Protección & Seguridad
Marzo - Abril / 2023

Perspectivas del sector eléctrico de cara al cambio climático





Johan Andrés García Meneses
Líder técnico del CCS
Ingeniero químico / Magíster en Ingeniería Química

Quizá, muchos recuerden a su profesor o profesora de física en el colegio, o incluso en la universidad, repetirles varias veces la definición de energía: "es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo" (Gencat, s.f.).

Para entonces, la definición podía ser un poco difícil de comprender. No obstante, y en pocas palabras, la energía es la que mueve al mundo y se ha constituido en una pieza clave en el desarrollo de la humanidad. Existen varios tipos según su fuente y forma. Así mismo, recibe varias denominaciones según las acciones y cambios que pueda provocar. Así, se encuentra la energía mecánica, la neumática, la térmica, la electromagnética, la química, la nuclear y la eléctrica, entre otras. De otro lado, de acuerdo con su fuente puede ser renovable o no renovable y, según su disponibilidad, puede provenir de fuentes convencionales o en desarrollo (también llamadas no convencionales) (Endesa, s.f.).

Las energías renovables son un tipo de energías derivadas de fuentes naturales que llegan a reponerse más rápido de lo que pueden consumirse. Ejemplo de estas son la luz solar y el viento las cuales se renuevan continuamente (ONU, s.f.). Las fuentes de energía renovables abundan y las encontramos en cualquier entorno.

Por el contrario, los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas

constituyen fuentes de energía no renovables que tardan cientos de millones de años en formarse. Los combustibles fósiles producen la energía al quemarse, lo que también provoca emisiones dañinas en forma de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO_2, por su fórmula química) (ONU, s.f.).

Por otra parte, las fuentes de energía convencionales son aquellas que tienen una participación importante en los balances energéticos de los países. Es el caso del carbón, el petróleo, el gas natural, la energía hidráulica y la nuclear. Por el contrario, se les llama fuentes de energía no convencionales —o nuevas fuentes de energía— a las que, por estar en una etapa de desarrollo tecnológico en cuanto a su utilización generalizada, no cuentan con participación apreciable en la cobertura de la demanda energética de los países. Es el caso de la energía fotovoltaica, la eólica, la oceánica y la biomasa (Foro Nuclear, s.f.).

En esta edición de *Protección & Seguridad* se hará énfasis en la energía eléctrica, la cual es, sin duda, la que más se utiliza diariamente. De hecho, una gran mayoría de equipos y herramientas en los hogares funcionan con electricidad, la cual cobra, hoy por hoy, aún más relevancia con la revolución 4.0 y el internet de las cosas.

"Los medios de trabajo, las industrias, los sistemas de alumbrado público son movidos por la energía eléctrica. Incluso, en la actualidad el transporte vehicular, ya sea particular o público, también empieza a ser impulsado por esta fuente".

A su vez, los medios de trabajo, las industrias y los sistemas de alumbrado público son movidos por la energía eléctrica. Incluso, en la actualidad el transporte vehicular, ya sea particular o público, también empieza a ser impulsado por esta fuente.



Surgen entonces algunas inquietudes: ¿de dónde viene toda esa energía que es consumida?, ¿cómo se transporta? y ¿cuál es su panorama actual? A continuación, se presenta una breve descripción de los principales aspectos.

El proceso de disponer de energía eléctrica al alcance de todas las personas, desde la generación hasta el consumo final, no resulta ser tan sencillo y se compone de varias etapas: generación, transmisión, distribución, comercialización y consumo final.

La etapa de generación, de acuerdo con Corficolombiana (2022), consiste en transformar los diferentes tipos de energía en energía eléctrica mediante centrales hidroeléctricas, plantas térmicas o parques eólicos, entre otros.

La transmisión consiste en el transporte de la electricidad desde las centrales generadoras hasta los grandes centros de consumo a través de cables que están sostenidos por torres que permiten la circulación de alto voltaje (niveles de tensión superiores a 220 kilovoltios kV) por largas distancias. En Colombia, este proceso se realiza por medio del Sistema Interconectado Nacional (SIN) cuyas redes transportan la energía desde las plantas de generación hasta las subestaciones de transformación y, finalmente, hacia el consumidor final. Este sistema está conformado, a su vez, por el Sistema de Transmisión Nacional (STN) y el Sistema de Transmisión Regional (STR) (Corficolombiana, 2022).

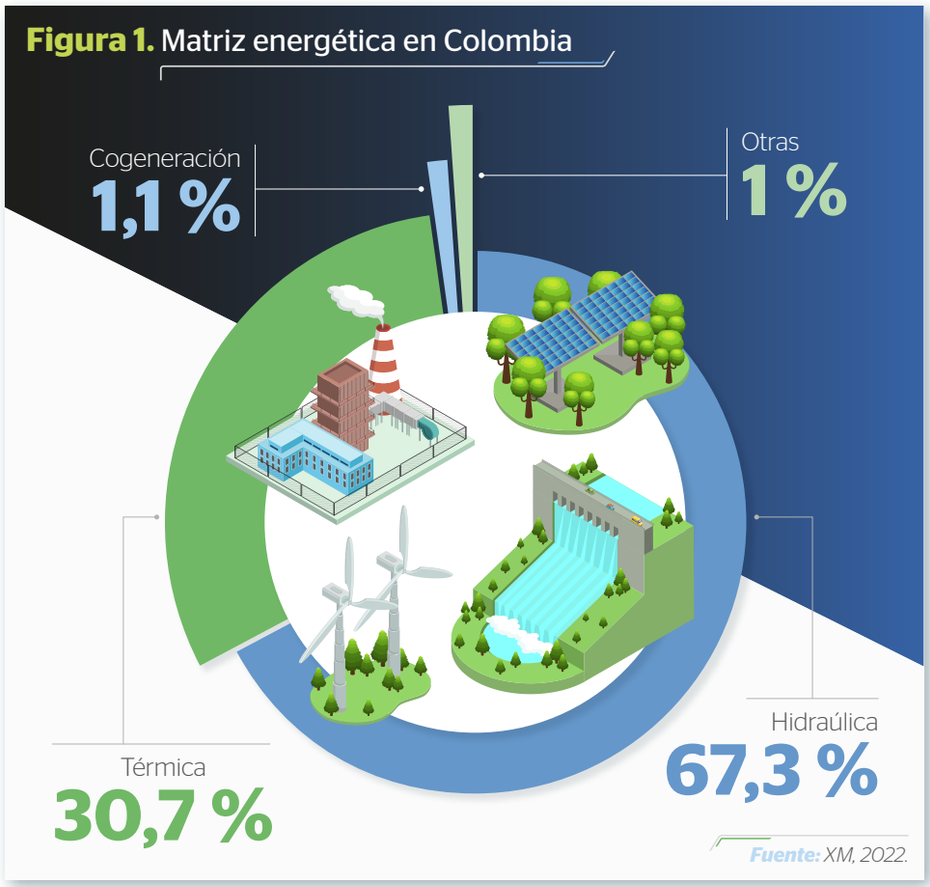
La distribución eléctrica complementa a la transmisión en el transporte de electricidad, comprendiendo los niveles de tensión inferiores a 220 kV y operando los Sistemas de Transmisión Regional (STR) y de Distribución Local (SDL), mediante los cuales se lleva la electricidad del punto de transmisión (red de alta tensión) hasta el consumidor final. Por último, la comercialización consiste en la compra de energía eléctrica en el mercado, sea regulado o no, y su venta a los usuarios finales (Corficolombiana, 2022).

Ahora bien, la generación —primer eslabón de la cadena de valor de la energía eléctrica— determina la matriz energética del país. Las diferentes formas de obtener energía eléctrica conforman la matriz energética que, para el 2022, en Colombia fue de 17.801 megavatios (mayo 2022), de los cuales el 67,3 % corresponden a energía hidráulica, el 30,7 % a energía térmica, el 1,1 % hace referencia a energía por cogeneración, el 0,9 % a la solar y el 0,1 % restante a energía eólica (ver figura 1) (XM, 2022). Así las cosas, el país cuenta con una de las matrices de generación eléctrica más limpias del planeta (dada una menor generación de Gases de Efecto Invernadero - GEI). Sin embargo, aún existe un porcentaje representativo que se obtiene de fuentes no renovables como los combustibles fósiles (representado por el 30,7 % de energía térmica) factor que genera emisiones de GEI considerables en comparación con las otras fuentes.

Dado que la mayor parte de la energía en Colombia proviene de hidroeléctricas, es preciso tener en cuenta que su confiabilidad depende de los niveles de los embalses los cuales están determinados por las temporadas de lluvias y sequías. Ejemplo de ello es el efecto que tuvo el fenómeno del Niño ocurrido durante el 2015 y el primer trimestre del 2016, cuando la disponibilidad del recurso hídrico disminuyó significativamente. Esto hizo que, para marzo de 2016, la participación de la generación hidráulica se ubicara en el 46,1 %, muy por debajo de los niveles habituales. Como consecuencia, durante este mismo mes se registró un aumento en la generación térmica alcanzando los 2.848 GWh, equivalentes al 52,5 % de la generación mensual (Corficolombiana, 2022).

En vista de la variabilidad climática y, por supuesto, considerando los efectos del cambio climático y el consecuente aumento en la temperatura media del planeta, la comunidad internacional ha formulado diferentes planes y objetivos con el fin de disminuir las consecuencias negativas de estos fenómenos. Entre ellos se encuentra el Acuerdo de París a través del cual los países se comprometieron a luchar contra el cambio climático y a establecer medidas para la reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Figura 1. Matriz energética en Colombia



Fuente: XM, 2022.

> *Dado que la mayor parte de la energía en Colombia proviene de hidroeléctricas, es preciso tener en cuenta que su confiabilidad depende de los niveles de los embalses los cuales están determinados por las temporadas de lluvias y sequías".*

Este acuerdo tiene implicaciones en la producción y el uso de combustibles fósiles debido a sus altas emisiones de GEI, así como también oportunidades en el sector energético. Para 2050, el país —como signatario del acuerdo— debe alcanzar un escenario de cero emisiones de GEI. Por ende, la transición energética se convierte en el pilar fundamental de este objetivo. No solo se necesita reemplazar los combustibles fósiles contaminantes, sino que también se debe diversificar la matriz energética mediante la incorporación de otras fuentes renovables, considerando fenómenos como la variabilidad y el cambio climático.

Dentro del Plan Energético Nacional 2020-2050 se presenta la matriz de generación proyectada para el año 2050. Para entonces, se espera tener una capacidad instalada de 42.709 megavatios (MW), de los cuales 43,2 % corresponderán a Fuentes No Convencionales de Energía Renovable -FNCER (energía eólica, fotovoltaica, oceánica, biomasa, entre otras), 37,4 % a energía hidráulica y el 19,2 % restante a energía térmica; logrando así, un incremento

Continúa en la página 25

Viene de la página 23

en la capacidad efectiva neta total de 24.907 MW, manteniéndose un margen considerable frente a la demanda esperada (UPME, 2020). De esta manera, la matriz energética futura muestra más seguridad y confiabilidad al disminuir la vulnerabilidad frente a eventos climáticos como sequías y a su vez, es más diversa y limpia.

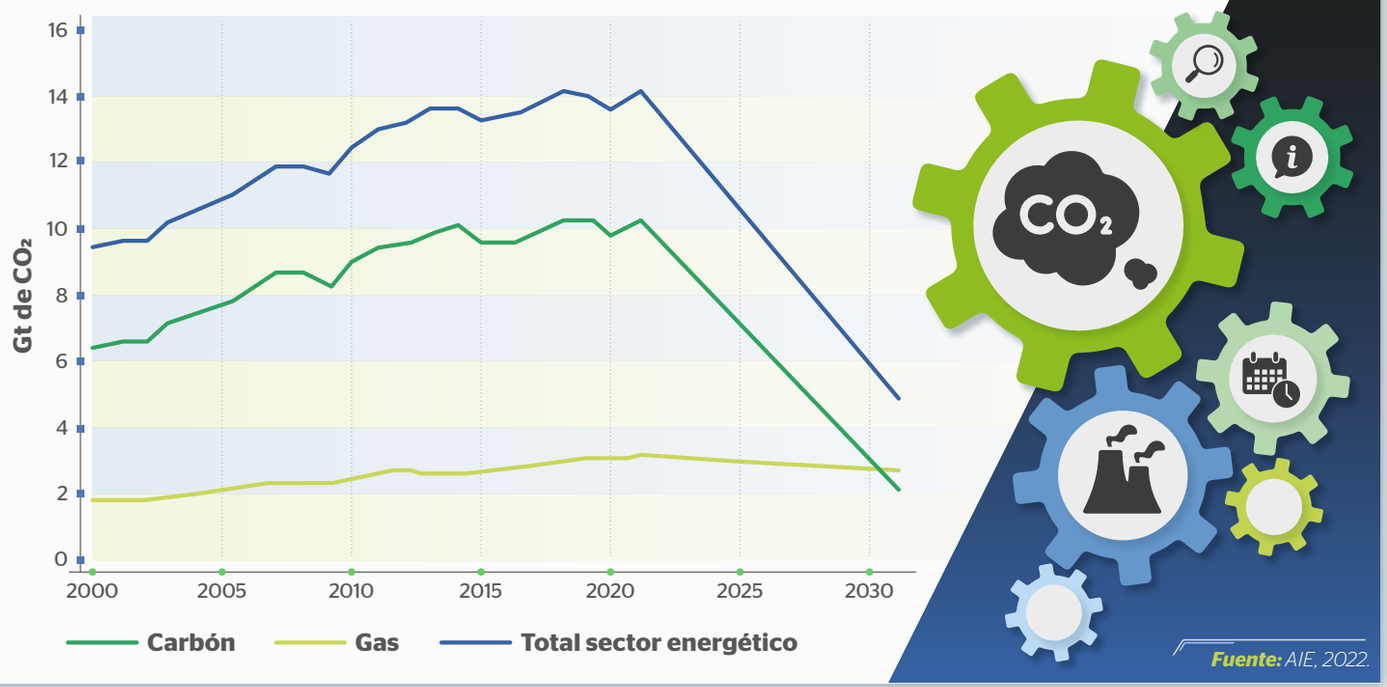
Sin embargo, es preciso reconocer que las FNCER no son del todo inmunes a factores climáticos si bien se contará con el efecto de "diversificación climática" ¿qué significa esto? Que las temporadas de lluvia y sequía en un determinado lugar no se presentarán al mismo tiempo. Por lo tanto, en época de sequía se aprovechará la energía solar y los vientos para la generación de energía, mientras que en temporada de mayores precipitaciones se espera que los caudales de ríos y niveles de embalses aumenten, aprovechando así la generación hidráulica.

Emisiones del sector

Las emisiones de CO_2 del sector energético mundial (tanto de la producción de electricidad como de calor) aumentaron en cerca de 700 Mt (megatoneladas) de CO_2 en 2021, alcanzando un máximo histórico de más de 14 Gt (gigatoneladas). Esto fue impulsado, principalmente, por un fuerte aumento en la generación de electricidad a carbón en comparación con el año anterior (Electricity Sector, 2022).

Las tendencias actuales no van por buen camino considerando un escenario de cero emisiones. Si se tiene en cuenta que las emisiones del sector eléctrico caerán en más de un 7 % anual hasta el 2030 y alcanzarán una intensidad de emisiones de alrededor de 165 gCO_2/kWh (una reducción del 65 % con relación a las 455 gCO_2/kWh actuales), el sector se descarbonizará completamente para el 2040 como se advierte en la figura 2 (Electricity Sector, 2022).

Figura 2. Emisiones del sector energético considerando un escenario de cero emisiones



Fuente: AIE, 2022.

Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2022), el fuerte aumento de las emisiones de CO_2 del sector eléctrico en 2021 fue causado por una mayor demanda mundial de electricidad que incrementó en 1200 TWh (5 %). Aquí la generación de electricidad a carbón cubrió alrededor de la mitad de este crecimiento de la demanda. Posteriormente, la participación del carbón en la generación total de electricidad se acercó al 36 %. Además, la generación de electricidad mediante esta fuente se vio impulsada aún más por los altos precios del gas natural. Los costos de operación de las plantas de carbón existentes en los Estados Unidos y en muchos sistemas eléctricos europeos fueron considerablemente más baratos que los costos operativos de las plantas de energía a gas durante la mayor parte de 2021.

Sector eléctrico internacional

El informe del mercado de electricidad para el 2023 de la Agencia Internacional de Energía (World Energy Outlook 2022, 2022) muestra que las energías renovables, combinadas con el resurgimiento de la energía nuclear, cubrirán con creces el aumento de la demanda de electricidad entre el 2022 y el 2025. Esto significa que las fuentes

de energía limpia comenzarán a desplazar a los combustibles fósiles. Como resultado, las emisiones globales de dióxido de carbono del sector eléctrico se estabilizarán o disminuirán a pesar del rápido aumento de la demanda.

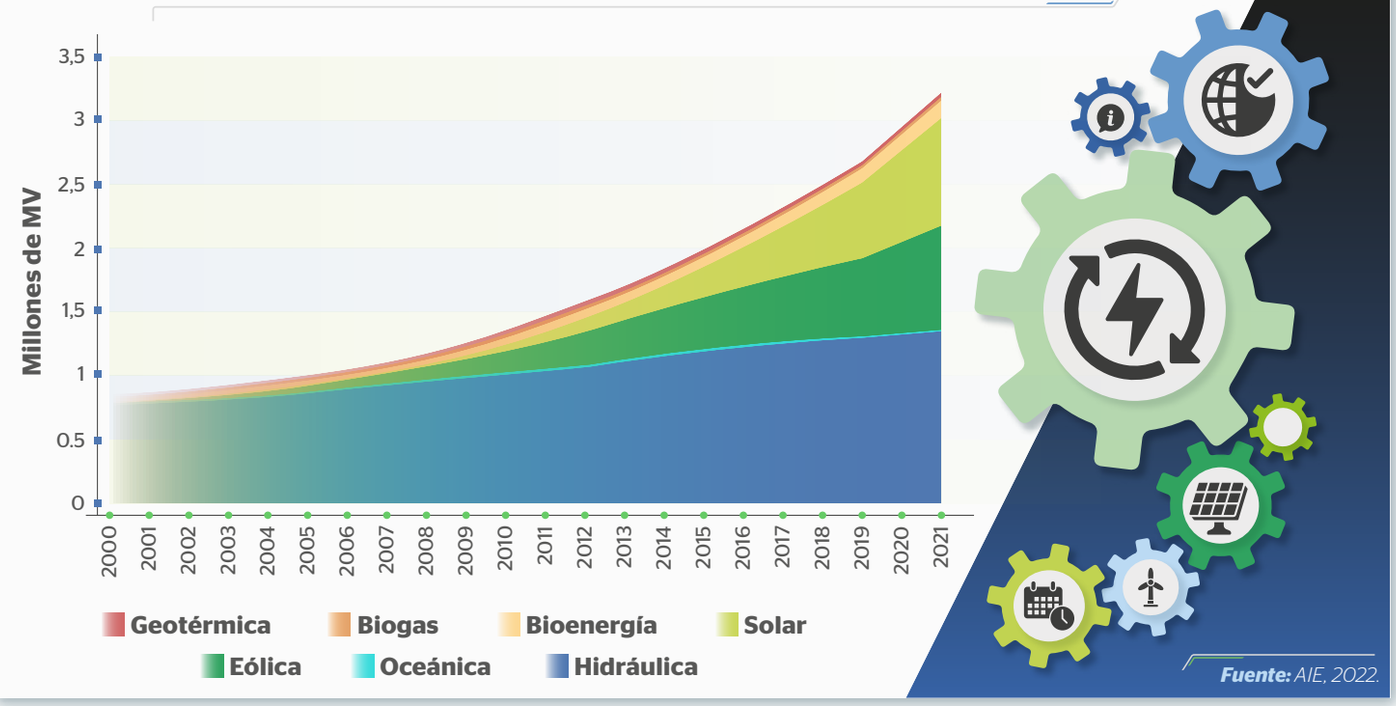
La AIE también señala que las proyecciones de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) mundial han ido a la baja para casi todos los países debido a la crisis energética, especialmente para economías desarrolladas. Sin embargo, proyecta que el crecimiento de la demanda mundial de electricidad se recuperará con fuerza en este 2023 en Asia. Para 2025, China representará un tercio de la demanda mundial de electricidad, frente al 5 % en 1990 y el 25 % en 2015. Combinado con un fuerte crecimiento en otras partes de Asia, para 2025 esta región representará, por primera vez en la historia, más de la mitad de la demanda mundial de electricidad (World Economic Forum, 2023).

Energías renovables en el mundo

En 2021, de acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía (2022), la generación de electricidad renovable aumentó casi un 7 % y las tecnologías eólica y fotovoltaica representaron conjuntamente casi el 90 % de este crecimiento. La participación de las energías renovables en la generación de electricidad mundial alcanzó el 28,7 % en 2021. Sin embargo, su lento crecimiento se explica dado que la demanda mundial de electricidad alcanzó su nivel más alto en la historia ya que la actividad económica se recuperó rápidamente después de la pandemia del 2020, pero las sequías en varias regiones redujeron la generación hidráulica.

La figura 3 muestra el crecimiento de la generación de energías renovables en los últimos 20 años, siendo la energía eólica y solar (fotovoltaica) las de mayor crecimiento en tiempos recientes, tal como lo señala la AIE (2022).

Figura 3. Generación de energía renovable en el mundo por tipo de tecnología



Fuente: AIE, 2022.

China fue responsable de más de la mitad de este crecimiento en la generación de electricidad renovable en 2021, principalmente, debido a las adiciones récord de capacidad eólica y solar fotovoltaica en 2020 (AIE, 2022). Estados Unidos y la Unión Europea, por su parte, fueron responsables, cada uno, del 8 % del crecimiento. Por el contrario, la generación renovable disminuyó en Brasil y Turquía debido a sequías persistentes que causaron una menor generación hidráulica. Lo mismo ocurrió en el Reino Unido y Alemania donde los períodos prolongados de vientos bajos dificultaron la generación en parques eólicos.

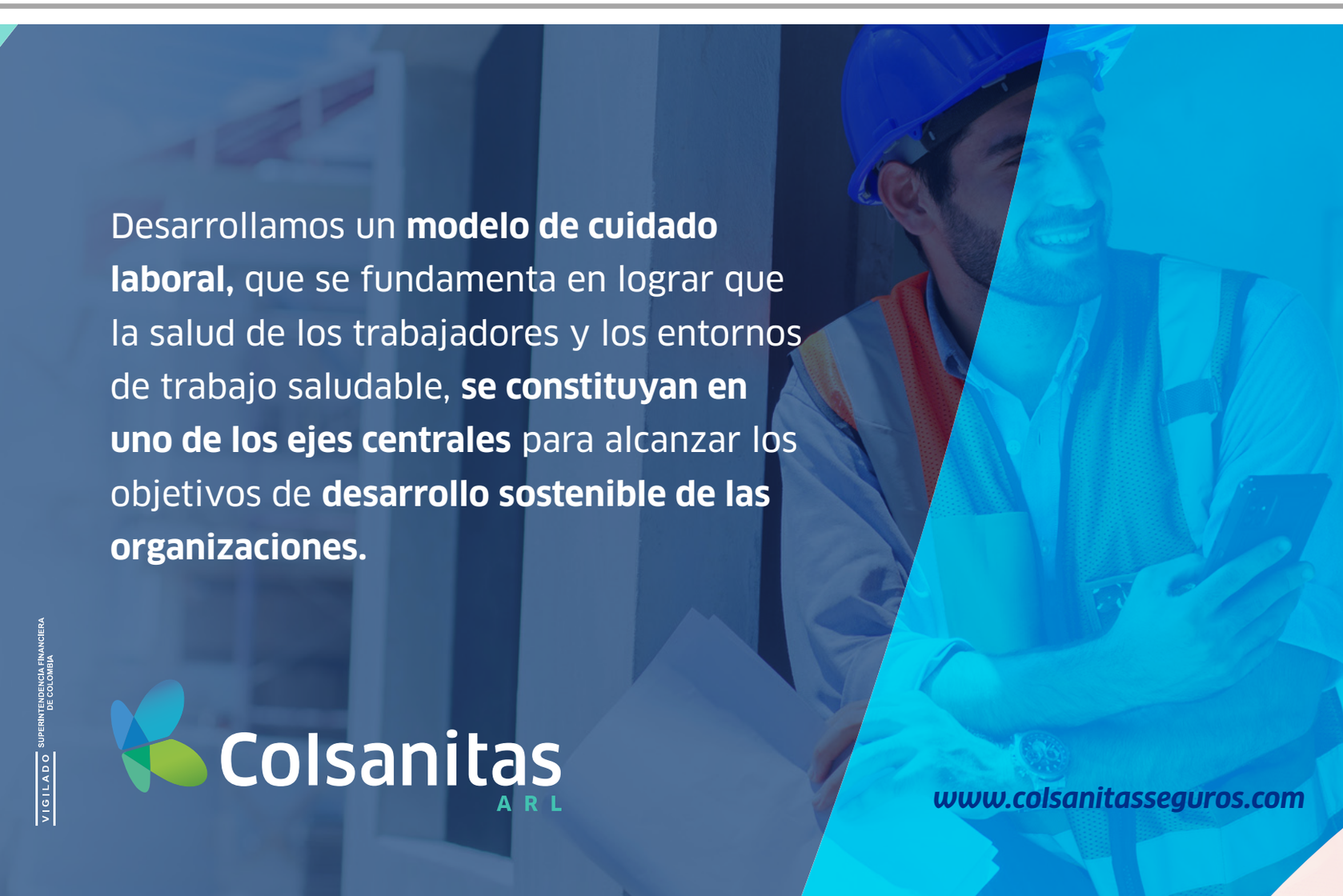
De otro lado, la generación de energía renovable debe continuar expandiéndose en más de un 12 % anual entre 2022 y 2030 para encaminarse hacia un escenario de cero emisiones (World Economic Forum, 2023). A pesar de las adiciones récord de capacidad renovable, el crecimiento de la generación se mantuvo significativamente por debajo de este objetivo. Se necesitará un despliegue mucho más rápido de todas las tecnologías renovables en todas las regiones del mundo.

El escenario de cero emisiones requiere un gran aumento en la inversión en energías renovables. La generación

de electricidad a partir de estas fuentes experimenta uno de los mayores aumentos pasando de USD 390.000 millones en los últimos años a USD 1.3 billones estimados para el 2030. Esto significa que, para ese año, la inversión en energías renovables será igual al gasto más alto jamás realizado en el suministro de combustibles fósiles (en 2014, el gasto en combustibles fósiles fue de USD 1,3 billones) (World Energy Outlook 2022, 2022).

A pesar de los grandes esfuerzos requeridos y la gran inversión necesaria en energías renovables, el panorama muestra indicios positivos. Por ejemplo, la capacidad de producción de baterías para vehículos eléctricos anunciada para 2030 es solo un 15 % inferior al nivel de demanda de baterías que requiere un escenario de cero emisiones en el mismo año, mientras que las expansiones anunciadas de la capacidad de producción de energía solar fotovoltaica





serían suficientes para lograr el nivel de implementación previsto (Renewable Electricity, 2022).

Por otra parte, el empleo total en el sector energético pasará de 65 millones de trabajadores hoy en día a 90 millones en 2030 considerando el escenario de cero emisiones. Los nuevos puestos de trabajo en las industrias de energía renovable alcanzarán los 40 millones lo que supera las pérdidas de puestos de trabajo en las industrias relacionadas con los combustibles fósiles. Tanto así que, de acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía (AIE, 2022), ya se empieza a presentar escasez de mano de obra calificada en proyectos de construcción de fuentes de energías renovables, lo que muestra la importancia de formular políticas laborales proactivas para subsanar esta situación y aprovechar las oportunidades.



Almacenamiento de energía

El almacenamiento a gran escala de energía eléctrica juega un papel importante en el escenario de cero emisiones para el 2050. Un incremento masivo en la generación mediante energías renovables, así como la electrificación de los sectores de calefacción, climatización en las viviendas y la movilidad eléctrica están acelerando la necesidad de soluciones eficientes, confiables y económicas de sistemas de almacenamiento de energía (García Sanchez, 2021). Para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París y llevar a cabo una transición energética sostenible donde las energías renovables jueguen un papel principal, los sistemas de almacenamiento se volverán imprescindibles en el futuro. Como se mencionó anteriormente, la variabilidad climática afecta la confiabilidad de este tipo de fuentes. Por ende, los sistemas de almacenamiento permiten la integración de cada una de ellas de tal manera que se puedan aprovechar las diferencias en los horarios de los picos de demanda, es decir, que la energía que no se consume en horas valle se pueda almacenar y luego ser aprovechada en las horas de mayor demanda. De esta forma, se reducen los problemas de intermitencia que pueden tener las fuentes renovables y se brinda mayor seguridad, confiabilidad y flexibilidad a las redes eléctricas. Con ello, también se logra reducir la volatilidad de los precios de la energía.

Entre las diferentes tecnologías de almacenamiento se encuentran las centrales hidroeléctricas de almacenamiento por bombeo. Esta es la tecnología de almacenamiento más utilizada en la actualidad (con una capacidad instalada en 2022 de 8500 GWh) y tiene un potencial adicional significativo en varias regiones (Grid-scale storage, 2022). Sin embargo, está sujeta a condiciones geográficas específicas. Otras tecnologías de almacenamiento incluyen aire comprimido y almacenamiento por gravedad, pero desempeñan un papel relativamente pequeño en los sistemas de energía actuales. Además, el hidrógeno es una tecnología emergente que tiene potencial para el almacenamiento estacional de energía renovable, siendo este un vector energético más que un sistema de almacenamiento en sí (García Sanchez, 2021).

¿Cuál es el camino a seguir?

El camino hacia un escenario de cero emisiones donde las energías renovables y, sobre todo, las FNCER representen gran parte de la matriz energética colombiana requiere de grandes

esfuerzos por parte de la industria, el gobierno y la comunidad. Se debe empezar por garantizar estabilidad en el sector mediante la formulación y visibilidad de políticas en energías renovables diseñadas de tal manera que atraigan inversión extranjera y fomenten la competencia.

Algunas tecnologías de generación siguen siendo relativamente costosas en términos económicos o enfrentan desafíos tecnológicos y de mercado específicos por lo que requieren políticas especiales. Por otro lado, es necesario una mejor remuneración del valor de mercado para acelerar el despliegue de las tecnologías de almacenamiento eléctrico, ya sea por bombeo, uso de baterías a gran escala o la implementación de vectores como el hidrógeno.

Finalmente, no se debe olvidar el mediano plazo y los compromisos adquiridos con la Agenda 2030, los cuales representan el camino para alcanzar la descarbonización del sector. De igual manera, la transición energética justa y sostenible plantea retos y oportunidades para el país, especialmente, la integración de todos los actores involucrados de tal manera que se alcance una gestión eficiente de la energía. En las siguientes páginas de esta edición de *Protección & Seguridad* se presentará el panorama actual del sector, su contribución al alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los riesgos asociados a lo largo de su cadena de valor, las oportunidades y buenas prácticas para gestionarlos y hacer un uso eficiente de la energía, particularmente, en un país como Colombia y las consideraciones que deben ser tenidas en cuenta para avanzar hacia una transición energética justa y sostenible en América Latina y el Caribe.



Referencias

AIE. (2022). Electricity Sector. París: AIE. Obtenido de *https://www.iea.org/reports/electricity-sector*

AIE. (2022). Grid-scale storage. París: AIE. Obtenido de *https://www.iea.org/reports/grid-scale-storage*

AIE. (2022). Renewable Electricity. París: AIE. Obtenido de *https://www.iea.org/reports/renewable-electricity*

AIE. (2022). World Energy Outlook 2022. París: AIE. Obtenido de *https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022*

Corficolombiana. (2022). Actualidad del sector energético colombiano y vulnerabilidad al cambio climático. Recuperado: Febrero de 2023 de *https://investigaciones.corficolombiana.com/analisis-sectorial-y-sostenibilidad/perspectiva-sectorial-energia/actualidad-del-sector-energetico-colombiano-y-vulnerabilidad-al-cambio-climatico/informe_1175892#:~:text=La%20participaci%C3%B3n%20de%20las%20fue*

Endesa. (s.f.). La energía. Recuperado en Febrero de 2023 de *https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/que-es-la-energia*

Foro nuclear. (s.f.). Foro de la industria nuclear española. Recuperado en Febrero de 2023 de ¿Cómo se clasifican las fuentes de energía?: *https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/como-se-clasifican-las-fuentes-de-energia/*

García Sanchez, J. L. (2021). Sistemas de almacenamiento de energía a gran escala. Trabajo fin de máster en Eficiencia y Aprovechamiento energético, Universidade da Coruña.

Gencat. (s.f.). ¿Qué es y de dónde proviene la energía? Recuperado en Febrero de 2023 de *https://icaen.gencat.cat/es/energia/que_es/*

ONU. (s.f.). ¿Qué son las energías renovables? Recuperado en Febrero de 2023 de *https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy*

Our World in Data. (s.f.). Installed global renewable energy capacity by technology. Obtenido de *https://ourworldindata.org/grapher/installed-global-renewable-energy-capacity-by-technology*

UPME. (2020). Plan Energético Nacional 2020-2050. Obtenido de *https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energetico_Nacional_2020_2050.pdf*

World Economic Forum. (2023). Renewables will be world's top electricity source within three years, IEA data reveals. Recuperado en Febrero de 2023, de *https://www.weforum.org/agenda/2023/02/renewables-world-top-electricity-source-data/*

XM. (2022). Informes anuales. Recuperado en Febrero de 2023 de *http://informesanuales.xm.com.co/*