El futuro nuclear de Colombia: entre la firmeza, los costos y la viabilidad

Por:
Erco Energía

2026

01 ¿POR QUÉ VUELVE LA CONVERSACIÓN NUCLEAR?

¿Por qué vuelve la conversación nuclear?

Colombia ha avanzado en la diversificación de su matriz eléctrica mediante el aprovechamiento de sus recursos hídric os y la incorporación progresiva de Fuentes No Convencion ales de Energía Renovable (FNCER), principalmente solar, eólica, biomasa y geotermia. Históricamente, la generación eléctrica nacional ha estado dominada por la hidroelectricid ad, cuya participación ha representado cerca del 60 % de la generación [1-2], complementada por centrales térmicas y, más recientemente, por un crecimiento acelerado de la gener ación solar [1]. Esta estructura ha permitido mantener una matriz eléctrica con una elevada participación de fuentes de bajas emisiones; sin embargo, también implica una exposic ión significativa a la variabilidad hidrológica y climática, part icularmente durante fenómenos como El Niño, así como una mayor dependencia de la generación térmica durante estos periodos.

En este contexto, el crecimiento de la demanda eléctrica, la electrificación progresiva de nuevos sectores y la necesidad de fortalecer la seguridad y confiabilidad del suministro han incrementado la necesidad de diversificar las fuentes de gen eración y complementar la expansión de las FNCER. Si bien Colombia posee un importante potencial solar, eólico, de biom asa y geotérmico, la naturaleza variable de algunas de est as tecnologías plantea desafíos relacionados con la flexibilid ad operativa, el almacenamiento de energía y la disponibilid ad de generación firme.

A escala mundial, la energía nuclear constituye una de las principales fuentes de generación eléctrica de bajas emision es de carbono. Actualmente, representa aproximadamente el 10 % de la generación eléctrica mundial y ha desempeñad o un papel fundamental en sistemas eléctricos como los de Francia, Estados Unidos y Corea del Sur [3], [4]. Una de sus principales características es su capacidad para proporcion ar generación continua y de alta disponibilidad, lo que pued e contribuir a complementar fuentes variables como la solar y la eólica, además de aportar firmeza y confiabilidad al sist ema eléctrico. Paralelamente, el crecimiento de la demanda mundial de electricidad, impulsado por la electrificación, los centros de datos y otras cargas emergentes, está increment ando la necesidad de incorporar nuevas fuentes de generac ión de bajas emisiones [5].

CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL

La energía nuclear también ha desempeñado un papel relev ante en la mitigación del cambio climático. De acuerdo con Agencia Internacional de Energía (IEA), durante los últimos 50 años la generación nuclear ha evitado más de 60 Gt de emisiones de CO_2 una cantidad equivalente aproximadament e a dos años de emisiones globales de CO_2 relacionadas con la energía [6]. Asimismo, los escenarios de mitigación eval uados por el IPCC contemplan un incremento significativo de la generación nuclear hacia 2050; en las trayectorias compat ibles con los objetivos climáticos más ambiciosos, la generac ión nuclear mundial podría aproximadamente duplicarse respecto de los niveles actuales [7]. Estos escenarios no constituyen una recomendación tecnológica única, sino difer entes trayectorias posibles de descarbonización en las que la energía nuclear puede contribuir, junto con las energías ren ovables, la eficiencia energética, el almacenamiento y otras tecnologías de bajas emisiones.

El renovado interés internacional por la energía nuclear resp onde principalmente a cuatro factores: (i) seguridad energ ética y reducción de la exposición a la volatilidad de los mercados de combustibles; (ii) necesidad de avanzar hacia una reducción profunda de las emisiones de gases de efecto invernadero; (iii) creciente demanda de generación firme y de alta disponibilidad en sistemas con mayor penetración de fuentes renovables variables; y (iv) aumento de la demanda eléctrica asociado con la electrificación, los centros de datos y la inteligencia artificial.

Según la IEA, estos factores están impulsando una nueva etapa de desarrollo nuclear, caracterizada por la construcc ión de nuevos reactores, la extensión de la vida operativa de centrales existentes y el desarrollo de reactores modular es pequeños (SMR) y otros diseños avanzados [8]. Actualm ente, más de 40 países consideran la energía nuclear dent ro de sus estrategias energéticas y existen más de 70 GWe de capacidad nuclear en construcción, uno de los niveles más elevados registrados en las últimas décadas. Adicionalm ente, el crecimiento de la demanda eléctrica de grandes consumidores tecnológicos está generando un interés crec iente por soluciones nucleares de menor escala. Bajo el esc enario de Políticas Actuales de la IEA, la capacidad nuclear mundial aumentaría de aproximadamente 420 GWe en 2024 a 563 GWe en 2035 y 728 GWe en 2050 [5].

En consecuencia, el desarrollo nuclear contemporáneo no se limita a los reactores convencionales de gran escala. Los SMR y otros reactores avanzados buscan ofrecer menores capacidades unitarias, posibilidades de despliegue modular y aplicaciones adaptadas a diferentes escalas y características de los sistemas eléctricos. No obstante, estas tecnologías presentan distintos niveles de madurez tecnológica, experiencia operativa y competitividad económica, por lo que su eventual incorporación requier e evaluar de manera integral aspectos técnicos, económicos, regulatorios, ambientales, sociales y de infraestructura.

Este contexto nacional e internacional sustenta la necesidad de analizar el papel potencial de la energía nuclear en la diversificación y descarbonización de los sistemas eléctricos. Para Colombia, dicho análisis debe considerar no solo las ventajas asociadas con la generación firme y de bajas emisiones, sino también su interacción con una matriz predominantemente hidroeléctrica, el crecimiento de las FNCER, las necesidades de expansión de la red y las alternativas tecnológicas disponibles. En este sentido, determinar la viabilidad de la energía nuclear en el país requiere una evaluación integral de sus condiciones técnicas, económicas, regulatorias y estratégicas frente a otras opciones de generación y almacenamiento.

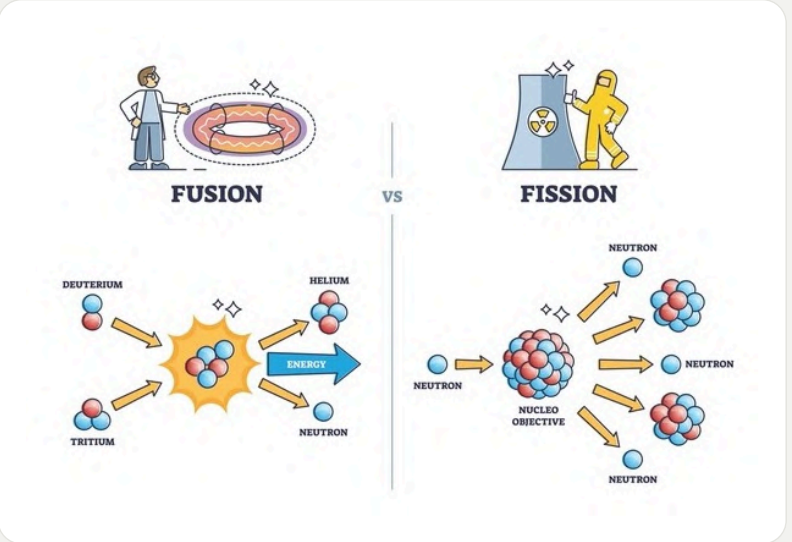
02 NUCLEAR EN 2 MINUTOS

Nuclear en 2 minutos

Energía Nuclear

La energía nuclear se origina en el núcleo del átomo, conformado por protones y neutrones. Puede obtenerse de dos formas: fis ión nuclear, cuando un núcleo atómico pesado se divide en fragmentos más pequeños, y fusión nuclear, cuando dos núcleos lig eros se combinan para formar uno más pesado como se observa en la figura 1. En la actualidad, la generación de electricidad a partir de energía nuclear en el mundo se basa en la fisión, mientras que la tecnología de fusión se encuentra en una etapa avanz ada de desarrollo, pero aún no comercialmente disponible [9].

Figura 1. Esquema de fisión y fusión nuclear [10].



CÓMO FUNCIONA LA FISIÓN NUCLEAR

Durante la fisión nuclear, el núcleo de un átomo pesado se divide en dos o más núcleos más pequeños, liberando una gran cant idad de energía. Por ejemplo, al bombardear un átomo de uranio-235 con un neutrón, este se fragmenta típicamente en un núc leo de bario y otro de kriptón, liberando además dos o tres neutrones y energía adicional. Estos neutrones pueden inducir nuev as fisiones en átomos cercanos de uranio-235, lo que desencadena una reacción en cadena [9]. El proceso libera calor, el cual se utiliza para producir vapor y, posteriormente, electricidad en un reactor nuclear, de manera similar a como ocurre en las cent rales térmicas que usan combustibles fósiles como carbón, gas o petróleo. En un reactor nuclear, por tanto, la energía se obtien e controlando de manera segura una reacción en cadena sostenida, lo que permite generar electricidad baja en carbono.

COLOMBIA YA EMPEZÓ A PREPARAR EL TERRENO

Colombia ya empezó a preparar el terreno

Marco institucional y regulatorio de la energía nuclear en Colombia

Colombia cuenta con una infraestructura nuclear de investigación y un marco institucional en proceso de fortalecimiento. Aunq ue el país no dispone actualmente de generación eléctrica de origen nuclear, durante 2026 se han producido avances relevant es en materia institucional, regulatoria y de cooperación internacional que podrían facilitar una eventual evaluación de esta tecnología.

Infraestructura nuclear existente.

Colombia cuenta desde 1965 con el react or de investigación IAN-R1, puesto en funcionamiento con apoyo de Estados Unidos en el marco del programa Átomos para la Paz. Actualmente, se encuentra bajo la operación y supervisión del Servic io Geológico Colombiano (SGC). Constit uye la principal infraestructura nuclear operativa del país y representa una base existente de conocimiento técnico, exper iencia operativa y formación de capital humano en el ámbito nuclear [11].

Marco institucional y autoridad regulatoria.

Desde 2011, mediante el Decreto 4131, el SGC tiene entre sus funciones la gestión segura de los materiales nucleares y rad iactivos y la coordinación de actividades relacionadas con la investigación nuclear. Adicionalmente, el Ministerio de Minas y Energía ha delegado en el SGC funciones relacionadas con la autorización, modific ación, renovación, suspensión y revocat oria de actividades asociadas con la gest ión segura de materiales nucleares y rad iactivos. Este esquema institucional se encuentra actualmente en proceso de fort alecimiento y reorganización [12].

Fortalecimiento de la cooperación internacional.

El 24 de febrero de 2026, Colombia susc ribió un Memorando de Entendimiento con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) para fortalecer la cooperac ión en aplicaciones de tecnología nuclear relacionadas con la descarbonización y el suministro energético. Este proceso se complementó con la presentación de una hoja de ruta institucional de Colombia ante el OIEA en Viena, orientada a definir las capacidades, instituciones y condiciones necesarias para evaluar el posible desarrollo de aplicaciones nucleares en el país [13].

Evolución del marco regulatorio nuclear.

Durante 2026 se produjeron avances orientados al fortalecimiento del marco normativo e institucional para las actividades nucleares y radiactivas, incluyendo la creación de una institucionalidad especializada en seguridad nuclear. Este proceso busca establecer una estructura regulatoria con competencias diferenciadas entre las entidades responsables de las aplicaciones científicas, médicas, industriales, energéticas y ambientales de la tecnología nuclear. La consolidación de este marco constituye una condición fundamental para que Colombia pueda evaluar de man era técnica y segura cualquier eventual incorporación de generación nuclear al sistema eléctrico [14].

Sector nuclear no eléctrico.

Colombia ya cuenta con actividades nucleares consolidadas en campos como la medicina nuclear, la radioterapia y diversas aplicaciones industriales. Este ecosistema constituye una base de conocimiento, infraestructura y capital humano que podría contribuir al desarrollo futuro de capacidades nucleares para aplicaciones energéticas. No obstante, la experiencia acumulada en aplicaciones no eléctricas no equivale a contar con las capacidades requeridas para desarrollar y operar una central nuclear de potencia, por lo que sería necesario desarrollar capacidades adicionales en ingeniería nuclear, regulación, seguridad, infraestructura, gestión de residuos, cadena de suministro y operación de centrales.

En conjunto, Colombia se encuentra en una etapa inicial de fortalecimiento de sus capacidades institucionales y regulatorias para evaluar la energía nuclear. El país dispone de experiencia previa en aplicaciones nucleares y de una infraestructura de investigación existente, pero todavía debe desarrollar capacidades específicas para la generación eléctrica nuclear. En este contexto, los avances regulatorios y la cooperación con el OIEA durante 2026 representan pasos importantes para establecer las condiciones que permitan evaluar, con criterios técnicos, económicos, ambientales y de seguridad, la eventual incorporación de tecnologías nucleares (incluidos los SMR) al sistema energético colombiano

03 NO TODA LA TECNOLOGÍA NUCLEAR ESTÁ EN EL MISMO PUNTO

No toda la tecnología nuclear está en el mismo punto

Tecnologías nucleares actuales y estado de madurez

Reactores convencionales de gran escala

Los reactores de agua ligera de gran escala (AP1000, APR1400, EPR, Hualong One, VVER-1200) constituyen la columna verteb ral de la generación nuclear mundial y del ritmo actual de nuevas conexiones, concentrado en China y Rusia. Su madurez tecn ológica es alta: son diseños certificados, con múltiples unidades en operación comercial y construcción activa [15].

Reactores modulares pequeño (SMR)

En los últimos años, el potencial de la energía nuclear para contribuir a la transición energética en América Latina ha adquirido mayor relevancia, particularmente debido al desarrollo de los reactores modulares pequeños. De acuerdo con el Organismo Int ernacional de Energía Atómica (OIEA), los SMR son reactores avanzados con una capacidad de hasta 300 MW(e) por unidad, diseñados para su fabricación modular, transporte e instalación de acuerdo con las necesidades del sistema eléctrico. Actualm ente, se desarrollan SMR basados en diferentes tecnologías, entre ellas reactores refrigerados por agua, reactores de alta temperatura refrigerados por gas, reactores refrigerados por metales líquidos, reactores rápidos refrigerados por gas y reactor es de sales fundidas (MSR) [16].

MADUREZ TECNOLÓGICA DE LOS SMR

Los SMR presentan ventajas potenciales frente a las centrales nucleares convencionales de gran escala, principalmente por su menor capacidad unitaria, posibilidad de despliegue modular y potencial reducción de los requerimientos de inversión inicial. Estas características podrían facilitar su incorporación progresiva a sistemas eléctricos de menor tamaño y a países con restricc iones de infraestructura o capacidad de inversión. Sin embargo, su competitividad económica y los beneficios asociados a la fabricación modular aún deben comprobarse mediante proyectos comerciales a escala.

A 2026, el estado de desarrollo de los SMR presenta una madurez tecnológica heterogénea, con proyectos que van desde oper ación comercial hasta etapas de diseño y licenciamiento. Los principales proyectos pueden clasificarse de la siguiente manera:

CLASIFICACIÓN SEGÚN NIVEL DE MADUREZ

En operación

el HTR-PM de China, un reactor modular de alta temperatura refrigerado por helio, inició operación comercial en diciembre de 2023. Constituye uno de los principales referentes de SMR en operación conectada a la red [17].

En construcción o puesta en servicio

el ACP100 de China, con una capacidad de 125 MWe, se enc uentra entre los proyectos SMR más avanzados y ha progres ado desde la construcción hacia las etapas de pruebas y puesta en servicio. En Rusia, el BREST-OD-300, reactor rápid o refrigerado por plomo de aproximadamente 300 MWe, se encuentra en desarrollo y construcción como proyecto dem ostrativo de tecnología avanzada [18].

En licenciamiento y aprobación de diseño

en Estados Unidos, el NuScale US460, compuesto por seis módulos de aproximadamente 77 MWe, obtuvo en mayo de 2025 la aprobación de diseño estándar de la NRC. Por su part e, el BWRX-300 de GE Hitachi continúa avanzando en el proc eso de licenciamiento para su proyecto en Clinch River, Tenn essee [19-20].

En desarrollo y preparación comercial

en el Reino Unido, Rolls-Royce SMR fue seleccionado en 2025 como postor preferente para el programa británico de SMR y, en 2026, avanzó hacia las actividades de diseño y desarrollo tecnológico para el despliegue de los primeros reactores del país [21].

En términos generales, a 2026 solo un número reducido de diseños SMR ha alcanzado operación, mientras que la mayoría perm anece en construcción, demostración, licenciamiento, aprobación de diseño o preparación comercial. China presenta el mayor grado de avance operacional, mientras que Estados Unidos, Canadá, Reino Unido y otros países concentran buena parte de los desarrollos que aún deben completar las etapas regulatorias y de primera implementación comercial.

Esta situación indica que los SMR constituyen una tecnología en transición entre la demostración tecnológica y el despliegue comercial, con diferentes niveles de madurez según el diseño.

Reactores avanzados de Generación IV y microrreactores

Los reactores de sales fundidas (MSR/KP-FHR), los reactores rápidos refrigerados por sodio o plomo, y los microrreactores (pot encia inferior a 20 MWe, orientados a minería, campamentos remotos o aplicaciones militares) se encuentran en fases de licenc iamiento temprano o construcción de demostradores —por ejemplo, el reactor Hermes de Kairos Power en Estados Unidos, que en 2023 obtuvo el primer permiso de construcción otorgado por la NRC a un reactor avanzado [22]. Su madurez comercial real en 2026 es baja: son tecnologías cuya viabilidad comercial a escala, en el mejor de los casos, corresponde a la década de 2030, y no constituyen una opción realista para el corto ni el mediano plazo colombiano dentro del horizonte de este informe.

04 COMPATIBILIDAD DE LA ENERGÍA NUCLEAR CON LA MATRIZ ENERGÉTICA COLOMBIANA

Compatibilidad de la energía nuclear con la matriz energética colombiana

263,27 GWh/dia

Demanda reportada por XM en julio de 2026 (+4,13 % interanual).

XM, 2026

12.529 MW

Demanda máxima de potencia, nuevo máximo registrado para el sistema.

XM, 2026

2,46–2,99 %

Crecimiento promedio anual de la demanda eléctrica proyectado 2026–2040.

UPME [23]

La compatibilidad de la energía nuclear con Colombia debe analizarse considerando el crecimiento de la demanda, la estructura hidroeléctrica del SIN y la incorporación acelerada de fuentes renovables variables. En julio de 2026, XM reportó una demanda de 263,27 GWh/dia (+4,13 % interanual) y una demanda máxima de potencia de 12.529 MW, nuevo máximo registrado para el sistema [2]. La UPME, por su parte, proyecta un crecimiento promedio de la demanda eléctrica entre el 2,46% y 2,99% anual para 2026–2040, lo que implica la necesidad de incorporar nueva capacidad de generación y transmisión [23].

La elevada participación hidroeléctrica constituye una fortaleza del sistema colombiano por su capacidad de aportar generación firme y bajas emisiones, pero también genera exposición a la variabilidad hidrológica. Al mismo tiempo, el crecimiento de la gen eración solar y eólica incrementa la necesidad de recursos capaces de complementar su variabilidad. En este contexto, la energía nuclear podría aportar generación firme, alta disponibilidad y diversificación tecnológica, complementando y no sustituy endo la hidroelectricidad, las renovables y el almacenamiento.

ESCALA E INTEGRACIÓN AL SISTEMA

La escala del reactor constituye un aspecto relevante para su integración al SIN. Frente a una demanda máxima de 12.529 MW, un reactor convencional de 1.000–1.700 MWe representaría aproximadamente 8,0–13,6 % de dicha demanda, mientras que un SMR de 77–300 MWe representaría cerca de 0,6–2,4 % (elaboración propia a partir de XM, 2026 e IAEA, 2024). Esta diferencia constituye un indicador de escala, pero no determina por sí sola el cumplimiento del criterio N-1, cuya evaluación requiere consid erar la reserva de generación, la respuesta de frecuencia, la estabilidad del sistema y las condiciones de la red. No obstante, el menor tamaño unitario y el modularidad de los SMR podrían facilitar una incorporación progresiva y reducir la magnitud de la contingencia asociada a la salida de una unidad individual, aspecto que deberá validarse mediante estudios específicos de conf iabilidad y estabilidad del SIN.

Desde el punto de vista de infraestructura, la expansión de la transmisión prevista por la UPME incluidos nuevos corredores y subestaciones de 500 kV en la región Caribe permitirá aumentar la capacidad de transporte y atender el crecimiento de la dem anda y de la generación. No obstante, una eventual central nuclear requeriría estudios específicos de conexión, estabilidad y confiabilidad, además de condiciones adecuadas de agua de enfriamiento, geología, seguridad, infraestructura logística y regul ación nuclear.

En consecuencia, la energía nuclear puede considerarse técnicamente compatible con la matriz colombiana, principalmente como fuente de generación firme y diversificación frente a la variabilidad hidrológica y renovable. Sin embargo, su conveniencia económica y estratégica aún debe compararse con alternativas como almacenamiento de larga duración, expansión hidroeléctrica y generación térmica de bajas emisiones. Por su menor tamaño unitario y modularidad, los SMR podrían ofrecer una alternativa de integración más adecuada al SIN que los reactores convencionales de gran potencia, aunque esta hipótesis debe validarse mediante estudios de expansión, confiabilidad y costos del sistema.

PROYECCIONES Y COMPARACIÓN ECONÓMICA

Proyecciones y comparación económica entre tecnologías de generación.

Colombia cuenta con un amplio portafolio de proyectos de FNCER en diferentes etapas de desarrollo, lo cual demuestra tanto el avance del sector como el interés de inversionistas nacionales e internacionales. Según SER Colombia en 2026, Colombia cerrar á con una capacidad renovable de +4.200 MW [24].

Actualmente, según reportes de la superintendencia de servicios públicos, el Sistema Interconectado Nacional (SIN) está conf ormado principalmente por plantas hidráulicas con 13.230,4 MW (es decir, el 57,1% de la capacidad total), seguidas de plantas térmicas que aportan 6040,4 MW, lo que representa el 26% y plantas solares con a 3.617 MW que representa el 15,6% de la cap acidad total en la actualidad. La participación de las plantas eólicas y térmicas a base de fuentes renovables (biomasa, bagazo, biogas) es marginal, aportando 266 MW que equivale a 0,1% de la capacidad total [25].

13.230,4

MW

Plantas hidráulicas · 57,1 % de la capacidad total del SIN.

6040,4

MW

Plantas térmicas · 26 % de la capacidad total.

3.617

MW

Plantas solares · 15,6 % de la capacidad total.

266

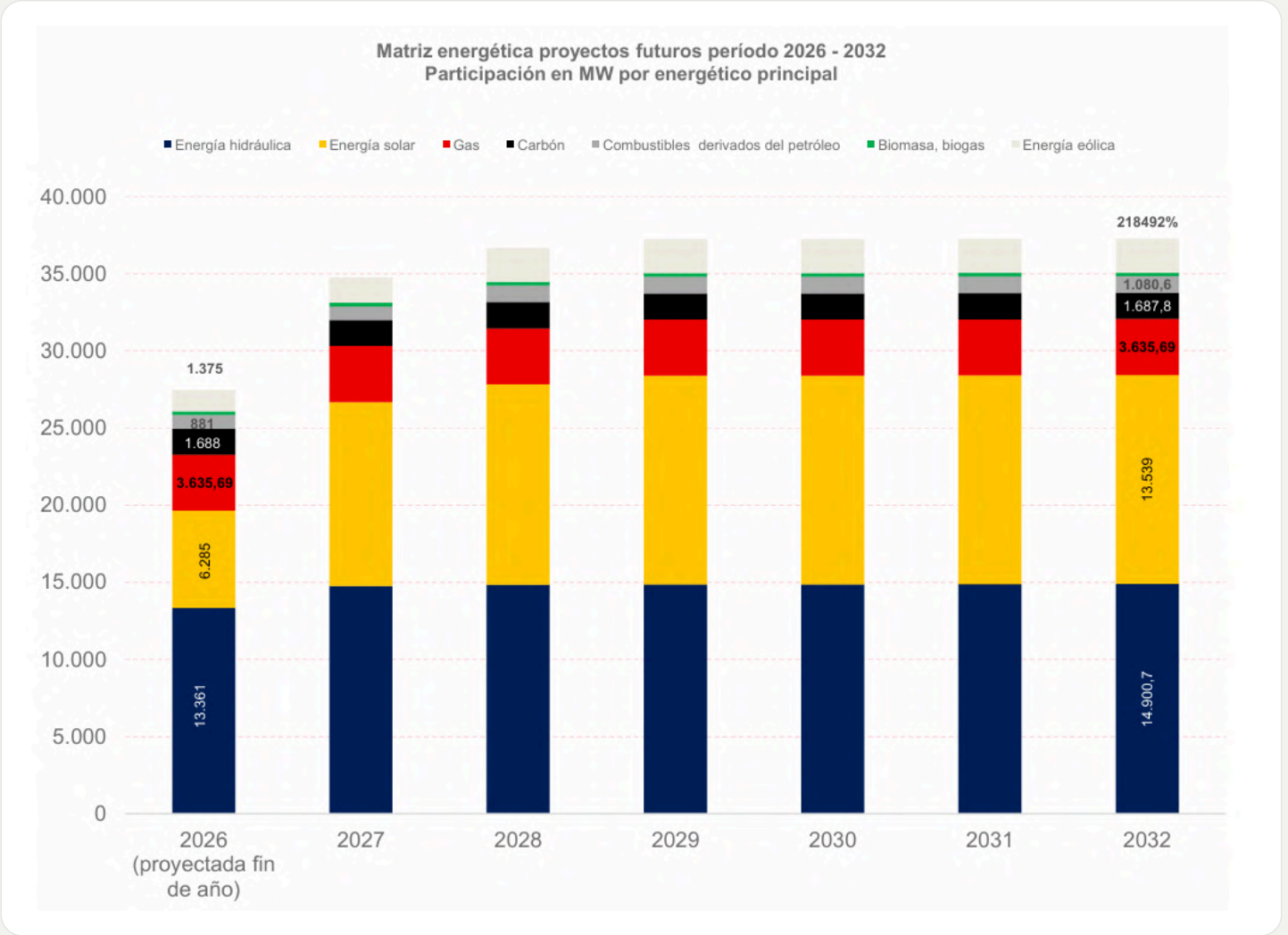
MW

Eólicas y térmicas renovables (biomasa, bagazo, biogás) · 0,1 % de la capacidad total.

EXPANSIÓN DE LA MATRIZ DE GENERACIÓN

En la figura 2, se presenta para cada año hasta 2032, la evolución de la capacidad en porcentaje de la matriz energética supon iendo la entrada planeada de acuerdo con las FPOs aprobadas de los proyectos futuros diferenciados por recurso energético.

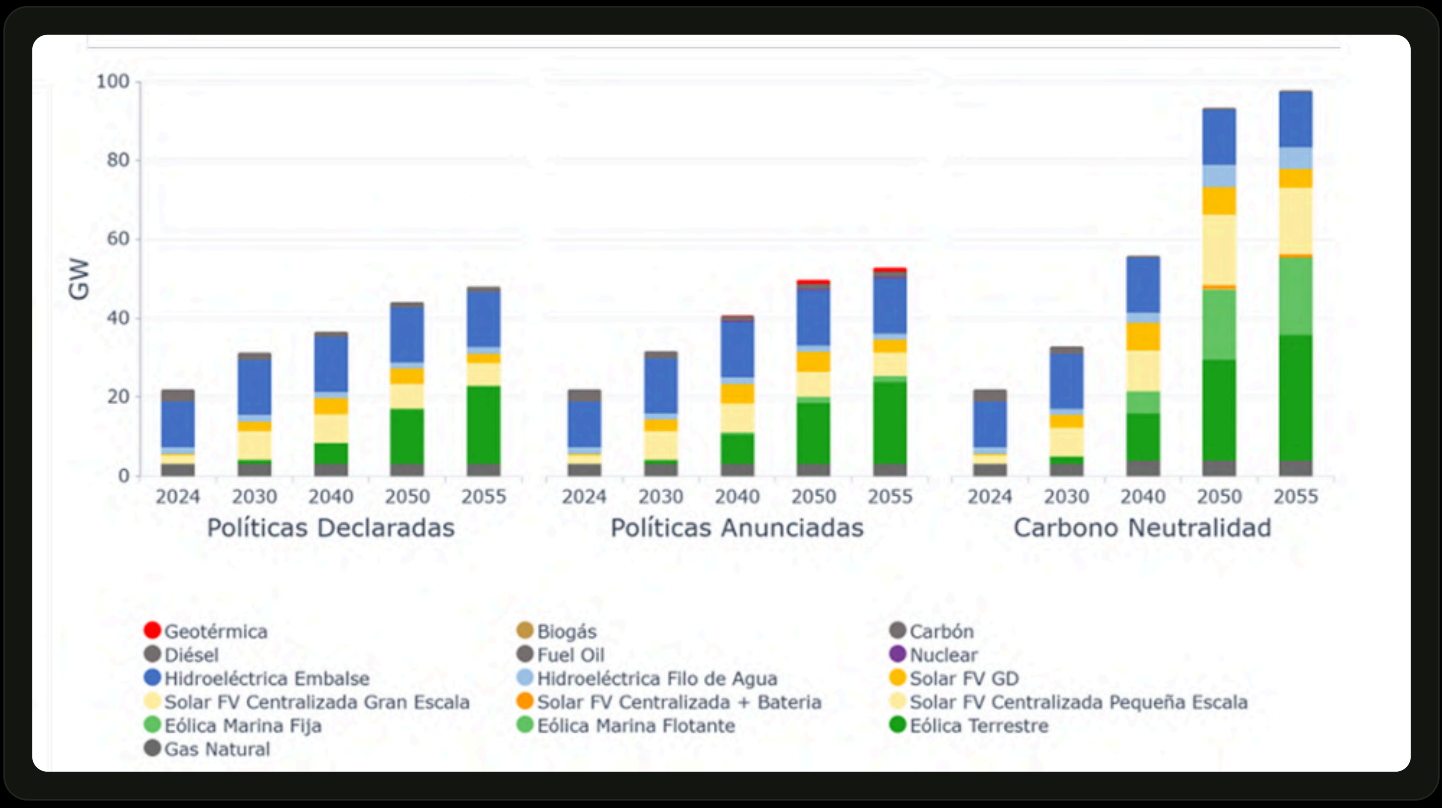
Figura 2. Proyecciones de la capacidad instalada de las fuentes de generación de energía en Colombia según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [25].



ESCENARIO CON POLÍTICAS DECLARADAS (UPME)

Según las proyecciones con las políticas declaradas para el año 2052 se observa que la energía solar fotovoltaica posee una menor participac ión relativa de frente al vector eólico (terrestre y marítimo) al cierre del horizonte de planeación, esto responde a restricciones técnicas asoc iadas a la Inter temporalidad de esta tecnología. Por otra parte, la oferta en el escenario de Políticas Anunciadas (PA) incluye la incorporación de la energía nuclear a partir del año 2038, con una oferta establecida de 2,51 TWh, permite a la matriz de generación de energía eléctrica contar con fuentes de alta densidad energética para asegurar el soporte de carga base. Esta estrategia de diversificación tecnológica se comp lementa con el despliegue progresivo de la geotermia, la cual ingresa a la matriz de generación en el año 2040 con una producción de 0,64 TWh y escala de forma sostenida hasta alcanzar los 6,40 TWh para el año 2055. El aprovechamiento de este potencial aporta una estabilidad operativa al sistema, y actúa en coordinación con la generación nuclear para mitigar la dependencia hídrica estructural y absorber las fluctuac iones de las fuentes intermitentes [26].

Figura 3. Proyecciones de la capacidad instalada de las fuentes de generación de energía en Colombia según la UPME [26].

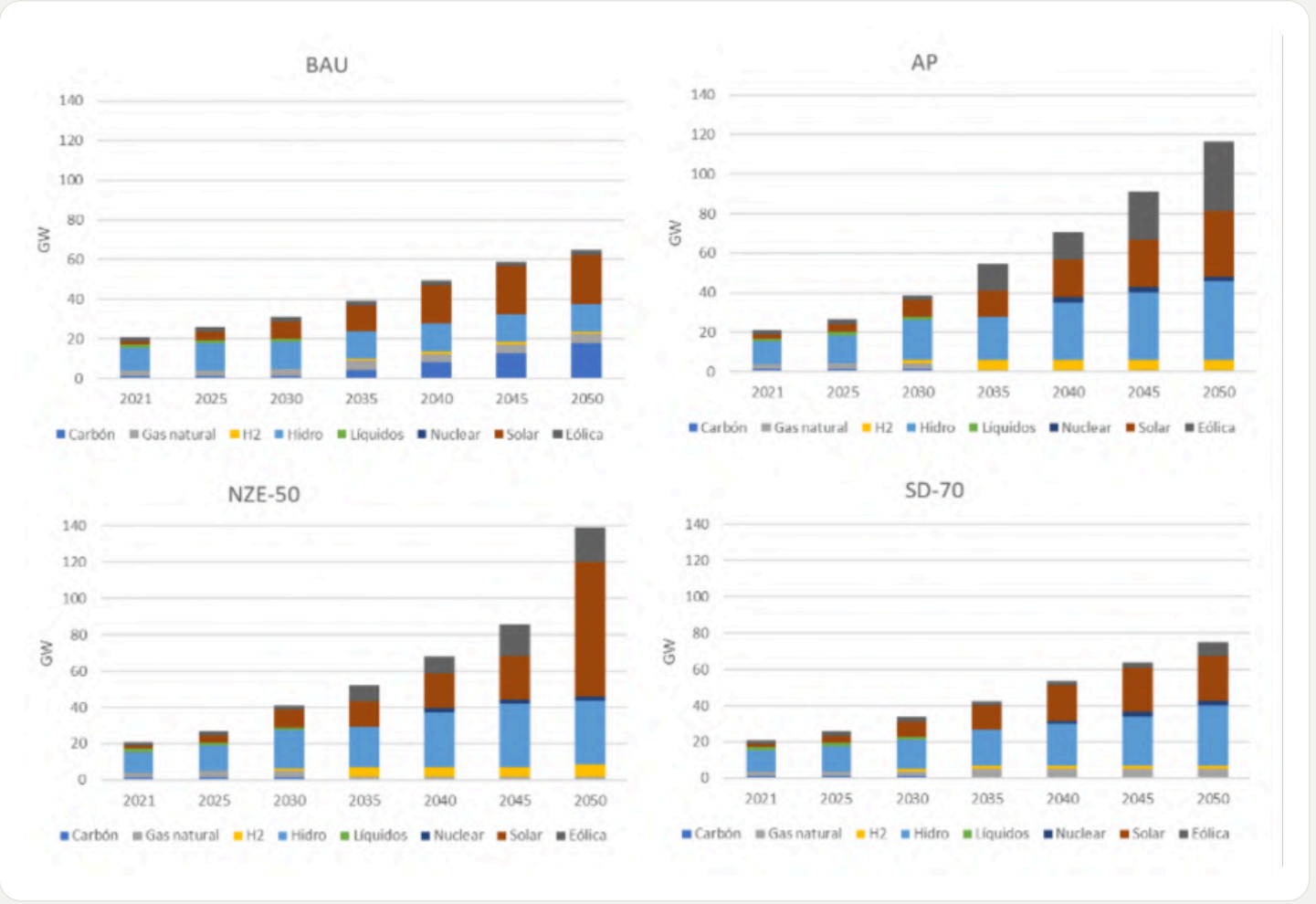


ESCENARIOS BID PARA EL SECTOR ENERGÉTICO

Por su parte, las predicciones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) plantean cuatro escenarios futuros para el sector energético: continuidad de tendencias actuales (BAU), cumplimiento de compromisos climáticos anunciados (AP), neutralidad de carbono para 2050 (NZE-50) y desarrollo sostenible con emisiones netas cero para 2070 (SD-70). Estos escenarios depend en de tres factores determinantes: la dependencia de hidrocarburos, la vulnerabilidad climática y los conflictos sociales [27].

Como se muestra en la Figura 4, el escenario BAU (Business As Usual) guarda una estrecha relación con lo proyectado en el PEN elaborado por la UPME, ya que ambos prevén la continuidad de las tendencias actuales sin transformaciones estructurales significativas en la matriz energética.

Figura 4. Proyecciones de la capacidad instalada de las fuentes de generación de energía en Colombia según el BID [27].



COSTOS NIVELADOS DE ENERGÍA (LCOE)

Costos de Energía

El panorama energético global en 2025 estuvo caracterizado por una marcada expansión de las fuentes renovables, reflejada en que el 91% de los nuevos proyectos de escala comercial lograron generar electricidad a un costo inferior al de la alternativa fósil más barata. Dentro de estas tecnologías, la eólica terrestre presentó el mejor desempeño económico con un LCOE promedio de 0,033 USD/kWh, seguida por la solar fotovoltaica con 0,044 USD/kWh y la hidroeléctrica con 0,062 USD/kWh, consolidándose como las opciones más competitivas en el mercado energético global [28].

0,033 USD/kWh

LCOE eólica terrestre 2025 · mejor desempeño económico global.

0,044

USD/kWh

LCOE solar fotovoltaica 2025.

0,062

USD/kWh

LCOE hidroeléctrica 2025.

Tabla 1. Costos nivelados de la energía de diferentes fuentes de generación a nivel mundial [28].

GENERACIÓN	COSTOS TOTALES INSTALADOS (USD/KW)		FACTOR DE CAPACIDAD (%)		COSTO NIVELADO DE LA ENERGÍA (USD/KW)	
	2010	2025	2010	2025	2010	2025
Geotérmica	3083	5997	87	85	0,055	0,089
Nuclear	2300	4000	85	95	0,096	0,069
Hidroenergía	1494	2079	44	48	0,044	0,062
solar PV	5283	667	15	17	0,417	0,044
Eólico Onshore	2324	976	27	34	0,113	0,033
Eólico Offshore	5518	2931	38	42	0,208	0,078

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL LCOE GLOBAL

La figura 5 refleja la evolución sostenida en la reducción de costos y la maduración de los mercados energéticos, impulsada por la consolidación de cadenas de suministro más eficientes, el aprendizaje tecnológico acumulado y el escalamiento industrial.

Figura 5. histórico del LCOE a nivel mundial [28].

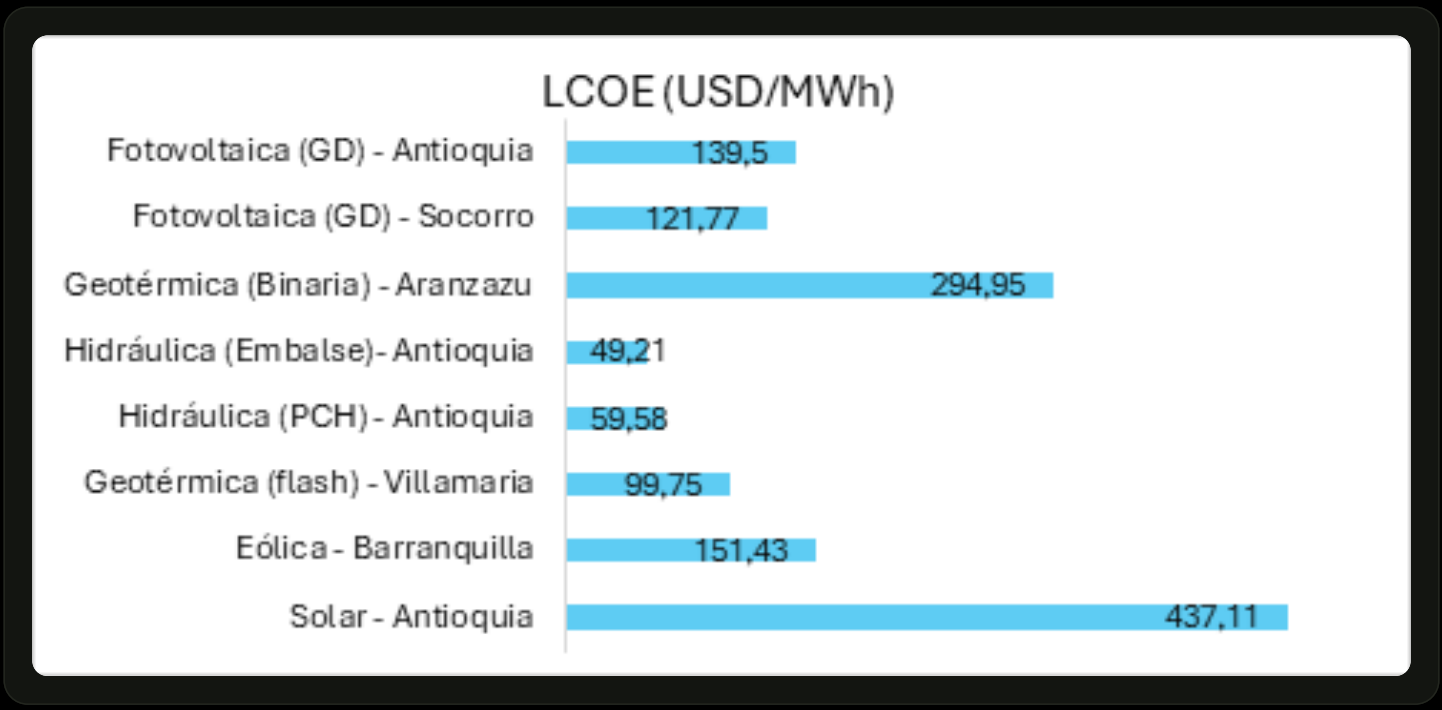


Notes: CSP = concentrated solar power; MWh = megawatt hour; PV = photovoltaic; USD = United States dollar.

COSTOS NIVELADOS EN EL CONTEXTO COLOMBIANO

En el contexto colombiano, los costos nivelados de la energía (LCOE) varían según la ubicación geográfica y la tecnología emp leada. La siguiente figura presenta un análisis comparativo de diferentes tipos de generación eléctrica, elaborado a partir del aplicativo de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). Estos resultados permiten contrastar el panorama nacional con la tendencia global, mostrando que, aunque Colombia cuenta con un amplio potencial renovable, aún existen brechas en competitividad asociadas a la localización, la infraestructura y el grado de madurez tecnológica de cada fuente.

Figura 24. LCOE de las diferentes fuentes de generación en el contexto colombiano, según la UPME [29].



05 ENTONCES ¿TIENE SENTIDO PARA COLOMBIA?

Entonces ¿tiene sentido para Colombia?

La energía nuclear está recuperando relevancia a nivel mundial como alternativa para apoyar la descarbonización de los sistem as eléctricos, principalmente por su capacidad de proporcionar generación firme y bajas emisiones. Este renovado interés está relacionado con el crecimiento de la demanda eléctrica, la seguridad energética y la necesidad de complementar fuentes renovables variables. Sin embargo, la tecnología continúa enfrentando desafíos importantes relacionados con los elevados cost os de inversión, los tiempos de construcción, los requerimientos regulatorios y la gestión de residuos.

Los SMR constituyen una de las principales líneas de desarrollo de la industria nuclear por su menor escala, modularidad y pot encial para facilitar una incorporación progresiva de generación firme. No obstante, su nivel de madurez es heterogéneo: mient ras algunos diseños han alcanzado etapas de operación o demostración, otros permanecen en construcción, licenciamiento o desarrollo. Por ello, todavía existe incertidumbre sobre su desempeño comercial, costos y capacidad para competir con otras tecnologías de generación.

CONDICIONES PARA UNA EVENTUAL INCORPORACIÓN

En Colombia, existe una base nuclear previa asociada al reactor de investigación IAN-R1 y a las aplicaciones médicas, industrial es y científicas de la tecnología nuclear. Los avances institucionales, regulatorios y de cooperación internacional registrados durante 2026 representan un fortalecimiento de las capacidades nacionales para estudiar esta alternativa. Sin embargo, la eval uación de la energía nuclear no constituye una decisión de implementarla, sino una etapa necesaria para determinar sus posib les beneficios, riesgos y condiciones de viabilidad.

Para el Sistema Interconectado Nacional, una eventual incorporación de generación nuclear requeriría evaluar aspectos como la escala de las unidades, confiabilidad y capacidad de la red, disponibilidad de agua, condiciones sísmicas e hidroclimáticas, seg uridad nuclear, gestión de residuos y costos. En este contexto, los SMR podrían ofrecer una alternativa potencialmente más adaptable que los reactores convencionales de gran escala, pero esta posibilidad requiere estudios específicos y evidencia adic ional sobre su desempeño comercial.

En síntesis, la energía nuclear constituye una alternativa que Colombia debe evaluar, el país cuenta con algunas capacidades institucionales y técnicas que permiten iniciar este proceso, mientras que la evolución internacional de los SMR permitirá disponer de mayor evidencia sobre su madurez y competitividad. La decisión futura deberá sustentarse en un análisis integral que compare la opción nuclear con las alternativas disponibles para garantizar simultáneamente confiabilidad, seguridad energética, descarbonización y sostenibilidad económica del sistema eléctrico colombiano.

REFERENCIAS

01 **[1]** XM, "Capacidad Efectiva Neta – Tipo Generación," Paratec, https://paratec.xm.com.co/reportes/capacidad-efectiva-neta-tipo-generacion.

02 **[2]** XM S.A. E.S.P., "Boletín energético," XM, Medellín, Colombia. [En línea]. Disponible: https://www.xm.com.co/nuestra-empresa/informes/informes-de-la-operacion-y-el-mercado/boletin-energetico

03 **[3]** H. Ritchie y P. Rosado, "Nuclear Energy," Our World in Data, julio 2020; cambios menores en abril 2024. [En línea]. Disponible en: https://ourworldindata.org/nuclear-energy.

04 **[4]** W. Martin, "Economics," en *Encyclopaedia Britannica – Nuclear Power*, Encyclopaedia Britannica, actualizado el 28 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.britannica.com/technology/nuclear-power/Economics.

05 **[5]** International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook 2025. Paris, France: IEA, 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025

06 **[6]** International Energy Agency (IEA), Nuclear Power in a Clean Energy System. Paris, France: OECD Publishing, 2019. doi: 10.1787/fc5f4b7e-en.

07 **[7]** K. Hausker, "A Deep Dive into the IPCC Working Group III Mitigation Report," World Resources Institute (WRI), Nov. 10, 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.wri.org/technical-perspectives/deep-dive-ipcc-working-group-iii-mitigation-report

08 **[8]** Agencia Internacional de Energía (IEA), The Path to a New Era for Nuclear Energy [El camino hacia una nueva era para la energía nuclear]. París, Francia: IEA, 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.iea.org/reports/the-path-to-a-new-era-for-nuclear-energy.

09 **[9]** A. Galindo, "¿Qué es la energía nuclear? La ciencia de la energía nucleoeléctrica," OIEA – Agencia Internacional de Energía Atómica, 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-energia-nuclear-la-ciencia-de-la-energia-nucleoelectrica

10 **[10]** Shutterstock, "Fission vs Fusion – vector illustration," imagen ID 2116902413, disponible en: https://www.shutterstock.com/image-vector/fusion-vs-fission-chemical-process-differences-2116902413

11 **[11]** Servicio Geológico Colombiano (SGC), "Hoja informativa – Reactor nuclear IAN-R1," desplegada en: *El único reactor nuclear que hay en Colombia*, Archivo PDF, Bogotá, 2023 (aproximado). [En línea]. Disponible: https://www2.sgc.gov.co/Noticias/tpaginas/Hoja-informativa-Reactor-Nuclear-SGC.pdf.

12 **[12]** República de Colombia, "Decreto 4131 de 2011," Gestor Normativo, Departamento Administrativo de la Función Pública, 2011. Consultar Decreto 4131 de 2011

13 **[13]** Ministerio de Minas y Energía, "Colombia firma acuerdo con el Organismo Internacional de Energía Atómica para evaluar energía nuclear y fortalecer su seguridad eléctrica," 24 feb. 2026. Consultar fuente MinEnergía

14 **[14]** Congreso de Colombia, "Ley 2603 de 2026: por la cual se crea la Agencia Nacional de Seguridad Nuclear (ANSN) y se establece el marco legislativo que regula las actividades que involucran el uso de las radiaciones ionizantes, los materiales nucleares y los materiales radiactivos en el territorio nacional," Diario Oficial No. 53.549, 10 jul. 2026. Consultar Ley 2603 de 2026

15 **[15]** Agencia Internacional de Energía (IEA), The Path to a New Era for Nuclear Energy [El camino hacia una nueva era para la energía nuclear]. París, Francia: IEA, 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.iea.org/reports/the-path-to-a-new-era-for-nuclear-energy/status-of-nuclear-energy

16 **[16]** J. Liou, "What are Small Modular Reactors (SMRs)?," IAEA – Nuclear Explained, International Atomic Energy Agency, 4 Nov. 2021; ultima actualization: 14 Sep. 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs

17 **[17]** Nuclear Scaling Initiative (NSI), "HTR-PM," Reactor Selection Tool, 2026. [En línea]. Disponible en: https://www.nuclearscaling.org/reactors/htr-pm/

18 **[18]** Nuclear News Network, "BREST-OD-300 — status and schedule," Reactor Project Tracker, 2026. [En línea]. Disponible en: Nuclear News Network – BREST-OD-300

19 **[19]** U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), "NuScale US460 Standard Design Approval Application Review," Washington, DC, USA, 2026. [En línea]. Disponible en: NRC – NuScale US460 Standard Design Approval Application Review

20 **[20]** World Nuclear Association (WNA), "Small Modular Reactor (SMR) Design Database: BWRX-300," Londres, Reino Unido, actualizado jul. 1, 2026. [En línea]. Disponible en: WNA – BWRX-300 SMR Design Database

21 **[21]** Rolls-Royce, "Small Modular Reactors," Rolls-Royce, 2026. [En línea]. Disponible en: Rolls-Royce – Small Modular Reactors

22 **[22]** Kairos Power, "Kairos Power Breaks Ground on Hermes 2 Demonstration Plant," Oak Ridge, TN, USA, Apr. 17, 2026. [En línea]. Disponible en: Kairos Power – Hermes 2 Demonstration Plant

23 **[23]** Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima 2026-2040. Revisión julio de 2026. Bogotá, Colombia: UPME, 2026. [En línea]. Disponible en: Documento oficial UPME – Proyección de demanda 2026-2040

24 **[24]** Ministerio de Minas y Energía de Colombia, Balance Renovable 2026: 4.000 MW proyectados y 6 acciones clave para una Colombia energéticamente competitiva. Bogotá, Colombia: Ministerio de Minas y Energía, 2026. [En línea]

25 **[25]** Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios), Generación Eléctrica en Colombia 2026: Concentración, Riesgos y Transición Energética. Bogotá, Colombia: Observatorio Nacional de Servicios Públicos Domiciliarios, 2026. [En línea]. Disponible en: Documento oficial de Superservicios

26 **[26]** Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), Plan Energético Nacional (PEN) 2025–2055: Tomo II – Conceptualización de escenarios, Bogotá, Colombia: UPME, 2026. [En línea]. Disponible en: Documento oficial UPME – PEN 2025–2055, Tomo II

27 **[27]** R. Delgado y T. González, «Escenarios energéticos de transición para Colombia», Inter-American Development Bank, dic. 2024. doi: 10.18235/0013312. Disponible en: https://publications.iadb.org/es/escenarios-energeticos-de-transicion-para-colombia.

28 **[28]** International Renewable Energy Agency (IRENA), Renewable Power Generation Costs in 2025. Abu Dhabi, United Arab Emirates: IRENA, 2026. [En línea]. Disponible en: Documento oficial de IRENA – Renewable Power Generation Costs in 2025

29 **[29]** «COSTOS NIVELADOS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN COLOMBIA». Disponible en: https://lcoev2.upme.gov.co/.

