

# “Aunque la descarbonización de economías está guiando las políticas energéticas, cada país debe diseñar sus trayectorias de transición”: Ángela Cadena

Una de las mayores preocupaciones del mundo, es mitigar y afrontar los impactos del Cambio Climático, lo cual implica entre muchas acciones, reducir las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera.

*“Es importante tener en cuenta que se debe descentralizar la generación, acompañado de una adecuada digitalización, instalación de sistemas de medición y señales de tarifas dinámicas”*

Siendo la producción, transformación y uso de la energía, una fuente importante de estas emisiones y el sector vulnerable a los efectos de cambio climático, es importante analizar los retos de una creciente demanda de energía como la que se espera en el país, dados sus bajos consumos per cápita y requerimientos que el crecimiento económico demanda.



Ángela Cadena.  
Comisión de Energía - ACIEM

En entrevista con ACIEM, Ángela Inés Cadena Monroy, Ingeniera Eléctrica de la Universidad de los Andes, con Doctorado en Ciencias económicas y sociales de la Universidad de Ginebra, Docente investigadora de su alma máter y Directora de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) en dos oportunidades, compartió la visión de la Asociación sobre los retos de la matriz energética del país en el marco de la descarbonización y las perspectivas frente al futuro del sector energético.

**ACIEM: ¿Cuáles considera son los aspectos que lideran la transformación del sector energético a nivel mundial?**

**Ángela Cadena:** Primero, la descarbonización de las economías y las sociedades está guiando la política y la transición energéticas a nivel mundial.

El sector siempre ha estado en procesos de cambio, orientado por distintas razones: oferta y atributos de las fuentes y ubicación y evolución de la demanda; la garantía de la seguridad del suministro a precios eficientes; y de minimizar el impacto ambiental del abastecimiento y usos de la energía, con una mayor preocupación actual por el CO<sub>2</sub> y el cambio climático; y en nuestros países, el aumento de la cobertura de energía para la población cuidando la asequibilidad, para mejorar las oportunidades, el bienestar y disminuir las inequidades sociales y regionales.



Es clave que cada país diseñe su estrategia de transición energética para reducir los impactos negativos del cambio climático, así como mejorar las condiciones de adaptación y conservar y regenerar la biodiversidad, son prioridades importantes.

A partir de un análisis de los recursos con los que cuenta cada país o región y de los objetivos de desarrollo económico y energético, se deben identificar y

evaluar diferentes trayectorias para seleccionar aquellas factibles y de menor impacto, evitando trasplantar estrategias seguidas por otros países o regiones con diferentes dotaciones de recursos, requerimientos y propósitos de desarrollo, sin mayor análisis o crítica.

*“ En la revisión de la canasta de oferta bruta en los diferentes escenarios, se puede afirmar que de un 25% de fuentes renovables de energía, hoy se llegaría a una participación entre el 50% ”*

Segundo, hay un portafolio de acciones y tecnologías que se deben combinar según las condiciones propias de cada país, buscando la reducción de la participación de combustibles fósiles con una mayor intensidad de carbono, sin dejar de considerar la cantidad del recurso utilizado en los diferentes sectores y los costos de las transformaciones.

Tercero, hay que avanzar en la electrificación de la economía y de la sociedad, preparando la infraestructura para hacerlo posible en aquellos servicios donde sea eficiente.

Además, es necesario considerar tanto acciones de eficiencia energética, como cambios en los patrones de consumo que propiciarán ahorros de energía. Estos cambios pueden ser apalancados por diversos instrumentos económicos, como la tasa de carbono y los Sistemas de Comercio de Emisiones (ETS por sus siglas en inglés).

Para el caso de Colombia, actualmente el Ministerio de Medio Ambiente ha retomado la implementación de un ETS, para dar opciones de cumplir metas razonables en reducción de emisiones.

**ACIEM: ¿Por qué es importante la electrificación en Colombia?**

**Ángela Cadena:** La electrificación de todos los sectores económicos tiene una gran importancia para Colombia. Somos un país con una buena dotación de recursos que nos permite contar con un portafolio diversificado para la prestación del servicio eléctrico, ojalá a precios competitivos.

También hay una diversidad de agentes que han contribuido al desarrollo eléctrico en las últimas 3 décadas. Hay que analizar la forma en que se atenderá esa demanda creciente de electricidad, teniendo en cuenta que un porcentaje de ella puede y va a ser cubierta con recursos distribuidos, en su gran mayoría de carácter renovable.

Particularmente, el sector transporte tiene grandes desafíos que requieren además de diversificar la canasta de fuentes y tecnologías, con un uso amplio de la electricidad y en un futuro seguramente de hidrógeno. Hay además que combinar diferentes modos de transporte, para satisfacer las necesidades de movilidad de pasajeros y carga, con menores gastos en energía, costos y tiempo.

Estas transformaciones tendrán además de resultados positivos en materia energética y ambiental, mejoras en la productividad de las ciudades y en el bienestar de la población. Esto plantea unos retos grandes para la capacidad nacional, la Ingeniería, la arquitectura, los planeadores, geógrafos y científicos sociales.

Con relación a la integración de recursos intermitentes, XM ha realizado estudios muy importantes sobre cómo albergar 16,3 gigavatios (GW) de energía nueva y cuáles son los requerimientos que eso le impone al sistema para contar con un suministro seguro, confiable y de calidad. Se señalan requisitos de complementariedad nacional y regional, energía para los servicios auxiliares, de capacidad y flexibilidad del sistema de potencia, y otros transversales.

Es de esperar una gran electrificación en el país para el año 2050, tal y como se observa en las proyecciones

energéticas a nivel mundial y nacional, con una gran diversidad de fuentes, que transformarán la manera de generar y operar el sistema eléctrico, teniendo diferentes fuentes renovables, muchas no controlables, y por los mismo con respaldo de energías firmes como la de los combustibles fósiles o la energía nuclear.



**ACIEM: ¿Cuál es el panorama actual y futuro de la matriz energética del país?**

**Ángela Cadena:** Actualmente, en los sectores de demanda final, siguiendo con el transporte, se observa que este es casi la mitad del consumo de energía, seguido por la industria con un 27% del consumo final y edificaciones con un 24%.

Mientras que la matriz energética de transporte está poco diversificada, prima los derivados del petróleo y con participación biocombustibles; la de la industria utiliza diferentes energéticos, gas natural, carbón mineral, biomasa y derivados del petróleo. En la canasta de edificaciones hay gran participación de electricidad y gas natural.

Según datos de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), en los últimos 50 años se observa una reducción importante en el consumo de leña, pasando de ser el 33% de la oferta al 5%; el gas natural ha incrementado su participación del 6% al 15%; la electricidad ha pasado del 5% al 16%; los derivados del petróleo siguen siendo dominantes.



Para los escenarios futuros, esta misma entidad ha publicado el *Plan Energético Nacional (PEN) 2020-2050*, actualizado en el 2022. Realizaron una evaluación exhaustiva de las tecnologías disponibles hoy y en el futuro, en cuatro escenarios posibles donde se observa un gran crecimiento de energías no convencionales en la oferta general.

En la última revisión, se incorporaron dos escenarios de transición energética, buscando una mayor reducción de las emisiones, para situarse en las metas país de disminuir en un 51%, con respecto a la línea de referencia al 2030, y lograr carbono-neutralidad al año 2050. Se observa un incremento importante de la participación de renovables y la necesidad de acciones ambiciosas para lograr una reducción de la intensidad energética.

“Es de esperar una gran electrificación en el país para el año 2050, tal y como se observa en las proyecciones energéticas a nivel mundial y nacional, con una gran diversidad de fuentes”

En relación con la demanda final de energéticos, se observa que hoy en día está alrededor de 1.272 petajulios (PJ) y las tasas de crecimiento se sitúan entre el 1,8% anual promedio en uno de los escenarios, el denominado actualización y alrededor del 1% en los de transición.

Si se busca un desarrollo y crecimiento económico que reduzca la pobreza energética, Colombia demandará más energía con mayores consumos per cápita, por lo que, para lograr esas bajas tasas de crecimiento, se requiere de una gran apuesta en acciones de eficiencia energética.



Se debe lograr una mejora de la intensidad energética, que hoy es de 1,44 kilo julios (kJ) por peso de valor agregado, para llegar a la mitad para el año 2052 en el escenario de menores emisiones.

En este marco de análisis se espera que para ese año, haya una reducción en la participación del transporte de 10 puntos porcentuales; un aumento en la de la industria en 12 puntos y una reducción de 4 puntos porcentuales en la de edificaciones para situarse en un 20% de la demanda de sectores finales.

En la revisión de la canasta de oferta bruta en los diferentes escenarios, se puede afirmar que de un 25% de fuentes renovables de energía (incluyendo la hídrica) hoy se llegaría a una participación entre el 50% y algo más del 75% en 2052.

El petróleo y sus derivados tendrían una participación entre 15% y 3% según el escenario y el gas natural una muy reducida pues no llegará a suplir el 10% de la canasta en 2052. No habrá consumo de carbón mineral en 2052 y el que se produce se destinará a la exportación.

A nivel de demanda, la electricidad pasará de 207 petajulios (PJ) de hoy, a alrededor de 1.000 petajulios (PJ). Así mismo, habrá una participación del hidrógeno en la industria y el sector transporte al final del horizonte de planeamiento.

**ACIEM:** Teniendo en cuenta el panorama actual, ¿cuál es su análisis sobre el sector eléctrico del país?

**Ángela Cadena:** Frente al panorama del sector eléctrico, en conjunto con la Comisión de Energía de ACIEM, se analizaron las lecciones de ‘El Niño’ reciente, identificando: (I) señales tardías del mercado y la regulación; (II) lento aumento de la generación térmica; (III) gran impacto por la no entrada en operación de proyectos de generación y transmisión; (IV) una intervención de precios en la bolsa poco conveniente; y (V) desajuste de los índices que alertan el racionamiento de energía.

*“ Si se busca un desarrollo y crecimiento económico que reduzca la pobreza energética, Colombia demandará más energía con mayores consumos per cápita ”*

Teniendo en cuenta lo anterior, se resalta la respuesta fundamental de la capacidad térmica con la generación a tope cuando fue necesario.

A futuro, la expectativa es poder atender la demanda esperada de manera segura y confiable, dada la alta participación de energías renovables intermitentes a precios eficientes.

Ya hoy estamos viendo un aumento importante de tarifas, de manera crítica en la Costa Atlántica y en esta región hay que solucionar problemas estructurales de vieja data, además de pensar en nuevas formas de suministro de energía y descentralizado, buscando que sea confiable y se adapte a la red de manera suave.

No se puede dejar de mencionar las dificultades que se avizoran para garantizar la seguridad y confiabilidad de la prestación del servicio eléctrico en el área Oriental por retraso de las obras de transmisión (las líneas Chivor – Norte y Sogamoso), sin ahondar en los retrasos de los proyectos eólicos en el norte del país.

También se evidencia que los propósitos de descentralización y digitalización no han avanzado tan rápidamente como se esperaba en la Misión de Transformación Energética, a pesar de la propuesta de comunidades energéticas.



Es importante tener en cuenta que se debe descentralizar la generación, acompañado de una adecuada digitalización, instalación de sistemas de medición y señales de tarifas dinámicas, potenciando la participación de la demanda en el sistema eléctrico y garantizando la interacción segura con el sistema centralizado de suministro.

Adicionalmente se perciben problemas de desabastecimiento cercanos y como se observa en los análisis de XM por un desajuste creciente entre la oferta y la demanda esperada de electricidad. El país debe garantizar una oferta confiable, que dé confianza en que se puede electrificar efectiva y eficientemente la economía y la sociedad.



ACIEM: ¿Cuál es el panorama del gas natural?

Ángela Cadena: Son evidentes los problemas y dificultades para el suministro interno de gas natural en el país. Como se observa al comparar la oferta con la demanda de gas natural, hay un déficit esperado a partir de 2025 que se espera aumente en los próximos años, con un aumento en los precios, por la inclusión de oferta importada y de los desarrollo off-shore.

Aunque parece ser un energético clave para la transición en los diferentes escenarios analizados, se debe analizar la capacidad de oferta y opciones de importación, tanto la ampliación de la planta del Caribe, como la posibilidad de la planta de regasificación del Pacífico.

ACIEM: ¿Es viable considerar la participación del carbón en la matriz energética del país?

Ángela Cadena: Al revisar la generación eléctrica con carbón en los últimos veinte años, con el apoyo de la Asociación Nacional de Empresas Generadoras (AN-DEG), este ha respondido como se necesitaba durante los fenómenos del 'Niño', y en momentos poco húmedos con su aporte a menores precios en el mercado.

Al analizar qué hubiera ocurrido si el país hubiese contado solo con la mitad de la capacidad instalada de carbón, en un análisis retrospectivo se observa que,

en algunos momentos, se habrían requerido 120 Giga BTU día (GBTUD) adicionales de gas natural. Esto se debe contemplar hoy, cuando tenemos una estrechez en la oferta de gas y necesitamos energía firme.

*“ Hay que analizar la forma en que se atenderá esa demanda creciente de electricidad, teniendo en cuenta que un porcentaje de ella puede y va a ser cubierta con recursos distribuidos ”*

En este escenario, también se observan precios más altos debido a que la generación térmica a carbón tiene costos marginales más bajos, por lo que el precio de bolsa habría sido mayor y hubiese tenido un impacto negativo en las tarifas eléctricas.

Con la finalidad de contar con la energía firme requerida en los próximos años y considerando las dificultades actuales de suministro de gas, así como el



retraso de proyectos renovables que deberían contar con capacidad de acumulación, es necesario considerar que el país tiene reservas de carbón operativas en la actualidad y este recurso puede volverse una opción para contribuir a la firmeza entre 2026 y 2040.

Por supuesto hay que usar tecnologías eficientes e incluir los pagos por impuestos al carbono y las opciones de compensación y por qué no, de captura. Lo más importante es contar con un financiamiento, tarea nada fácil, para poder participar en la próxima subasta de cargo por confiabilidad.

Esta recomendación parece ir en contravía de las acciones esperadas a nivel internacional e incluso nacional en el contexto de la descarbonización, pero hay que evaluarla y ponerla sobre la mesa ante los estrechos escenarios de oferta de gas natural y las dificultades de los procesos de licenciamiento de los proyectos de nuevas energías.

Adicionalmente, es necesario analizar la opción de repotenciación de plantas a carbón, para lograr una mejor reducción de sus emisiones con alternativas costo-eficientes ya que lo que requiere el país es mitigar las emisiones de carbono y no la de eliminar el carbón.

Vale la pena destacar que la industria del carbón ha mostrado ser resiliente y es de las industrias con menos incentivos y políticas a favor. Por supuesto, que se debe ir preparando la transición para el desmonte de esta industria hacia 2050, con acciones claras y continuadas de sustitución laboral y de ingresos locales, regionales y nacionales en el marco de la transición justa.

**ACIEM: ¿Cuáles son las recomendaciones para la transición del sector transporte?**

**Ángela Cadena:** En el transporte, es importante analizar y considerar cuáles son las mejores alternativas para lograr la reducción de emisiones. No todo es barato en el sector transporte y además, se debe considerar que existen costos escondidos por la racionalidad limitada del consumidor y desutilidad marginal de ciertas medidas de eficiencia energética.

Vale la pena anotar que en el país se han evaluado diferentes acciones de reducción de emisiones y se observa que, aquellas de menor costo (aporte positivo a la economía) están en la movilidad (uso de bicicletas) pero también las de mayor costo, se encuentran en este sector (transporte público y privado eléctrico, e hidrógeno).



Hay que considerar que se tienen rezagos regulatorios para integrar los energéticos de bajas emisiones, con las tecnologías correspondientes. Es indispensable que la transición del transporte considere las particularidades de cada modo y la elaboración de una hoja de ruta para el sector.

**ACIEM: ¿Cuáles son los retos del sector energético colombiano de cara a la transición energética del país?**

**Ángela Cadena:** El sector debe realizar la transición atendiendo a un plan de mitigación que contemple metas razonables. Colombia tiene un objetivo de reducción de 51% de las emisiones esperadas en un escenario de referencia, lo que no parece factible de lograr en el plazo que resta y con las inversiones exigidas.

Hay que tener un plan de implementación claro, que muestre trayectorias logrables de reducción de emisiones. Igualmente hay que evaluar si el país con sus retos de desarrollo y las contribuciones pasadas de emisiones, puede lograr carbono neutralidad en 2050 o si no, sería más creíble y trabajable plantearse este objetivo para el 2070, como lo han propuesto países como la India.

*“ Se debe analizar la capacidad de oferta y opciones de importación, tanto la ampliación de la planta del Caribe, como la posibilidad de la planta de regasificación del Pacífico ”*

La transición tiene un costo que se debe financiar: hablamos mucho de mitigación; de reducir las emisiones y últimamente de frenar la exploración y explotación de petróleo, carbón y gas. Una pregunta clara es: ¿cómo lograr estos objetivos de manera simultánea?, ¿de dónde van a salir los recursos de la transición? Y esto sin examinar aquí cómo se van a sustituir los ingresos, divisas, y regalías derivadas de la producción de fósiles, sin mencionar que esta última política nos va a abocar a su importación.

Con relación a la electricidad, se debe seguir diversificando el portafolio de generación y es clave usar todos los recursos con los que contamos, entre ellos la hidroenergía; estos tienen diferentes características que se pueden combinar para construir realmente un portafolio eficiente, que atienda el crecimiento esperado de la demanda de electricidad. También es importante avanzar en la modernización de la red, para afrontar las acciones mencionadas.

Otro reto es el de integrar a la demanda y lograr la participación de recursos distribuidos, donde las

comunidades energéticas urbanas avancen, con el soporte de sistemas de control y gestión necesarios, para garantizar la continuidad del servicio y de la señal y que los operadores de red se transformen en operadores de sistemas de distribución, para lo cual, la Costa Caribe podría ser un laboratorio para esta transformación.

Adicionalmente, debe trabajar en mejorar el acceso y asequibilidad de la electricidad. La nueva tecnología de redes y las microrredes podrá hacerlo posible.

Es indispensable que los proyectos entren a tiempo, por lo que es necesario analizar si estos deberían salir licenciados, buscando lograr un desarrollo armónico con el medio ambiente y beneficioso para las comunidades, no solo durante el proyecto sino buscando que la región se transforme y sea sostenible en el tiempo.



La Transición Energética Justa (TEJ) debe ir acompañada de una estrategia de transformación de opciones para la mano de obra empleada en las actividades extractivas, con acciones claras para implementarla, integrándola como punta de lanza de la reindustrialización del país y además con una hoja de ruta que integre las regiones desde el punto de vista administrativo y económico. ▲