisión y distribución cuya expansión se ve limitada por la escasa atracción de nuevos capitales.

Por otro lado, en las últimas décadas, se ha consolidado un marco normativo orientado a la protección del medio ambiente que incorpora restricciones a las actividades con potencial impacto en los ecosistemas. Entre estas normativas destaca el Environmental Protection Act de los Estados Unidos, cuyo propósito es salvaguardar el entorno mediante la prevención y el control de la contaminación, la protección de especies en peligro de extinción —junto con sus hábitats y ecosistemas—, la regulación del

aprovechamiento de los recursos naturales y la evaluación exhaustiva de proyectos con potencial de afectación ambiental.

Sin embargo, la aplicación de estas regulaciones ha resultado en el bloqueo de múltiples iniciativas en los sectores de química, petróleo y transición energética, sin que medie una ponderación adecuada entre los beneficios ambientales y económicos que dichos proyectos podrían generar. Esta asimetría entre los objetivos de protección ambiental y las necesidades de desarrollo ha limitado significativamente el flujo de inversiones, hasta el punto de que aproximadamente el 20 % de los proyectos aprobados para la generación de energía en el país enfrentan horizontes de implementación que se extienden entre cinco y seis años, acompañados de dificultades operativas y financieras considerables.

Refuerzos de transmisión previstos en Colombia



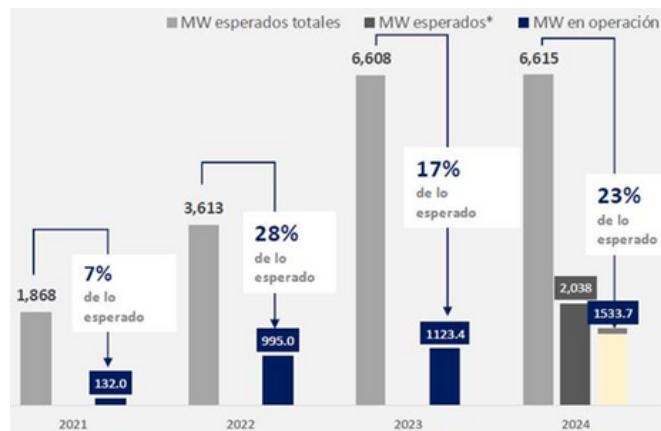
Fuente: Centro Regional de Estudios de Energía

Riesgo de déficit energético y vulnerabilidad climática del sistema

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) ha advertido sobre un posible déficit de energía hacia finales de 2028, según lo expuesto en el Plan Indicativo de Expansión de Generación 2023-2037. Este documento evidencia que la marcada dependencia del sistema eléctrico colombiano respecto de la generación hidroeléctrica lo expone de manera crítica a fenómenos climáticos como El Niño,

los cuales pueden reducir drásticamente la disponibilidad hídrica. Asimismo, el análisis subraya la importancia de diseñar una estrategia de transición hacia fuentes renovables que garantice la confiabilidad y la solidez del sistema, mitigando los riesgos de desabastecimiento energético.

Capacidad de generación esperada v. puesta en operación



Fuente: Acolgen

El diseño de una estrategia de incentivos para la oferta de generación, con características técnicas definidas y cronogramas específicos, constituye un elemento fundamental para garantizar la seguridad del sistema eléctrico nacional. Dicha estrategia debe fundamentarse en un análisis riguroso de las condiciones técnicas, económicas y sociales del territorio, incorporando tanto los retos de seguridad como las necesidades de las comunidades, con el fin de generar políticas públicas que efectivamente impacten de manera positiva el sector energético.

Composición de la matriz energética y el papel estratégico del gas natural

Desde la perspectiva de la generación eléctrica, Colombia cuenta con una matriz relativamente limpia. Del total de 21,5 GW de capacidad instalada, el 67 % corresponde a hidroenergía, el 19,4 % a gas natural, el 7,9 % a energía solar y el 7 % a carbón, entre otras fuentes. Si bien la composición de la matriz eléctrica presenta un perfil favorable en términos ambientales, resulta imperativo que

el país establezca un marco institucional y regulatorio que promueva la generación hidroeléctrica mediante reglas claras y estrategias técnicamente sólidas. La disponibilidad de energía limpia constituye un factor determinante para atraer inversiones en centros de datos y otras actividades intensivas en consumo energético.

No obstante, la generación hidroeléctrica, así como las fuentes eólica y solar, presentan una marcada variabilidad asociada a condiciones climáticas de difícil predicción. Por consiguiente, las estrategias de planificación energética deben fundamentarse en análisis profundos y conocimientos técnicos robustos que permitan gestionar adecuadamente la intermitencia de estas fuentes.

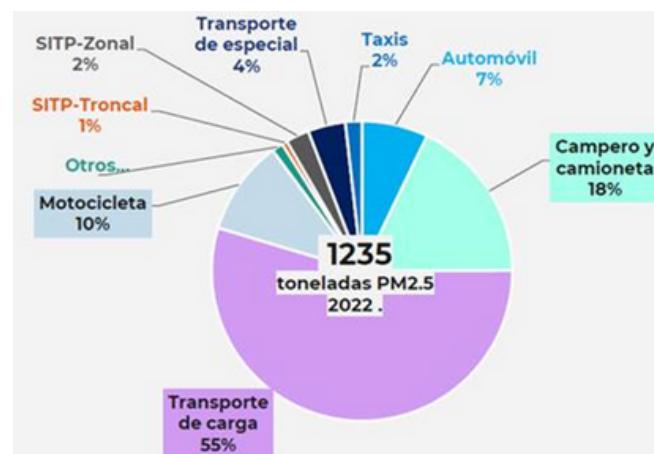
Una problemática crítica radica en que Colombia no logró reponer oportunamente sus reservas de gas natural ni desarrollar la infraestructura de importación necesaria, lo que generó un déficit estructural en el suministro de este combustible. Dado que la electricidad y el gas natural son recursos complementarios, la ausencia de este último compromete la eficiencia del sistema energético en su conjunto. Colombia dispone de una infraestructura significativa de plantas termoeléctricas; sin embargo, la escasez de gas natural ha obligado al sistema a operar con combustibles líquidos, lo que implica mayores costos y niveles de contaminación. En consecuencia, las decisiones estratégicas relacionadas con el gas natural revisten una importancia fundamental para el desarrollo energético del país.

Desafíos ambientales del sector transporte

Colombia también enfrenta un desafío ambiental significativo derivado del sector del transporte. La mayoría de los vehículos de carga operan con diésel, lo que los convierte en una fuente importante de contaminación atmosférica. Las alternativas tecnológicas viables se circunscriben al gas natural o a la electricidad. Sin embargo, el marco de incentivos vigente favorece de manera paradójica el uso de medios de transporte

contaminantes: las motocicletas, por ejemplo, se encuentran exentas del pago de IVA, mientras que los incentivos para promover la adopción de vehículos eléctricos resultan insuficientes. Esta configuración evidencia la necesidad de reformular el esquema de incentivos fiscales y regulatorios para atraer inversión en movilidad sostenible, en un marco normativo claro y estable.

Participación de cada categoría vehicular en la contaminación. Bogotá



Fuente: Grupo Energía Bogotá a partir de información de XM

Eficiencia energética y planificación urbana sostenible

Una vez identificadas las necesidades energéticas del país, resulta evidente que la discusión debe centrarse tanto en el suministro de electricidad como en la eficiencia que debe caracterizar la transición energética. El objetivo fundamental consiste en desarrollar sistemas que permitan a la población optimizar el uso de recursos sin comprometer su nivel de bienestar. En este sentido, la infraestructura urbana debe concebirse desde una perspectiva estratégica que incorpore variables como la provisión de sombra, el tipo de pavimento, los materiales empleados en espacios públicos, el diseño térmico de edificaciones y los sistemas de aislamiento de ventanas, todos ellos factores determinantes para la regulación del consumo energético.

Las estrategias energéticas constituyen un elemento fundamental para el desarrollo y la sostenibilidad del país. En este contexto, organizaciones intergubernamentales como la Agencia Internacional de Energía (AIE o International Energy Agency, IEA) desempeñan un papel central en la promoción de la seguridad energética, procurando garantizar el suministro de energía a sus países miembros, impulsar el desarrollo económico, fomentar el uso de energías limpias y mitigar los efectos del cambio climático. La AIE promueve activamente la transición hacia sistemas energéticos sostenibles y bajos en carbono mediante el impulso a la eficiencia energética, el desarrollo de fuentes renovables y la adopción de tecnologías limpias. Asimismo, busca diversificar las fuentes de energía, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y fortaleciendo la resiliencia de los sistemas energéticos.

Actualmente, Colombia ostenta la condición de país candidato en el proceso de adhesión a la Agencia Internacional de Energía (AIE). Esta vinculación institucional puede contribuir significativamente al fortalecimiento de las estrategias y políticas energéticas del país, mediante la adopción de mejores prácticas internacionales y el acceso a conocimiento técnico especializado.

Referentes internacionales: la Ley de Reducción de la Inflación de Estados Unidos

En agosto de 2022, el presidente Biden promulgó la Ley de Reducción de la Inflación (Inflation Reduction Act), una normativa integral orientada a reducir la inflación, canalizar inversiones hacia energías limpias y promover el crecimiento económico. En respuesta a la crisis climática, esta ley contempla incrementos significativos en la inversión pública destinada a proyectos climáticos y energéticos, con el propósito de promover la justicia ambiental y consolidar a Estados Unidos como líder en la fabricación de tecnologías de energía limpia.

La normativa destina recursos financieros considerables a proyectos de energía renovable y al mejoramiento de la eficiencia energética. Adicionalmente, promueve reformas orientadas a agilizar los procesos de licenciamiento de proyectos energéticos, tanto de fuentes limpias como fósiles, priorizando el análisis de impactos ambientales de mayor riesgo y permitiendo mecanismos de compensación. Por ejemplo, se contemplan esquemas mediante los cuales las afectaciones sobre la cobertura arbórea pueden ser compensadas mediante la plantación de un número mayor de árboles en ubicaciones estratégicas que maximicen el beneficio ambiental.

Desafíos estructurales y oportunidades para Colombia

El reconocimiento de las problemáticas estructurales que enfrenta el sector energético colombiano constituye un requisito indispensable para la formulación de políticas públicas fundamentadas. Los principales desafíos incluyen la reducción de la pobreza energética, la industrialización del país, la electrificación del transporte –con énfasis en el transporte público y las motocicletas–, la focalización de subsidios e incentivos, y el impulso a la inversión en sectores emergentes como centros de datos, inteligencia artificial y tecnologías de la información.

El crecimiento y la diversificación del sector energético son condiciones necesarias para mejorar la calidad de vida de la población, reducir las disparidades tarifarias entre zonas interconectadas y zonas no interconectadas, y atraer inversión. Un incremento del consumo de electricidad per cápita constituye un indicador de desarrollo económico; alcanzar este objetivo de manera simultánea con la adopción de una cultura de eficiencia energética en los hogares resulta esencial para lograr una transición energética justa y que agregue valor.

En otros términos, el objetivo estratégico debe consistir en atraer volúmenes significativos de inversión sin que ello impacte de manera desproporcionada el costo del transporte o de los servicios públicos domiciliarios, dos metas que frecuentemente presentan tensiones recíprocas.

Precio de la bolsa frente a las condiciones hidrológicas



Fuente: GEB a partir de información de XM

Estrategia integral para el sector eléctrico y de hidrocarburos

Resulta imperativo diseñar una estrategia integral para el sector eléctrico y de hidrocarburos que impulse una transición energética coherente con las realidades técnicas, económicas y sociales de Colombia, evite racionamientos de energía durante 2027 y 2028, mitigue las restricciones derivadas de la insuficiente capacidad de transmisión hacia Bogotá y prevenga el deterioro del sector industrial. El mayor desafío, tanto en términos de complejidad como de costo, consistirá en revertir los incrementos tarifarios en los energéticos, particularmente los observados en el precio del gas natural, mediante soluciones técnicamente óptimas. Adicionalmente, se requiere revisar las metas de reducción de gases de efecto invernadero que el país ha asumido, dado que su cumplimiento podría implicar costos económicamente inviables.

Fuentes, procesos y uso final de la energía en Colombia (D. Sankey)

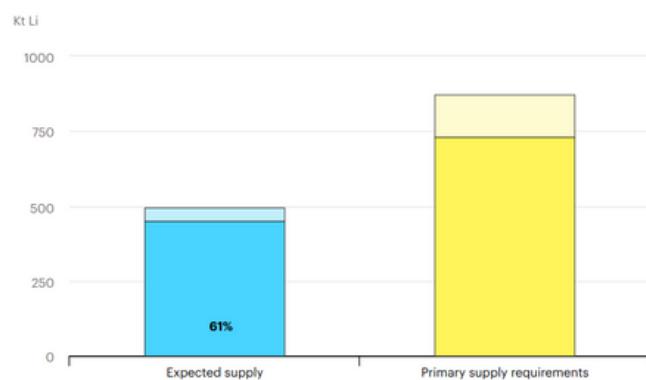


Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)

El sistema eléctrico colombiano cuenta con una capacidad instalada de hidroenergía superior al 60 %, que genera, en promedio, el 77 % de la electricidad consumida en el país. El cambio climático exige diversificar la matriz energética, incrementar su resiliencia y reducir costos, a la vez que se canalizan inversiones anuales de al menos 8 billones de pesos. Colombia dispone de condiciones favorables para ofrecer energía limpia a precios competitivos, con niveles de confiabilidad cercanos al 100 %, una infraestructura de fibra óptica desarrollada y condiciones climáticas en zonas de altiplano que permiten reducir los costos de enfriamiento en centros de datos. Estas ventajas representan una oportunidad estratégica para posicionar a Colombia en la nueva geopolítica energética global.

El aprovechamiento de esta oportunidad requiere ajustes en la legislación ambiental y en los procesos de consulta previa, el diseño de incentivos apropiados, la formación de capital humano especializado y la agilización de los trámites para atraer inversiones en centros de datos y en nuevas tecnologías de la información. Esta visión debe complementarse de manera integral con la política minera, dado que las industrias emergentes demandan volúmenes significativos de minerales críticos. Por lo tanto, resulta prioritario incentivar y desarrollar la minería de elementos esenciales para la transición energética, tales como cobre, cobalto y tierras raras, entre otros.

Requerimientos mundiales versus oferta esperada de litio al 2035

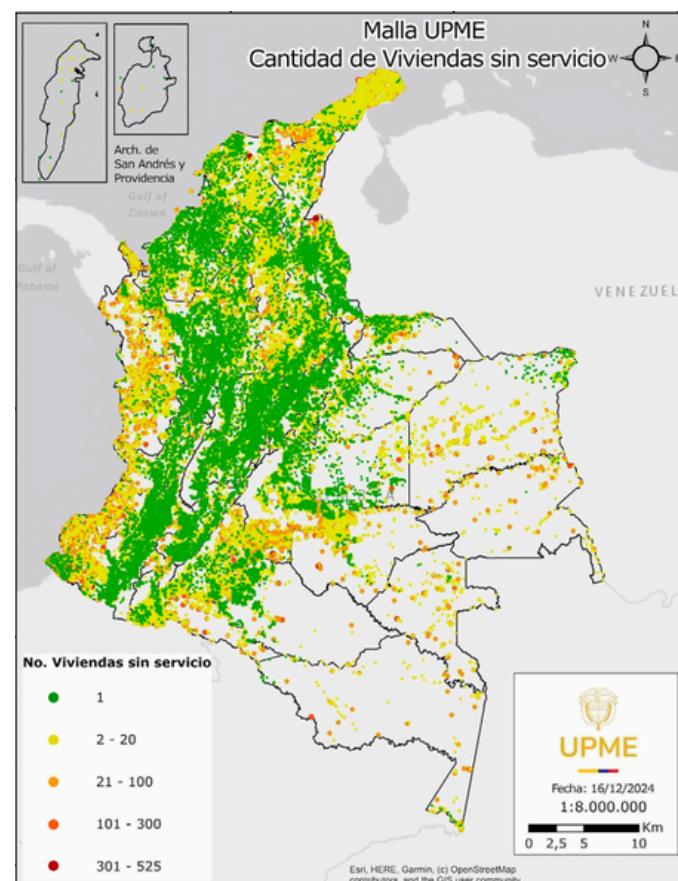


Fuente: International Energy Agency

Equidad territorial y cobertura en zonas no interconectadas

Desde una perspectiva de legitimidad política, la viabilidad de la estrategia energética planteada depende críticamente de mejoras sustanciales en la calidad del servicio y en la estructura tarifaria de las zonas no interconectadas. Adicionalmente, se requiere el diseño de mecanismos que promuevan la convergencia de precios en todo el territorio nacional. Colombia ha desarrollado su infraestructura energética principalmente en función de las grandes aglomeraciones urbanas, mientras que las regiones periféricas y de difícil acceso han sido desatendidas. En consecuencia, resulta estratégico y prioritario maximizar la cobertura, la calidad del servicio y la asequibilidad tarifaria en las zonas más alejadas del sistema interconectado nacional.

Malla a 2023 con número de viviendas sin servicio



Fuente: UPME

Incremento de la oferta de gas natural e infraestructura de regasificación

Resulta prioritario incrementar la oferta de gas natural mediante un plan de acción que garantice la entrada en operación, para el año 2027, de una planta regasificadora adicional a la Sociedad Portuaria El Cayao (SPEC), ubicada en la zona de La Guajira. Asimismo, se requiere la ampliación de la capacidad de la regasificadora existente en Cartagena. Considerando la capacidad de transporte hacia el centro del país, la nueva infraestructura debe localizarse en Ballenas, La Guajira, dado que existen las condiciones técnicas apropiadas y los permisos necesarios para su operación.

Adicionalmente, Colombia debe posicionarse estratégicamente en los mercados energéticos emergentes, siguiendo el ejemplo de Chile. El potencial de generación en La Guajira se estima en 100 GW, mientras que la capacidad instalada actual del país es de 21 GW. Sin embargo, la materialización de este potencial depende críticamente de la construcción de acuerdos efectivos con las comunidades locales, que definan claramente su participación y gestión en los procesos de desarrollo. La inversión en la formación de equipos técnicos especializados, que gestionen el desarrollo de los proyectos mediante consultas previas y estudios de impacto ambiental fundamentados en análisis rigurosos, contribuirá a estructurar proyectos con objetivos y metas técnicamente alcanzables.

Imperativo de una acción estratégica inmediata

El futuro energético de Colombia no puede quedar supeditado a la improvisación ni a debates ideológicos que desconocen las realidades técnicas, económicas y sociales del país. La magnitud de los desafíos —que abarcan desde la amenaza de racionamientos y el incremento de tarifas hasta la dependencia climática de la matriz energética y la urgencia de diversificar fuentes— exige una visión estratégica, integral y fundamentada en evidencia técnica.

Esta visión implica atraer inversión mediante reglas claras y estables, garantizar la seguridad jurídica, desarrollar infraestructura en regiones estratégicas como La Guajira y fortalecer el papel del gas natural en la transición energética. Simultáneamente, resulta imperativo construir consensos con las comunidades, formar capital humano especializado y agilizar los procesos de consulta y licenciamiento bajo criterios técnicos y ambientales sólidos.

Colombia dispone del potencial necesario para convertirse en líder regional en el suministro de energía limpia, competitiva y confiable. Sin embargo, la materialización de este potencial requiere superar la parálisis institucional y el cortoplacismo en la formulación de políticas públicas. La energía no constituye un tema secundario, sino el fundamento del desarrollo industrial, de la reducción de la pobreza, de la modernización tecnológica del transporte y de la inserción en la nueva economía digital.

Las decisiones adoptadas en el presente determinarán si Colombia se consolida, en la próxima década, como un destino atractivo para la inversión y la innovación, o si, por el contrario, permanece atrapada en crisis energéticas recurrentes y en rezago tecnológico. El momento para actuar mediante políticas claras, metas técnicamente viables y estrategias coherentes es inmediato; de lo contrario, se perderá una oportunidad histórica de transformar la matriz energética nacional en un verdadero motor de progreso y equidad.



INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO