

La Revista de la Ingeniería colombiana



ACIEM
Asociación Colombiana
de Ingenieros

Resiliencia energética frente a fenómeno 'El Niño'



JUNTA DIRECTIVA 2025-2028

Carlos Arturo Cárdenas Guerra
Presidente

Gabriel Ricardo Bohórquez Betancourt
Vicepresidente

Marco Antonio Gómez Albornoz
Fiscal

Daniel Enrique Medina Velandia
Presidente Anterior

Antonio García Roza

Daniel Antonio Flórez Pérez

Leonardo Andrés Carvajal Álvarez

Eliana María Noriega Angarita

Gabriel Sánchez-Sierra

Gustavo Zúñiga Cortés

Jorge Pinto Nolla

José Jesús Arias Orozco

Jorge Enrique Cortázar García

Luis Alejandro Buitrago Botero

Hernando Jaramillo Marín

Ramón de Jesús León Hernández

Francy Castro A.

Directora Ejecutiva Nacional

PRESIDENTES

CAPÍTULOS Y SECCIONALES

Juan Ignacio Gutiérrez Hoyos
ACIEM Seccional Antioquia

Eliana María Noriega Angarita
ACIEM Atlántico

Ramón de Jesús León Hernández
ACIEM Bolívar

Adán de Jesús Bautista
ACIEM Boyacá

José Jesús Arias Orozco
ACIEM Caldas

Jorge Enrique Cortázar García
ACIEM Seccional Cundinamarca

Gustavo Zúñiga Cortés
ACIEM Huila

Álvaro Antonio Ruiz Tarazona
ACIEM Norte de Santander

Luis Alejandro Buitrago Botero
ACIEM Quindío

Alexander Molina Cabrera
ACIEM Risaralda

Gabriel Ordoñez Plata
ACIEM Seccional Santander

Leonardo Andrés Carvajal Álvarez
ACIEM Valle

CONTENIDO

4

Lecciones del 'Niño' y visión de futuro de la Ingeniería colombiana

6

"Niñas y jóvenes: sueñen una Ingeniería sin límites": Ángela María Sarmiento

10

CONFEA-ABEE-ACIEM: alianza de la Ingeniería para impulsar integración, innovación y desarrollo sostenible

14

Un Consejo Profesional al servicio de la Ingeniería y de los Ingenieros

16

Hoja de ruta:
Hidrocarburos para el desarrollo de Colombia

20

Transformación energética será sostenible si se garantiza seguridad del abastecimiento

24

Integración energética entre Brasil y Colombia puede aportar mayor resiliencia

29

Planificar para múltiples futuros: desafíos de la transición energética en Brasil

Invitada especial

Ángela María Sarmiento
Gerente de Asuntos Regulatorios
Ecopetrol

34 | Carbón en la transición energética: seguridad y competitividad industrial

38 | Infraestructura emergente: nueva comprensión desde la iluminación urbana

42 | Colombia, epicentro de las decisiones que conectarán el futuro de las Américas y del mundo

46 | Ley de electrónica y semiconductores: apuesta por el desarrollo tecnológico de Colombia

50 | ¿Cómo fortalecer la calidad de la potencia de energía eléctrica en Colombia?

53 | ¿Está preparada la gestión de activos para la nueva realidad laboral?

57 | Transición energética, clave en la planeación de la infraestructura de transporte en Colombia

DIRECTORES COMISIONES DE ESTUDIO

Hernando Jaramillo Marín
Electrónica

Alexander Molina Cabrera
Energía

Germán Noguera Camacho
Ética

Horacio Torres Sánchez
Formación e Integración en Ingeniería

Jairo Espejo Molano
Infraestructura de Transporte

Juan Carlos Villegas Vera
Mantenimiento y Gestión de Activos

Raúl Augusto Junca Torres
Promoción y Desarrollo Empresarial

Carlos Alberto Silva Olarte
Transformación Digital, Innovación y Nuevas Tecnologías

Daniel Sánchez Silva
Reglamentos Técnicos de Construcción

DIRECTOR EDITORIAL

Antonio García Rozo

COORDINADOR DE PRODUCCIÓN PERIODÍSTICA Y CONTENIDOS

Carlos Alberto Espitia Otálora

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Diseño de Portada y Diagramación

Oscar Eduardo Patiño Cardona
Departamento de Marketing y Comunicaciones
ACIEM

Fotografías

ACIEM/ Magnific/ Internet

PRESIDENCIA NACIONAL

Calle 70 No. 9 - 10 Bogotá. Colombia.
PBX: 601 312 73 93
aciem@aciem.org.co

ACIEM expresa a sus lectores que la responsabilidad del contenido de los artículos presentados en esta edición es única y exclusivamente de sus autores.

ISSN 0121-9715t

LECCIONES DEL 'NIÑO' Y VISIÓN DE FUTURO DE LA INGENIERÍA COLOMBIANA

POR: CARLOS ARTURO CÁRDENAS GUERRA*

La seguridad energética constituye hoy uno de los principales desafíos para la competitividad, la productividad y el desarrollo sostenible de Colombia. En un contexto de creciente demanda de energía, transición energética y mayor incertidumbre climática, fortalecer la resiliencia del Sistema Interconectado Nacional (SIN) es una responsabilidad estratégica del Estado, del sector productivo y de la Ingeniería colombiana.

Para muchos colombianos que hoy tienen más de cuarenta años, el racionamiento de 1992-1993 no es un dato de un informe técnico: es el recuerdo de las velas encendidas en la sala, de los negocios cerrados a media tarde, de las clases suspendidas por falta de luz. Visto así, la seguridad energética deja de ser un concepto abstracto y se convierte en algo que toca la vida cotidiana de los hogares, el comercio y la industria. Ese recuerdo colectivo es, quizás, la mejor razón para que Colombia tome en serio, hoy, los desafíos de su sistema eléctrico.

El país depende en alto grado de la generación hidroeléctrica, y esa característica, que durante décadas ha sido una de sus grandes fortalezas, también lo hace vulnerable frente a fenómenos climáticos extremos. Fortalecer la resiliencia del SIN no es solo un objetivo técnico del sector eléctrico: es una prioridad de política pública.

Pocos episodios marcaron tanto al país como el de 1992-1993. Los estudios de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) muestran que aquella crisis no se debió únicamente a una hidrología severa, sino a su combinación con limitaciones



CARLOS ARTURO CÁRDENAS GUERRA
PRESIDENTE NACIONAL ACIEM

estructurales: una matriz cercana al 79% hidráulica, una capacidad térmica estimada del 21%, retrasos en proyectos estratégicos de expansión, entre ellos El Guavio, y un marco institucional aún incipiente. El resultado fue un racionamiento que redujo cerca del 25% de la demanda eléctrica del país, con fuertes costos económicos y sociales.

De esa crisis nació una profunda transformación. Las Leyes 142 y 143 de 1994 redefinieron el modelo institucional del sector eléctrico; se consolidó el Mercado de Energía Mayorista (MEM), se fortaleció la operación técnica del SIN bajo la coordinación de XM y se creó el Cargo por Confiabilidad (CxC) para garantizar energía firme en momentos críticos.

Esa evolución institucional demostró su valor durante 'El Niño' 2015-2016: pese a una hidrología severa y contingencias térmicas, Colombia preservó el suministro sin racionamiento generalizado, aunque fue necesario adoptar medidas regulatorias extraordinarias para preservar la confiabilidad del sistema.

Hoy el sistema es distinto, pero enfrenta presiones nuevas. Según el más reciente reporte de XM, la capacidad instalada del SIN es de 22.849 MW: 58% hidráulica, 27% térmica y cerca del 15% solar y eólica, una de las matrices más limpias de la región, aunque todavía fuertemente apoyada en el agua.

La demanda continúa creciendo: en mayo de 2026 alcanzó un máximo histórico de 261,86 GWh-día y 12.475 MW de potencia, con un crecimiento interanual de 6,49 %. A esta tendencia se suma la creciente electrificación del transporte, la digitalización de la economía, el crecimiento de los centros de datos y el desarrollo de nuevas industrias intensivas en consumo eléctrico, factores que incrementarán la necesidad de contar con una infraestructura más robusta durante las próximas décadas.

A esto se suma el factor climático: los modelos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y del Instituto Internacional de Investigación sobre el Clima y la Sociedad (IRI), estiman en 63% la probabilidad de un fenómeno 'El Niño' fuerte a muy fuerte entre noviembre de 2026 y enero de 2027.

Bajo ese escenario, XM advierte que la generación térmica podría necesitar operar cerca de 100 GWh diarios durante periodos prolongados, mientras proyecta una brecha entre demanda y energía firme de 1.971 GWh/año en la vigencia actual y de 3.906 GWh/año para 2026-2027.

El rezago en la expansión no ayuda: de los 4.475 MW de generación previstos para 2026, solo 331 MW habían entrado en operación al 2 de julio, apenas el 7,4% de la meta y el 60% de los proyectos de transmisión nacional presentan atrasos.

Estas cifras no deben leerse como el anuncio de una crisis inminente, sino como una invitación, otra vez, a la planeación anticipada. Como Ingenieros lo sabemos bien: la seguridad energética no se improvisa en medio de la emergencia, se construye con años de anticipación.

La transición energética es, en ese sentido, una oportunidad y no una amenaza. La energía solar y eólica seguirán ganando espacio, pero su integración exige sistemas de almacenamiento, redes de transmisión modernas, mayor flexibilidad operativa y generación firme que respalde al sistema durante los periodos críticos. Ninguna tecnología por sí sola garantiza la seguridad energética de un país.

En esa misma lógica de mirar hacia adelante, la reciente aprobación por el Congreso de la Ley Nuclear, 'Átomos para la Vida', abre un nuevo escenario para que Colombia evalúe con seriedad el papel que podría jugar la energía nuclear como fuente firme y de bajas emisiones dentro de su matriz de largo plazo.

Los retos, además, trascienden lo energético: infraestructura, transformación digital, inteligencia artificial, ciberseguridad y adaptación climática, exigen una Ingeniería sólida y articulada.

Desde ACIEM seguimos de cerca estos indicadores, con la aspiración de consolidar, en el mediano plazo, un observatorio permanente de la Ingeniería colombiana que acompañe con evidencia técnica las decisiones que el país deberá tomar.

Las lecciones de los años 1992-1993 siguen vigentes, no para quedarnos anclados en el pasado, sino para recordar que la seguridad energética se construye todos los días, con planeación, inversión, regulación estable e Ingeniería rigurosa.

Colombia tiene hoy mejores herramientas que hace tres décadas, pero también desafíos más complejos. Esa es la tarea que nos convoca: anticipar, con conocimiento y evidencia, los retos de un sistema eléctrico más seguro, resiliente y preparado para el país que viene. ▲▲

“NIÑAS Y JÓVENES: SUEÑEN UNA INGENIERÍA SIN LÍMITES”: ÁNGELA MARÍA SARMIENTO

La participación de la Mujer Ingeniera ha sido fundamental para el desarrollo del sector energético en Colombia, aportando conocimiento técnico, capacidad de innovación y liderazgo en una industria estratégica para la economía nacional.

Su presencia en espacios técnicos y directivos también ha enriquecido la toma de decisiones y abierto nuevas perspectivas frente a los desafíos de la transición energética, la transformación tecnológica y el uso responsable de los recursos del país.

Ángela María Sarmiento Forero, Ingeniera Electricista de la Universidad Nacional de Colombia cuenta con una maestría en Ingeniería Eléctrica de la propia universidad y una maestría en Ciencias Económicas de la Universidad Santo Tomás, con más de 18 años de trayectoria en el sector, se ha destacado como una mujer líder en este campo.

Ha ocupado posiciones de liderazgo en la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y Ministerio de Minas y Energía. Actualmente es Gerente de Asuntos Regulatorios de Ecopetrol, desde donde aporta su experiencia al análisis y desarrollo de la política y regulación energética del país.

En entrevista con ACIEM, Ángela María Sarmiento destacó el papel fundamental de las mujeres en la evolución y transformación de la Ingeniería, no solo desde su conocimiento técnico, sino también desde sus capacidades, perspectivas y formas particulares de aportar a la solución de los grandes desafíos de la sociedad.



ÁNGELA MARÍA SARMIENTO
GERENTE DE ASUNTOS REGULATORIOS DE ECOPETROL

Igualmente, en un mensaje a las nuevas generaciones de niñas y jóvenes que hoy imaginan su futuro en esta profesión, reivindica una Ingeniería abierta, llena de posibilidades y, sobre todo, un espacio en el que puedan desarrollarse plenamente sin renunciar a su esencia como mujeres.

ACIEM: ¿Que despertó en usted la pasión por la Ingeniería y cuál fue el momento que marcó el inicio de este camino?

Ángela María Sarmiento: Esta pasión se inició por mi familia, si bien soy la única Ingeniera, mi abuelo fue ornamentador por lo que ‘jugar’ con las herramientas del taller en casa de mis abuelos era sentirme, sin saberlo, toda una Ingeniera. Claramente las matemáticas no fueron mi enemigo, como suele pasar en los niños, me gustaban y siempre fue en lo que me destacué.

Adicionalmente mi padre fue comercial en el sector eléctrico, así que mis revistas de adolescente eran catálogos de Siemens, ABB, Centelsa, entre otros; el equipo que más me generaba interés era el transformador de alta tensión: imponente, misterioso.

Al momento de decidir qué carrera estudiar, encontré en la Ingeniería Eléctrica el conjunto de elementos que mejor encajaban en mí: las matemáticas, los equipos maravillosos que veía en esos catálogos y la posibilidad de generar soluciones para las necesidades del país desde algo que empezaba a sonar muy poderoso en mí: la energía.

Claramente, haber ingresado a la Universidad Nacional marcó el inicio de este camino, la asignatura de Introducción fue para mí la apertura a un sueño, entender que ‘energía’ era más de lo había pensado y que existe un mundo de cosas maravillosas por hacer con muchas preguntas por resolver.

Toda mi carrera fue para mí, una motivación para ser Ingeniera, tengo que confesar que me visualizaba más como Ingeniera de campo con casco y botas, y aunque lo fui en algún momento, definitivamente esta carrera es retadora en tantos campos, que hoy desde el lado de regulación y política pública me sigo sintiendo apasionada y feliz por la Ingeniería eléctrica.

ACIEM: ¿Qué logros y aprendizajes considera que han definido su trayectoria como Ingeniera?

Ángela María Sarmiento: Gracias a que fui madre adolescente fui muy activa durante mi etapa en la universidad, esto me llevó a trabajar desde primer semestre como monitora de clase, asistente en salas de sistemas, laboratorios, centros de investigación y en la asociación de egresados.

Esta oportunidad me permitió conocer diferentes lados del desarrollo de la Ingeniería y considero que el primer aprendizaje fue la versatilidad de espacios en los que identificaba que podía aportar.

Claramente tener una relación con la Ingeniería desde las primeras fases de mi carrera me dio las herramien-



tas para conocer el sector y esto es fundamental para incursionar en él; las bases técnicas son esenciales, pero observar cómo, dónde y quienes las aplican genera un mejor aprendizaje.

Gracias a esto, desde temprano pude liderar proyectos y temas permitiendo definir mi trayectoria como Ingeniera: apoyar la construcción de la NTC 4552 de Protección contra descargas atmosféricas (versión 2008) y en particular liderar la sección 2 sobre evaluación y manejo del riesgo, estructurar una guía especializada sobre este tema para estaciones aeronáuticas en Colombia.

De otra parte, pude establecer los lineamientos para el desarrollo de proyectos de expansión en las redes del STR cuando no se ejecutan oportunamente, fijar las directrices para la calidad en las redes del Sistema de Transmisión Regional (STR) y Sistema de Transmisión Nacional (STN), definir la política pública en materia de movilidad eléctrica a través de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME).

Así como gestionar las acciones para la aprobación de Conpes por cerca de \$1,3 billones que permitieron la continuidad del servicio y la sostenibilidad financiera del sistema durante la fase de intervención de

Electricaribe, apalancar instrumentos para la implementación de la Ley 1715 de 2014, tomar acciones de control ante eventos que afectaron la confiabilidad del suministro eléctrico en la región caribe durante la pandemia, promover las condiciones para el desarrollo de energía eólica costa afuera, así como impulsar medidas para la eficiencia del mercado de energía eléctrica.



ACIEM: ¿Cuál ha sido el mayor impacto que ha generado como mujer en la Ingeniería y en su entorno profesional?

Ángela María Sarmiento: Puedo confesar que esta es una pregunta difícil, porque siempre me motivó generar impacto como Ingeniera, como profesional, no tuve conciencia de trabajar con un enfoque de género como mujer en un ambiente que tiene una altísima participación masculina.

Quizás aquí puede radicar mi impacto, es que nunca me creí diferente por ser mujer en dicho ambiente y así mismo nunca tuve actuar o esforzarme con tal propósito, como tampoco generé tratos diferenciales hacia hombres o mujeres pares, superiores o en los equipos que he liderado.

He sido convencida que lo que me mueve, el entorno profesional y la huella como Ingeniera se centra

en la calidad del trabajo, la solidez de los aportes, el compromiso y responsabilidad con lo que hago; como mujer, he dado toda la confianza a las demás mujeres de mi entorno para impulsar su empoderamiento.

Reconozco que me encanta trabajar con mujeres porque estoy convencida que tenemos una persistencia mayor, que en muchos escenarios catalogan como 'terquedad' pero en el trabajo yo lo valoro como una gran virtud, un proyecto que le entregas a una mujer sale porque sale, reconozco que somos mucho más guerreras. Sin embargo, busco siempre reconocer la capacidad profesional sin etiquetas de género.

ACIEM: ¿Qué desafíos han fortalecido su liderazgo y resiliencia a lo largo de su carrera?

Ángela María Sarmiento: Las situaciones de crisis siempre serán los escenarios en los cuales se retan conocimientos y habilidades; atender situaciones como fenómenos 'El Niño' 2015-2016, construcción de los Planes Nacionales de Desarrollo y garantizar la prestación del servicio durante el Covid-19 indudablemente marcaron etapas en mi carrera.

Igualmente, tuve la confianza en mi trabajo para plantear posiciones diferentes, poniendo en duda premisas que ya son incrustadas en ciertos temas e incluso ante personas de altas posiciones, situaciones que me permitieron fortalecer mi liderazgo y por supuesto me llevaron a ser resiliente.

ACIEM: Desde su experiencia ¿qué fortalezas aportan las mujeres al ejercicio y liderazgo de la energía?

Ángela María Sarmiento: Como lo mencioné, las mujeres tenemos una gran persistencia, lo que permite ser mas resilientes ante barreras y dificultades que se presente en el desarrollo de proyectos. Otra gran fortaleza es la organización, lo que facilita y es una gran ventaja en trabajos de liderazgo.

En todo caso habilidades blandas como el relacionamiento, la calidez en el trato, el interés por las personas, por supuesto entendiendo las diferencias humanas naturales, hacen que los entornos laborales sean mejores.

ACIEM: ¿Cómo visualiza el futuro de las mujeres en la Ingeniería y qué acciones son necesarias para que más niñas y jóvenes elijan esta profesión?

Ángela María Sarmiento: Las mujeres cada vez tenemos más información y herramientas para elección, no podemos ignorar que en Colombia llevamos apenas 70 años de poder votar, cerca de 90 años de poder acceder abiertamente a educación secundaria y superior, y en carreras de Ingeniería solo desde mitad de siglo pasado vemos mujeres en dichas carreras.

Hoy tenemos facilidades como mujeres para elegir este tipo de carreras y adicionalmente, cada vez más vemos más mujeres en espacios de liderazgo en estos temas, lo que termina generando motivaciones en niñas y jóvenes. Hoy, por ejemplo, que en los dos últimos gobiernos se hayan tenido mujeres en la cabeza del sector minero energético es una gran motivación para muchas niñas.

Ya desde un punto más educacional, considero que debemos reforzar la información a través de juegos, experiencias y otros mecanismos donde motivemos la ciencia. Cada vez más en los programas de Ingeniería estamos teniendo menos estudiantes y es un tema que de manera transversal se debe abordar.

ACIEM: ¿Cómo puede la Ingeniería, con una mayor participación femenina, contribuir al desarrollo sostenible tecnológico y social de Colombia?

Ángela María Sarmiento: Lo primero es que considero que esa mayor participación femenina debe ser más que una cuestión de cuotas o etiquetas, se trata de sumar capacidades y visiones al servicio del país; es necesario motivar el estudio de la energía y que ello llegue igual, o niños y niñas, para que tengamos posibilidad de tener más mujeres en Ingeniería.

Ahora, hoy los retos en Ingeniería nos están llevando a las visiones de desarrollo sostenible y social, donde de manera general las mujeres tenemos una visión integral y un interés natural por este tipo de problemas; considero que articular proyectos que no solo busquen la eficiencia económica o tecnológica, sino que también aseguren el bienestar de las comunidades y la protección de los recursos es una fortaleza de las mujeres.



En un país con retos tan diversos en transición energética, acceso a servicios y equidad territorial, tener más Ingenieras en las mesas de decisión, la regulación y el campo garantiza soluciones más empáticas, inclusivas y resilientes en el tiempo, en donde la visión femenina es clave.

ACIEM: ¿Qué mensaje les daría a las niñas y jóvenes que hoy sueñan con construir un futuro desde la Ingeniería?

Ángela María Sarmiento: Les diría que aprovechen el mundo más abierto que hoy tienen; que se atrevan a asumir retos, a innovar desde la ciencia y la Ingeniería, a soñar sin límites. La Ingeniería es una profesión fascinante, llena de posibilidades y preguntas por resolver, donde lo único que realmente importa es la pasión, la preparación y la calidad de su trabajo.

También les diría que confíen en su talento, exploren su curiosidad sin límites y no se dejen afectar cuando alguien les haga dudar de su capacidad, que la Ingeniería no hace perder su esencia y que su marca hará la diferencia. No hay que dejar de ser mujeres para ser Ingenieras, hoy podemos valorar nuestras fortalezas, y aportar a que ese futuro desde la Ingeniería tenga más de nuestro toque personal. ▲▲

CONFEA-ABEE-ACIEM: ALIANZA DE LA INGENIERÍA PARA IMPULSAR INTEGRACIÓN, INNOVACIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE



El Acuerdo de Cooperación entre el Consejo Federal de Ingeniería y Agronomía (CONFEA), la Asociación Brasileira de Ingenieros Electricistas (ABEE) y la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), se suscribió el 18 de julio en la ciudad de Pereira en el marco de ENERCOL 2026.

Las relaciones entre Colombia y Brasil han experimentado una evolución significativa durante las últimas décadas. Más allá de los vínculos diplomáticos, comerciales y culturales que históricamente han unido a ambos países, hoy existe un escenario particularmente favorable para consolidar una agenda de cooperación basada en el conocimiento, la innovación tecnológica y el desarrollo de infraestructura estratégica.

Al mismo tiempo, Colombia y Brasil enfrentan desafíos comunes en materia de transición energética, modernización de infraestructura, transformación digital, sostenibilidad ambiental, integración regional y fortalecimiento del talento humano especializado. En todos estos frentes, la Ingeniería constituye un factor determinante para convertir los retos en oportunidades de desarrollo económico y bienestar social.

En este contexto adquiere especial relevancia la suscripción del Acuerdo Marco de Cooperación Interinstitucional entre la Asociación Brasileira de Ingenieros Electricistas (ABEE), el Consejo Federal de Ingeniería y Agronomía de Brasil (CONFEA) y la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), que se firmó el pasado 18 de julio, en la ciudad de Pereira, en el marco de la 43 Conferencia Energética Colombiana (ENERCOL), evento que tuvo a Brasil como País Invitado de Honor y contó con la presencia del Sr. Paulo Estiavillet de Mesquita, Embajador de la República Federativa de Brasil en Colombia, como testigo de excepción.

Más que un acto protocolario, este convenio representa una declaración de confianza entre las principales organizaciones de Ingeniería de ambos países y una apuesta estratégica por construir una comunidad técnica regional capaz de liderar las transformaciones que demanda América Latina.

Ingeniería: fundamento del desarrollo de Colombia y Brasil

La historia del desarrollo económico de Colombia y Brasil está estrechamente ligada a la capacidad de sus Ingenieros para diseñar, construir, operar y modernizar las grandes obras que hoy sostienen la competitividad de ambas naciones.

Las redes eléctricas; sistemas de generación de energía; hidroeléctricas; carreteras; puertos; aeropuertos; sistemas de telecomunicaciones; infraestructura industrial y ciudades inteligentes, entre otros, son el resultado del conocimiento y del compromiso de miles de profesionales que han contribuido a construir las bases del crecimiento nacional.

Brasil es reconocido internacionalmente por el desarrollo de una de las matrices energéticas más limpias del mundo, con una importante participación de fuentes hidroeléctricas, eólicas, solares y de biomasa. Asimismo, ha consolidado importantes capacidades industriales y tecnológicas en sectores como transmisión eléctrica, automatización, manufactura avanzada, petróleo y gas, movilidad e innovación.

Colombia, por su parte, ha desarrollado una infraestructura energética sólida y confiable, caracterizada por altos niveles de cobertura eléctrica, importantes avances regulatorios y un creciente liderazgo en la incorporación de energías renovables no convencionales, la digitalización de redes y la transición hacia una economía baja en carbono.

En ambos países, la Ingeniería ha sido protagonista de las grandes transformaciones nacionales y continuará siendo el motor de los nuevos procesos de modernización que exige la Cuarta Revolución Industrial.

Una región que demanda mayor integración técnica

Aunque América Latina comparte múltiples desafíos estructurales, la cooperación técnica entre los gremios profesionales aún tiene un enorme potencial por desarrollar.



Durante el desarrollo de ENERCOL 2026, las directivas de CONFEA, ABEE y ACIEM se reunieron para detallar el plan de acción del desarrollo del convenio en favor de los Ingenieros brasileiros y colombianos.

La transición energética; la electrificación del transporte; el crecimiento de la inteligencia artificial; la expansión de las energías renovables; la ciberseguridad industrial; la resiliencia de las infraestructuras críticas y la digitalización de los sistemas eléctricos exigen respuestas coordinadas que trasciendan las fronteras nacionales.

En este escenario, el intercambio permanente de conocimiento entre organizaciones profesionales adquiere un valor estratégico.

La cooperación entre CONFEA, ABEE y ACIEM, permitirá fortalecer una red de profesionales altamente calificados que podrán compartir experiencias exitosas, desarrollar proyectos conjuntos y promover estándares técnicos que contribuyan al crecimiento sostenible de la región.

Esta visión coincide con la tendencia internacional según la cual la competitividad de los países depende cada vez más de su capacidad para generar conocimiento, innovar y construir ecosistemas colaborativos entre academia, empresas, Estado y organizaciones profesionales.



ENERCOL: un escenario para fortalecer la integración regional

La decisión de contar con Brasil como País Invitado de Honor en ENERCOL, constituyó un reconocimiento al liderazgo que ese país ha alcanzado en materia de desarrollo energético e innovación tecnológica.

Durante el evento, representantes gubernamentales, empresarios, investigadores y profesionales de ambos países intercambiaron experiencias sobre los principales desafíos que enfrenta el sector energético latinoamericano.

La presencia del Embajador de Brasil en Colombia durante la firma del Acuerdo otorgó un significado adicional al compromiso institucional asumido por las tres organizaciones, al evidenciar el respaldo de ambos países a una agenda de cooperación basada en el conocimiento y la innovación.

Un acuerdo con visión estratégica

El Acuerdo Marco suscrito entre ACIEM, ABEE y CONFEA establece un marco institucional para desarrollar iniciativas conjuntas orientadas al fortalecimiento profesional de sus Afiliados y al intercambio permanente de conocimiento y capacitación.

Su objeto consiste en promover la cooperación técnica, académica e institucional mediante el desarrollo de programas de formación, generación de conocimiento, capacitación continua y creación de espacios de articulación estratégica.

El convenio se fundamenta en principios que reflejan una visión moderna de la cooperación internacional: reciprocidad, beneficio mutuo, respeto por la autonomía institucional, transparencia, excelencia técnica, integración regional y proyección internacional.

Estos principios garantizan que la relación entre las tres organizaciones se construya sobre bases de confianza, igualdad y compromiso con el desarrollo de la Ingeniería.

Formación continua para enfrentar los nuevos desafíos

Uno de los aspectos más relevantes del acuerdo corresponde al fortalecimiento de la formación permanente de los Ingenieros.

La velocidad con la que evolucionan las tecnologías hace indispensable que los profesionales actualicen permanentemente sus conocimientos. La inteligencia artificial, la automatización industrial, las redes inteligentes, el Internet de las Cosas, el almacenamiento energético, la computación en la nube, la analítica de datos y la digitalización de procesos están redefiniendo el ejercicio de la Ingeniería.

Gracias al convenio, los Afiliados de CONFEA, ABEE y ACIEM, podrán participar en programas académicos, seminarios, diplomados, conferencias y actividades de actualización técnica que incorporen las mejores prácticas desarrolladas en ambos países. Esta cooperación contribuirá a fortalecer el capital humano especializado, considerado hoy uno de los principales activos para la competitividad nacional.

Compartir conocimiento para acelerar la innovación

De otra parte, el Acuerdo de Cooperación reconoce que el conocimiento constituye el principal recurso estratégico de las organizaciones modernas, por ello, contempla el intercambio de publicaciones técnicas, investigaciones, estudios especializados y contenidos de alto valor para los profesionales de ambos países.



Esta colaboración permitirá divulgar experiencias exitosas, promover investigaciones conjuntas y facilitar el acceso a información especializada sobre regulación, tecnologías emergentes, infraestructura energética, sostenibilidad y transformación digital.

La gestión del conocimiento permitirá reducir la duplicación de esfuerzos, acelerar procesos de innovación y generar soluciones adaptadas a las necesidades latinoamericanas.

Integración profesional más allá de las fronteras

Otro de los componentes estratégicos del convenio consiste en la creación de escenarios permanentes de relacionamiento profesional.

Congresos, foros, conferencias internacionales, encuentros binacionales y misiones técnicas facilitarán el intercambio de experiencias entre profesionales, empresas, universidades, centros de investigación y entidades gubernamentales.

La generación de redes profesionales representa hoy uno de los mecanismos más eficaces para impulsar la innovación. Las soluciones a los grandes desafíos tecnológicos ya no provienen exclusivamente del trabajo individual, sino de ecosistemas colaborativos donde confluyen múltiples disciplinas y actores institucionales.

Entre ellas se destacan el acceso preferencial a actividades académicas y técnicas, la participación en eventos especializados, el intercambio de expertos, el desarrollo de proyectos conjuntos y la posibilidad de ampliar redes profesionales en uno de los mercados de Ingeniería más importantes de América Latina.

Igualmente, el establecimiento de mecanismos de seguimiento semestrales garantizará que las iniciativas acordadas evolucionen de manera dinámica y respondan a las necesidades cambiantes del sector.

Una alianza que fortalece la Ingeniería latinoamericana

La suscripción del Acuerdo Marco entre ACIEM, ABEE y CONFEA constituye un hito para la Ingeniería regional. En un contexto global donde la cooperación internacional es indispensable para afrontar desafíos cada vez más complejos, esta alianza demuestra que las organizaciones profesionales pueden desempeñar un papel decisivo en la construcción de capacidades técnicas, la generación de conocimiento y la promoción del desarrollo sostenible.

La firma de este acuerdo en Pereira, durante ENERCOL 2026, no representa el final de un proceso de acercamiento institucional, sino el inicio de una agenda de largo plazo orientada a consolidar una comunidad de ingeniería más integrada, más preparada y con mayor capacidad para responder a los desafíos del siglo XXI. ▲

UN CONSEJO PROFESIONAL AL SERVICIO DE LA INGENIERÍA Y DE LOS INGENIEROS



**Consejo Profesional
Nacional de Ingenierías
Eléctrica, Mecánica y
Profesiones Afines**



El 10 de Octubre del presente año, se cumplirán 40 años de la expedición de la Ley 51 de 1986, la cual creó el Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines (CPN), con el objetivo de proteger uno de los activos más importantes de la sociedad: la confianza en quienes diseñan, construyen, certifican y lideran las obras y proyectos que transforman la vida de millones de colombianos. Desde entonces, el Consejo Profesional de Ingenierías ha sido un actor fundamental en la consolidación de una Ingeniería ética, competente y comprometida con la sociedad.

Durante estas cuatro décadas, el CPN ha acompañado la evolución de la Ingeniería colombiana, desde las grandes obras de infraestructura del siglo XX hasta los desafíos contemporáneos asociados con la transformación digital, sostenibilidad, inteligencia artificial, transición energética, industria aeroespacial y la energía nuclear, entre otros.

Además de expedir los registros profesionales como mecanismo de confianza social y autorización legal al Ingeniero para asumir responsabilidades que, en muchos casos, involucran la seguridad, la vida y el patrimonio de las personas, el CPN ha sido un custodio permanente de los principios de veracidad, integridad, precisión y responsabilidad, labor que ha contado con el concurso institucional de la Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM), que desde 1996 administra con responsabilidad los recursos de la entidad.

Su facultad como tribunal disciplinario constituye un instrumento esencial para preservar la integridad y la credibilidad de la Ingeniería colombiana, por ello más de 186 mil Ingenieros han encontrado en la institución un aliado para su desarrollo profesional y un referente de legitimidad ante el Estado y la sociedad.

Con los avances tecnológicos, la innovación y la complejidad de los proyectos de ingeniería, el país requiere una institución sólida, moderna y cercana a la ciudadanía, capaz de responder a los desafíos de una profesión en permanente transformación, razón por la cual, el aniversario número cuarenta invita a divisar el pasado con orgullo y a proyectar el futuro con valor.

Acuerdo de movilidad profesional

Hoy la misión del CPN ha trascendido el trámite registral y ha forjado su labor en lograr el reconocimiento de la matrícula profesional de los Ingenieros colombianos a nivel internacional, en pro de una verdadera movilidad global.

Como resultado de ello, en el año 2023 se materializó un Acuerdo de Movilidad Profesional de Ingenieros, con la Orden de Ingenieros de Portugal (OEP); en 2025 se sellaron alianzas iniciales con los Colegios de Ingeniería de España y antes de finalizar el presente año, se espera suscribir un Acuerdo de Movilidad Profesional con la Confederación de Ingeniería y Agronomía de Brasil (CONFEA).

Alianzas estratégicas

Como parte de su evolución, el CPN en alianza con el ICFES, adelantó un estudio de caracterización de los egresados de Ingeniería que, con información consolidada de establecimientos educativos y resultados de las pruebas Saber 11, se conocerá en mayor detalle la distribución geográfica, las características socioeconómicas de los egresados, el acceso a la tecnología, la composición por género, el origen de la institución educativa en los niveles de primaria, secundaria y universitaria.

Lo anterior permitirá presentar al Gobierno Nacional, recomendaciones para la generación de políticas públicas que promuevan la vocación de la Ingeniería en los niños y jóvenes.

Así mismo, como parte del relacionamiento estratégico del CPN en los últimos 10 años, vale la pena destacar la integración de la Mesa de Consejos Profesionales de Ingeniería, Geología y Topografía (MICPI), agrupación que busca una representación ante los escenarios internacionales, el fortalecimiento de la regulación profesional, la ética y la promoción de la Ingeniería en el país.

De la MICPI han surgido importantes reflexiones sobre el futuro de la profesión, entre las que se destacan: necesidad de actualizar la reglamentación del ejercicio profesional; fortalecimiento de la formación ética de los Ingenieros: importancia de la recertificación y la movilidad profesional; articulación entre academia, Estado, gremios y consejos profesionales, así como el reconocimiento del papel de los mismos en calidad de promotores y orientadores del ejercicio profesional, más allá de la expedición de matrículas y sanciones.

Otro de los importantes resultados de la MICPI, ha sido la materialización e institucionalización del Congreso Internacional de Ética, evento organizado en común y que ya cuenta con cinco ediciones realizadas entre 2017 y 2025, con gran participación de la academia, el estado y el sector productivo.



Proyectos CPN en camino

En el presente año el CPN aprobó, en ejercicio de sus funciones legales, dos grandes proyectos, el primero denominado Programa Nacional para el Fortalecimiento de la Ingeniería Colombiana 2026-2028, que comprende: fomento a las Vocaciones STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) e Ingenierías en la educación media; red nacional para la permanencia y el desarrollo estudiantil en Ingeniería, creación del Consejo Consultivo Nacional de nuevos profesionales de la Ingeniería; consolidación de un Observatorio Nacional de Ingeniería y la ejecución de estudios sobre IA e Ingeniería.

El segundo proyecto es el fortalecimiento institucional, que integra la consolidación jurídica del procedimiento disciplinario, la construcción de la política de daños antijurídicos de la entidad y el apoyo legal en los proyectos de ley necesarios para actualizar el marco normativo del ejercicio profesional de la Ingeniería y definir la competencia de los Consejos Profesionales de Ingeniería con base en el Núcleo Básico del Conocimiento (NBC) de cada programa académico reconocido en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) y armonizar de esta manera la normativa vigente con la evolución y diversificación de la oferta académica existente en Colombia.

40 años después, la misión del CPN permanece intacta y evoluciona para seguir en la función de proteger a la sociedad y dignificar el ejercicio de la Ingeniería en Colombia. ▲▲

HOJA DE RUTA: HIDROCARBUROS PARA EL DESARROLLO DE COLOMBIA

“La transición energética no consiste en sustituir unas fuentes de energía por otras, sino en construir un sistema más seguro, diversificado, competitivo y sostenible”

Colombia se encuentra frente a una decisión estratégica que definirá su desarrollo durante las próximas décadas. Mientras el mundo avanza hacia economías cada vez más descarbonizadas, la demanda global de energía continúa creciendo y los hidrocarburos siguen desempeñando un papel fundamental para garantizar el abastecimiento, la competitividad industrial y la estabilidad económica de los países.

En este contexto, los principales gremios del sector: ACP, CAMPETROL, ACIPET, ACGGP, NATURGAS y ACIEM, decidieron construir una visión conjunta sobre el futuro energético nacional, plasmada en el documento: Hidrocarburos para el desarrollo de Colombia", una publicación que reúne seis análisis técnicos sobre los principales desafíos y oportunidades que enfrenta el país desde la perspectiva de cada gremio.

El documento parte de una premisa contundente: la seguridad energética debe convertirse en una Política de Estado. Sin energía suficiente, confiable y competitiva no es posible garantizar crecimiento económico, atraer inversión, generar empleo ni mejorar la calidad de vida de los colombianos.

Más que un diagnóstico, el documento constituye una hoja de ruta para fortalecer la política energética nacional mediante decisiones sustentadas en evidencia técnica, estabilidad institucional y visión de largo plazo, el cual se destaca en los siguientes capítulos.



El sector de hidrocarburos continúa siendo uno de los pilares de la economía nacional. Su aporte trasciende ampliamente la producción de energía. Los recursos provenientes de esta industria financian regalías, inversión regional, infraestructura, educación, salud, programas sociales, empleo, exportaciones e inversión extranjera.

Por ello, una reducción acelerada de la actividad exploratoria tendría implicaciones directas sobre las finanzas públicas y sobre la capacidad del Estado para atender múltiples necesidades sociales.

El documento propone consolidar un marco tributario y contractual estable que permita mantener la inversión privada y asegurar la sostenibilidad fiscal durante las próximas décadas.

Colombia enfrenta un nuevo escenario energético

Durante décadas Colombia fue reconocida por su capacidad de autoabastecerse de petróleo y gas natural. Sin embargo, ese panorama comenzó a cambiar. Las reservas de petróleo muestran un horizonte cada vez más limitado, mientras que el país perdió oficialmente su autosuficiencia en gas natural a finales de 2024, obligando al incremento de importaciones para atender la demanda de hogares, industrias y generación eléctrica.

Esta situación ocurre simultáneamente con una disminución sostenida de la inversión exploratoria, una menor incorporación de nuevas reservas y crecientes dificultades para desarrollar proyectos debido a factores regulatorios, ambientales, sociales y de orden público.

El documento advierte que mantener esta tendencia podría traducirse en una mayor dependencia energética del exterior, incrementando la exposición del país a la volatilidad de los mercados internacionales y elevando los costos para consumidores, empresas y el propio Estado.

Coexistencia energética, visión para la transición

Uno de los aportes conceptuales más importantes del documento es la incorporación del principio de coexistencia energética.



Este enfoque reconoce que la transición energética no puede construirse mediante la exclusión de tecnologías o fuentes existentes, sino mediante la complementariedad entre energías renovables, gas natural, petróleo, biocombustibles, hidrógeno, geotermia y otras soluciones que permitan garantizar simultáneamente:

- Seguridad energética.
- Equidad en el acceso.
- Sostenibilidad ambiental.

Desde esta perspectiva, los hidrocarburos no representan un obstáculo para la transición, sino un habilitador que proporciona confiabilidad al sistema, financia el desarrollo de nuevas tecnologías y respalda la estabilidad económica durante el proceso de transformación energética.

Competitividad para atraer inversión

El documento evidencia que Colombia ha perdido atractivo frente a otros países productores de la región.

Mientras Brasil, Perú, Trinidad y Tobago e incluso Venezuela han fortalecido sus condiciones para atraer inversión exploratoria, Colombia registra una reducción significativa en la perforación de nuevos pozos y en la firma de contratos de exploración y producción.



Esta pérdida de competitividad responde a diversos factores:

- Incertidumbre jurídica.
- Mayores cargas tributarias.
- Retrasos en licenciamientos ambientales.
- Consultas previas prolongadas.
- Conflictividad social.
- Problemas de seguridad en varias regiones productoras.

Frente a este panorama, los gremios del sector energético plantean la necesidad de recuperar señales claras de confianza para los inversionistas mediante estabilidad regulatoria, reglas de largo plazo y una mayor articulación institucional.

Gas natural: protagonista de la seguridad energética

Actualmente más de 36 millones de colombianos dependen de este energético para cocinar, calefacción, procesos industriales, transporte y generación eléctrica.

Además de su menor huella de carbono frente a otros combustibles fósiles, el gas natural cumple funciones esenciales durante fenómenos climáticos como El Niño, cuando respalda la generación hidroeléctrica y evita riesgos de desabastecimiento eléctrico.

No obstante, la producción nacional viene disminuyendo mientras aumentan las importaciones de Gas Natural Licuado (GNL), lo que ha generado incrementos tarifarios y mayor dependencia de mercados internacionales.

En este contexto, el desarrollo de proyectos estratégicos como Sirius, junto con la expansión de la infraestructura de transporte y regasificación, constituye una prioridad para recuperar la soberanía energética del país.

YNC: oportunidad que merece evaluación técnica

Otro de los grandes debates abordados corresponde al desarrollo de los yacimientos no convencionales.

El documento plantea que Colombia dispone de un potencial significativo de recursos que podría ampliar sustancialmente las reservas nacionales de petróleo y gas.

La experiencia internacional demuestra que estos desarrollos pueden realizarse bajo estrictos estándares técnicos y ambientales, siempre que exista una regulación robusta, supervisión permanente y participación efectiva de las comunidades.

Por ello, los gremios proponen que cualquier decisión sobre esta materia se fundamente en evidencia científica y criterios técnicos, permitiendo evaluar objetivamente sus beneficios, riesgos y aportes a la seguridad energética nacional.

Innovación: producir más con menor impacto ambiental

La sostenibilidad también ocupa un lugar central en la propuesta. La industria identifica oportunidades para acelerar la incorporación de tecnologías como:

- Recobro mejorado de hidrocarburos;
- Captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS);
- Digitalización de operaciones;

- Inteligencia artificial aplicada a producción;
- Hidrógeno;
- Geotermia;
- Combustibles sostenibles de aviación (SAF);
- Biocombustibles avanzados.

Estas herramientas permiten incrementar el aprovechamiento de los campos existentes, reducir emisiones, optimizar costos y aumentar la productividad sin comprometer los objetivos ambientales del país.

La innovación, concluye el documento, será uno de los principales motores de la competitividad futura del sector.

Diez prioridades para fortalecer el futuro energético de Colombia

Como resultado del trabajo conjunto de los seis gremios, el documento plantea una agenda estratégica que podría orientar la política energética nacional:

1. Reactivar la firma de nuevos contratos de exploración y producción.
2. Recuperar la competitividad mediante estabilidad jurídica y tributaria.
3. Agilizar licenciamientos ambientales y consultas previas.
4. Fortalecer la seguridad en la infraestructura energética.
5. Convertir recursos contingentes en reservas y producción.
6. Desarrollar aceleradamente los proyectos estratégicos de gas natural.
7. Evaluar técnicamente el potencial de los yacimientos no convencionales.
8. Impulsar tecnologías de recobro mejorado, CCUS y digitalización.
9. Fortalecer las capacidades técnicas de las entidades del Estado.
10. Consolidar una política pública basada en la coexistencia energética y la seguridad del abastecimiento.
11. Ingeniería para construir el futuro energético



12. La ingeniería colombiana tiene un papel determinante en este desafío nacional.

Diseñar políticas públicas, incorporar innovación tecnológica, desarrollar infraestructura, fortalecer la institucionalidad y generar soluciones sostenibles exige conocimiento técnico, visión estratégica y capacidad de ejecución.

Precisamente por ello, ACIEM, junto con los demás gremios del Comité Intergremial del Sector Energético, propone abrir un debate fundamentado en evidencia, alejándose de posiciones ideológicas y privilegiando decisiones que respondan a las necesidades reales del país.

Garantizar la seguridad energética no significa únicamente producir petróleo o gas. Significa asegurar que Colombia cuente con la energía necesaria para impulsar su crecimiento económico, proteger su competitividad, mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos y avanzar hacia una transición energética ordenada, responsable y sostenible.

Ese es, en esencia, el llamado que hace Hidrocarburos para el desarrollo de Colombia: construir una política energética de largo plazo que convierta los recursos naturales, la ingeniería y la innovación en motores del desarrollo nacional. ▲▲

TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA SERÁ SOSTENIBLE SI SE GARANTIZA SEGURIDAD DEL ABASTECIMIENTO



La 43 Conferencia Energética Colombiana (ENERCOL) que organizó ACIEM en Pereira, el 16 y 17 de julio, contó con la participación de las autoridades más importantes del sector para debatir los futuros escenarios de la energía en Colombia.

Al cierre de la 43 Conferencia Energética Colombiana, ENERCOL, que contó con Brasil como País Invitado de Honor, la Asociación Colombiana de Ingenieros ACIEM, en calidad de gremio profesional de la Ingeniería y Cuerpo Técnico Consultivo (Ley 51 de 1986), presentó al sector energético y al país, las principales conclusiones y recomendaciones, resultado de las diferentes intervenciones de las autoridades gubernamentales, académicas, empresariales y gremiales invitadas al evento.

Vale la pena destacar que ENERCOL 2026 tuvo los siguientes ejes temáticos:

- Geopolítica energética.
- Economía y seguridad energética.
- Política energética colombiana.
- Abastecimiento energético.
- Confiabilidad operativa del Sistema Interconectado Nacional (SIN).
- Fronteras y nucleenergía.
- Regulación energética: mercados y biocombustibles.

Conclusiones Generales

1. El crecimiento de la demanda de energía, los efectos del cambio climático, la incorporación acelerada de nuevas tecnologías, la transformación digital, la inteligencia artificial y la electrificación de la economía están redefiniendo la manera como se produce, transporta y utiliza la energía y la forma como esta, transforma el comportamiento de los usuarios de forma transversal.
2. La transición energética exitosa no se puede construir sobre incertidumbres, se debe edificar sobre datos, planeación, ingeniería, inversión y confianza.
3. La transformación energética será sostenible únicamente si garantiza simultáneamente la seguridad del abastecimiento, confiabilidad del sistema, competitividad de la economía y el bienestar y calidad de vida de los usuarios.
4. La exploración de hidrocarburos sigue siendo un componente estratégico para la seguridad y la soberanía energética de Colombia, especialmente en un contexto de reducción sostenida de la actividad exploratoria y creciente riesgo de dependencia de las importaciones de gas.
5. La descarbonización del sistema eléctrico colombiano exige acelerar la modernización de la infraestructura, regulación y operación del mercado eléctrico, facilitando la incorporación de energías renovables y sistemas de almacenamiento, al tiempo que se fortalecen las redes de transmisión y los procesos de licenciamiento, con una visión de largo plazo que garantice la confiabilidad y la eficiencia del sistema.
6. Colombia mantiene un alto potencial para seguir consolidando a los biocombustibles como un pilar de la transición energética, donde la experiencia y lecciones aprendidas de Brasil, siguen siendo un importante referente para lograr una política de Estado sostenida en el tiempo.

“La exploración de hidrocarburos sigue siendo un componente estratégico para la seguridad y la soberanía energética de Colombia”



ENERCOL debatió los distintos escenarios del sector energético para garantizar la seguridad del abastecimiento; confiabilidad del sistema; competitividad de la economía y el bienestar y calidad de vida de los usuarios.



Aspectos del panel de cierre de ENERCOL 2026 que debatió la coyuntura y futuro energético del país, con las recomendaciones para su fortalecimiento a nivel regulatorio, inversiones, infraestructura y usuarios, entre otros aspectos.

7. Las regiones y territorios son clave en el desarrollo futuro de los proyectos energéticos, por lo tanto, deben convertirse en motores de empleo, transferencia tecnológica, fortalecimiento empresarial y prosperidad para las comunidades.
8. Los desafíos del sector eléctrico y gasífero exigen decisiones de Estado que garanticen la seguridad energética, la confiabilidad y la competitividad en beneficio de la industria, las inversiones y los usuarios.
9. El principal desafío del sector eléctrico es fortalecer la confiabilidad del sistema para garantizar el suministro de energía durante el fenómeno 'El Niño' y en cualquier otro momento, mediante una adecuada combinación de generación hidráulica, térmica, carbón, almacenamiento y fuentes renovables y alternativas como la nuclear entre otras.

10. La transición energética demanda un marco regulatorio moderno, estable y predecible que facilite la incorporación de nuevas tecnologías, promueva la inversión y fortalezca la seguridad energética del país.

Recomendaciones

1. Adoptar una política de Estado que garantice la continuidad de la exploración de hidrocarburos como fundamento de la seguridad energética y de la transición energética.

Garantizar nuevas reservas de petróleo y gas es una condición esencial para proteger la seguridad energética, la competitividad y una transición energética ordenada.

2. Restablecer una política de exploración que permita recuperar la competitividad para la explora-

ción de hidrocarburos con reglas estables, nuevas áreas exploratorias y señales claras a la inversión, como condición indispensable para preservar la seguridad energética del país.

3. Revisar y actualizar la Política Pública de los biocombustibles para ponerla a tono con la realidad regulatoria, tecnológica y económica actual, que permita potenciar su participación con un marco regulatorio estable, fortaleciendo la cooperación técnica entre Colombia y Brasil para acelerar la innovación, la inversión y la diversificación de la matriz energética del país.
4. Fortalecer la política pública energética y los planes nacionales para acelerar la actualización, modernización y expansión de los sistemas de generación, transmisión, distribución y transporte de energéticos, incorporando tecnologías que aumenten la confiabilidad, la resiliencia y la flexibilidad del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

“Se debe reconocer a la Ingeniería como eje estratégico del desarrollo nacional del sector energético, para aportar a las grandes decisiones de las políticas públicas del país”

5. Reconocer a la Ingeniería como eje estratégico del desarrollo nacional del sector energético, para aportar de manera proactiva, propositiva y constructiva a las grandes decisiones de las políticas públicas del sector energético del país en los próximos años siempre con criterios técnicos y un talento humano altamente calificado.
6. Fortalecer el marco regulatorio con mayor agilidad, estabilidad y confianza para impulsar los proyectos estratégicos del sector energético.



7. Garantizar el abastecimiento de gas y aprovechar las importantes reservas de carbón, condiciones indispensables para la seguridad energética y una transición ordenada en los próximos años.
8. Fortalecer la incorporación efectiva de la nucleoeenergía en la planificación energética de mediano y largo plazo como una fuente confiable, limpia y estratégica para el desarrollo del país, aprovechando las experiencias y lecciones aprendidas internacionales.
9. Acelerar el desarrollo de la núcleo electricidad, del hidrógeno y la geotermia mediante una hoja de ruta con incentivos, innovación y reglas claras que impulsen su incorporación como nuevos energéticos estratégicos para la transición y la seguridad energética de Colombia.
10. Fortalecer la participación de la demanda, ajustando el marco y actualizado el marco regulatorio, que permita abrir mucho más el mercado, a través de incentivos, educación y herramientas tecnológicas que promuevan el uso eficiente de la energía, la respuesta de la demanda y una mayor responsabilidad en la seguridad energética del país.

Como Cuerpo Técnico Consultivo, ACIEM presentará oficialmente al Gobierno Nacional y a los distintos agentes, las conclusiones y recomendaciones de ENERCOL 2026 como una contribución proactiva, propositiva y constructiva de la Ingeniería colombiana a la formulación de las políticas públicas de la energía del país. ▲▲

INTEGRACIÓN ENERGÉTICA ENTRE BRASIL Y COLOMBIA PUEDE APORTAR MAYOR RESILIENCIA

Tras la destacada participación de Brasil como *País Invitado de Honor* en la 43ª Conferencia Energética Colombiana (ENERCOL), que se realizó los días 16 y 17 de julio en la ciudad de Pereira, Paulo Estivallet de Mesquita, Embajador de la República Federativa de Brasil en Colombia, dialogó con ACIEM sobre las principales tendencias que están transformando el sector energético en la región.

El jefe de la Misión Diplomática de Brasil compartió sus reflexiones sobre las oportunidades de cooperación entre Brasil y Colombia en áreas como la transición energética, biocombustibles, energías renovables y la planificación de largo plazo.

ACIEM: ¿Qué significó para Brasil, haber sido País Invitado de Honor a la 43ª Conferencia Energética Colombiana (ENERCOL)?

Paulo Estivallet de Mesquita: Creo que fue un reconocimiento al papel que desempeña Brasil en prácticamente todos los segmentos de la energía: generación hidroeléctrica, energías renovables y nuevos combustibles, combustibles fósiles, energía nuclear, entre otros. También refleja la cercanía entre Brasil y Colombia frente a desafíos comunes y la posibilidad de aprender juntos sobre cómo enfrentarlos, aprovechando el potencial y la escala de nuestra región.

El sector energético constituye el principal ámbito de inversión recíproca entre nuestros países. Empresas colombianas como el Grupo Energía de Bogotá, ISA y Ecopetrol, tienen una presencia muy relevante en Brasil, mientras que compañías brasileñas, como Petrobras y Alupar, participan activamente en Colombia.



Todo ello demuestra la importancia de debatir conjuntamente el futuro energético regional. Somos países en desarrollo que están transformando no solo sus sistemas de generación, transmisión y distribución de energía, sino también sus economías, para adaptarse a un entorno internacional que evoluciona con gran rapidez.

ACIEM: ¿Cuáles considera usted que son los factores que han permitido la posición de liderazgo energético de Brasil?

Paulo Estivallet de Mesquita: Existe un factor fundamental: la abundancia de recursos naturales. Cerca del 80 % de la electricidad brasileña proviene de fuentes hidráulicas, una realidad similar a la de Colombia, lo que nos sitúa entre los países con las matrices energéticas más limpias del mundo.



Paulo Estivallet de Mesquita, Embajador de la República Federativa de Brasil en Colombia, participó en el acto de instalación de la 43 Conferencia Energética Colombiana (ENERCOL), que se realizó en el 16 y 17 de julio en Pereira.

A ello se suma un enorme potencial en energías renovables, especialmente eólica y solar, así como una importante disponibilidad de minerales estratégicos para la transición energética, especialmente aquellos necesarios para tecnologías de almacenamiento y para la producción de hidrógeno verde.

También ha sido determinante la construcción de un marco normativo que aporta estabilidad y confianza para las inversiones y previsibilidad para la planificación de largo plazo.

Hemos tenido una evolución institucional destacable en Brasil. Las políticas públicas son formuladas por el Ministerio de Minas y Energía, mientras que la regulación recae en agencias especializadas con amplias atribuciones.

Con el paso del tiempo, hemos aprendido a coordinar ambas funciones para promover políticas que impulsen la transición energética y, al mismo tiempo, permitan ampliar la oferta de energía, un elemento esencial para un país en desarrollo que aún enfrenta importantes desafíos en materia de modernización de la agricultura, la industria y los servicios públicos.

La creación de un mercado energético integrado en Brasil ha sido, a mi juicio, uno de los principales logros del país. Actualmente, todo el territorio nacional

está conectado mediante una red eléctrica interconectada, lo que fortalece la seguridad y la eficiencia del sistema. Nos gustaría que esta integración se extendiera también a los países vecinos.

Asimismo, sectores como el transporte se han beneficiado de políticas consistentes mantenidas durante las últimas décadas, particularmente en materia del uso intensivo de los biocombustibles, lo que también esperamos que se pueda reproducir en actividades más difíciles de descarbonizar, como la aviación, donde alternativas como el combustible sostenible de aviación (SAF) deberán adquirir creciente relevancia.

ACIEM: ¿Cuáles han sido los factores de éxito y las mayores barreras en la construcción de la política energética nacional de Brasil y cómo han superado esos obstáculos?

Paulo Estivallet de Mesquita: Es una pregunta muy interesante porque admite múltiples enfoques. A lo largo del tiempo hemos enfrentado diversos desafíos que nos han permitido construir un marco regulatorio caracterizado por la coherencia, la estabilidad y el respaldo institucional, evitando que las políticas cambien constantemente según las circunstancias políticas.

Brasil cuenta con un marco regulatorio sólido que permite a las empresas participar en subastas bajo reglas claras y transparentes.



La eficiencia con la que ejecutan sus inversiones determina su rentabilidad, pero los ingresos esperados son suficientemente predecibles para facilitar la planificación de largo plazo. La consistencia regulatoria y la continuidad de las reglas del juego constituyen factores fundamentales y serán determinantes para avanzar en una integración energética más profunda entre nuestros países.

Un sector que ilustra bien esta experiencia es el de la transmisión de energía eléctrica. Precisamente por su previsibilidad, ha despertado el interés de empresas como el Grupo Energía de Bogotá e ISA.

ACIEM: ¿Cómo se está manejando en Brasil la comprensión de las oportunidades y el uso eficiente de la energía a partir de las nuevas posibilidades de almacenamiento?

Paulo Estivallet de Mesquita: Se trata de un tema relativamente reciente. Brasil ha desarrollado diversos programas de incentivo para la adopción de nuevas tecnologías, particularmente paneles solares residenciales. Además, cada vez más empresas con alto consumo energético están construyendo sus propias instalaciones de generación.

Para que estas tecnologías se expandan a una mayor escala, es necesario abordar aspectos como la confiabilidad de los sistemas, los mecanismos de incentivo, el marco tributario y las condiciones de financiamiento.

Al mismo tiempo, a medida que aumenta su adopción, los costos disminuyen y se facilita el acceso de un mayor número de usuarios a estas tecnologías, permitiendo una integración más armónica de las nuevas fuentes energéticas. Asimismo, a medida que evolucionen las tecnologías de almacenamiento, surgirán nuevas oportunidades vinculadas a fuentes como el hidrógeno verde.

Sin embargo, todavía es prematuro afirmar que ya existe un modelo definitivo. Las tecnologías de las baterías están experimentando una acelerada evolución, lo que permite anticipar cambios significativos en los próximos años, incluyendo nuevas aplicaciones y el uso de minerales diferentes a los actuales.

En este contexto, el papel de los Ingenieros y de instituciones como el Consejo Federal de Ingeniería y Agronomía de Brasil (CONFEA) y la ACIEM en Colombia resulta fundamental para continuar avanzando juntos en este proceso.

ACIEM: ¿Cómo resumiría usted la visión de Brasil frente a la transición energética?

Paulo Estivallet de Mesquita: Desde la perspectiva brasileña, el principal desafío ha sido garantizar el acceso universal a la energía. Contamos con programas destinados a combatir la pobreza energética, porque no existe un país verdaderamente desarrollado que carezca de acceso adecuado a este recurso fundamental. Nuestro objetivo es que toda la población disponga de energía en condiciones económicamente sostenibles, especialmente los sectores de menores ingresos.

A partir de esa base, adquieren relevancia las dimensiones ambientales y sociales de la sostenibilidad energética. Brasil y Colombia cuentan con condiciones excepcionales para desarrollar prácticamente todas las fuentes de energía, incluidas las más sostenibles desde el punto de vista ambiental, como la hidráulica, la eólica y la solar. También consideramos fundamental el papel de la bioenergía y de los biocombustibles, especialmente en países con el potencial agrícola de Brasil y Colombia, gracias a la calidad de sus suelos, la disponibilidad de agua y sus capacidades técnicas.

En materia de movilidad, diversas investigaciones desarrolladas durante décadas muestran que los vehículos impulsados por biocombustibles pueden, considerando todo su ciclo de vida, aportar incluso mayores beneficios en términos de descarbonización que algunas alternativas eléctricas.

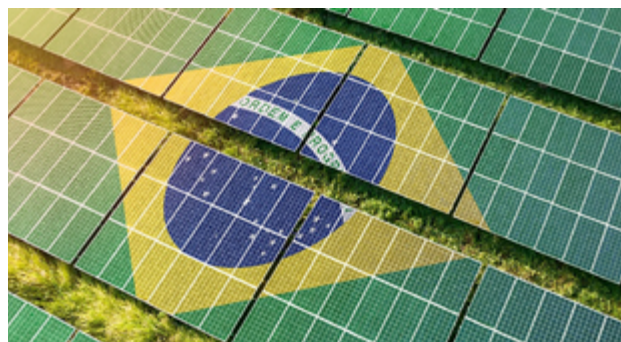
Al mismo tiempo, entendemos que la transición será gradual y que las fuentes tradicionales seguirán desempeñando un papel importante. Tanto en Brasil como en Colombia, el gas natural continuará siendo un energético estratégico durante los próximos años, lo que explica la relevancia de iniciativas como la sociedad entre Petrobras y Ecopetrol para el desarrollo de nuevos yacimientos de gas en Colombia.

Creemos que países como Brasil y Colombia están en condiciones de asumir un papel de liderazgo frente a los desafíos climáticos, produciendo energía renovable, biocombustibles y combustibles sostenibles para la aviación de manera competitiva y sostenible. En el caso brasileño, las proyecciones indican que hacia mediados del presente siglo más del 50% de la energía podría provenir de nuevas fuentes renovables, e incluso superar el 60%, una trayectoria que considero que Colombia también puede seguir.

ACIEM: ¿Cómo puede la cooperación entre Brasil y Colombia favorecer la transición energética justa?

Paulo Estivallet de Mesquita: Uno de los principales desafíos consiste en garantizar que la energía llegue a las comunidades más aisladas. Esta realidad es particularmente evidente en la Amazonía. En muchos casos, Brasil destina importantes recursos para subsidiar combustibles como el diésel y asegurar el suministro energético a pequeñas comunidades remotas.

Esperamos que la cooperación entre nuestros países permita desarrollar soluciones tecnológicas más eficientes para responder a este desafío. Empresas como Alupar, por ejemplo, han desarrollado alternativas basadas en pequeñas centrales hidroeléctricas que pueden adaptarse mejor a determinadas comunidades que los grandes proyectos de infraestructura.



Existe además un aspecto fundamental relacionado con los proyectos de energía renovable: los procesos de licenciamiento ambiental y social deben desarrollarse con pleno respeto por las comunidades involucradas. En este ámbito también podemos intercambiar experiencias y aprender mutuamente para ampliar el acceso a la energía, garantizando al mismo tiempo que las comunidades participen activamente en la construcción de las soluciones y reciban beneficios acordes con su contribución a la transición energética.

ACIEM: ¿Cómo hacer para que las comunidades aisladas apoyen el desarrollo de proyectos energéticos?

Paulo Estivallet de Mesquita: Trata-se de un proceso continuo de aprendizaje. Con el paso del tiempo, hemos enfrentado desafíos similares a los de Colombia para garantizar que los mecanismos de consulta sean suficientemente amplios, representativos y capaces de responder a las necesidades de las comunidades.

Al mismo tiempo, es importante que esos procesos se desarrollen dentro de plazos compatibles con la dinámica de las inversiones y de los proyectos de infraestructura. Con la experiencia hemos aprendido que las consultas deben realizarse de forma temprana y adecuada, pero también que es necesario sensibilizar a las comunidades sobre la importancia de participar activamente en estos procesos.

De poco sirve construir una planta de generación si posteriormente no es posible desarrollar las redes de transmisión necesarias debido a la falta de aceptación social. Este aprendizaje plantea desafíos que exigen enfoques cada vez más interdisciplinarios.



No basta con la participación de Ingenieros; también es necesario involucrar a antropólogos, sociólogos, líderes comunitarios y especialistas en desarrollo territorial. Hemos avanzado significativamente, pero aún queda mucho por hacer. En ese sentido, el intercambio de experiencias entre Brasil y Colombia puede resultar sumamente beneficioso para ambos países.

ACIEM: ¿Qué esperaría que suceda con la interlocución entre las autoridades planificadoras energéticas de los dos países?

Paulo Estivallet de Mesquita: Estamos observando un escenario cada vez más complejo, que exige compatibilizar la planificación de largo plazo, las políticas públicas y los marcos regulatorios. En ese sentido, la Empresa de Pesquisa Energética de Brasil (EPE), entidad vinculada al Ministerio de Minas y Energía de Brasil responsable por la planificación energética de nuestro país, ha liderado la reflexión estratégica sobre el futuro energético brasileño.

En el marco de la ENERCOL tuvimos la oportunidad de propiciar un encuentro entre el presidente de la EPE, Thiago Prado, y la directora de la UPME de Colombia que esperamos permita compartir experiencias sobre cómo adaptarnos a las transformaciones tecnológicas y regulatorias que atraviesa el sector y profundizar la cooperación para una planificación energética de largo plazo que trascienda las fronteras de nuestros países.

Asimismo, este tema trasciende el ámbito nacional y plantea cuestiones de política internacional. La regulación energética no es simplemente un asunto técnico: involucra aspectos ambientales, económicos y sociales.

Por ello, es fundamental desarrollar soluciones que permitan adaptar nuestras alternativas energéticas a las necesidades específicas de Brasil y Colombia, asegurando además que estas realidades sean reconocidas en los debates y foros internacionales.

ACIEM: ¿Qué oportunidades concretas existen para proyectos energéticos de integración binacional entre Colombia y Brasil?

Paulo Estivallet de Mesquita: Un ejemplo es el fenómeno de El Niño y su impacto sobre los sistemas energéticos de la región. La integración energética puede aportar mayor resiliencia a todos los países, aprovechando las diferencias climáticas y los ciclos de lluvia y sequía que existen en distintas zonas de Sudamérica.

Existe un enorme potencial de complementariedad, especialmente si consideramos que Colombia se encuentra mayoritariamente al norte de la línea ecuatorial, mientras que gran parte de Sudamérica se ubica en el hemisferio sur. En ese contexto, Colombia, junto con Venezuela, puede desempeñar un papel absolutamente estratégico en la integración energética de la región.

También podemos aprovechar los vínculos productivos ya existentes entre nuestros países. Actualmente, importantes empresas colombianas participan en proyectos de transmisión eléctrica en Brasil y en otros mercados regionales.

Para que esta integración avance será necesario contar con marcos regulatorios internacionales sólidos, tanto desde el punto de vista técnico como político. Los países deberán asumir un compromiso firme para garantizar el correcto funcionamiento de estos mecanismos.

No se trata de un proceso sencillo. Basta observar el caso europeo: después de más de cinco décadas de esfuerzos, aún no dispone de un mercado energético plenamente integrado.

Sin embargo, Colombia ya cuenta con experiencias exitosas de integración energética con países vecinos. Esas experiencias constituyen una base importante para avanzar hacia una integración regional más amplia y ambiciosa. ▲▲

PLANIFICAR PARA MÚLTIPLES FUTUROS: DESAFÍOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN BRASIL

POR: THIAGO PRADO, PRESIDENTE DE LA EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE)

Una característica central del sector energético brasileño es su diversidad. Brasil reúne una matriz con elevada participación renovable, una base hidroeléctrica relevante, recursos solares y eólicos de gran escala, experiencia acumulada en biocombustibles, reservas de petróleo y gas natural, biomasa, minerales estratégicos y una tradición de planificación energética.

Esa combinación es una ventaja, pero no una garantía. La transición no se sostiene únicamente en la disponibilidad de recursos: exige instituciones, información, infraestructura, regulación, financiamiento y coordinación.

En un sector intensivo en capital, con activos de larga maduración y expuesto a incertidumbres tecnológicas, climáticas, geopolíticas y regulatorias,

planificar no significa predecir el futuro, sino preparar decisiones robustas frente a diferentes futuros posibles. La Empresa de Pesquisa Energética (EPE) contribuye a ese proceso mediante estudios, escenarios y referencias técnicas transparentes que apoyan la formulación y evaluación de la política energética brasileña y la planificación de su infraestructura.

Brasil parte de una posición favorable. Entre 2015 y 2024, la Oferta Interna de Energía creció, en promedio, 0,8% al año y alcanzó 322 millones de toneladas equivalentes de petróleo.

En el mismo periodo, la participación conjunta de petróleo y gas natural cayó de 50,8% a 43,7%, mientras la participación renovable aumentó de 42% a 50%. En la matriz eléctrica, solar y eólica pasaron de 3,5% a 23,4%, y la generación renovable de 74% a 88%.



Una transición de escala

La transición brasileña será, ante todo, una transición de escala. En el horizonte decenal, el consumo final de energía pasa de aproximadamente 301 Mtep en 2025 a 360 Mtep en 2035; la electricidad aumenta su participación de 21,3% a 23,5%, y el gas natural de 13,0% a 15,3%.

En el largo plazo, los escenarios del PNE 2055 indican que la demanda total puede crecer entre 1,6 y 2,0 veces respecto de 2025, mientras la carga eléctrica puede alcanzar entre 2,6 y 4,2 veces el nivel actual. El sistema será más grande, más eléctrico, más digital, más descentralizado y más complejo.

Ese crecimiento deberá ocurrir sin perder la principal ventaja competitiva brasileña: una matriz limpia, diversificada y renovable.

En el PDE 2035, la Oferta Interna de Energía aumenta de 329,6 Mtep a 411,9 Mtep y mantiene una participación renovable del orden de 51%.

Flexibilidad, clima y nuevas cargas

La expansión eléctrica ilustra esta diferencia. La capacidad instalada pasa de 249 GW en 2025 a 359 GW en 2035, un aumento de 110 GW. El desafío no es solo ampliar capacidad: el sistema necesitará energía, potencia, flexibilidad y almacenamiento.

En 2055, los vectores de flexibilidad ganan escala: las hidroeléctricas pueden aportar entre 137 y 141 GW, las centrales térmicas flexibles entre 32 y 72 GW, el almacenamiento centralizado entre 39 y 97 GW y los recursos energéticos distribuidos (incluidos respuesta de la demanda y almacenamiento detrás del medidor, entre 26 y 72 GW).



- Revisión y normalización de redes eléctricas
- Puesta en servicio de sistemas de medición de energía semiindirecta e indirecta
- Acompañamiento a clientes comerciales e industriales en toda la región



El crecimiento eólico y solar también exige reconocer que no toda la energía potencial podrá utilizarse en todo momento. Restricciones de transmisión, excedentes horarios y límites operativos pueden producir vertimientos o reducciones de generación. La respuesta combina redes, almacenamiento, gestión de la demanda, señales económicas y mejor coordinación entre expansión y operación.

El cambio climático añade una nueva dimensión a estas necesidades. La EPE desarrolla metodologías para incorporar a los modelos de expansión y operación diferentes trayectorias de temperatura, precipitación, viento, irradiación solar y caudales, evaluando sus efectos simultáneos sobre la generación renovable y la demanda.

Para sistemas hidroeléctricos, fenómenos como ‘El Niño’ y ‘La Niña’ ya evidencian cómo cambios en lluvia y temperatura afectan los aportes hidrológicos, el consumo y las necesidades de respaldo.

“Frente al cambio climático, la EPE desarrolla metodologías para incorporar a los modelos de expansión y operación diferentes trayectorias de temperatura, precipitación, viento, irradiación solar y caudales, entre otros”

El desafío es combinar esa variabilidad histórica con posibles cambios estructurales del clima, evitando que las decisiones futuras dependan exclusivamente de patrones del pasado.

Las grandes cargas son otro símbolo de este contexto. Durante la elaboración del PDE 2035, los procesos de conexión a la Red Básica sumaban 54,2 GW hasta 2038: 26,3 GW de data centers y 27,9 GW de proyectos de hidrógeno y amoníaco. El volumen equivale a cerca del 52% del pico actual de carga, estimado en aproximadamente 104 GW.



En 2055, los data centers podrían consumir hasta 300 TWh, la producción de hidrógeno 220 TWh y las tecnologías de remoción de carbono 150 TWh. La planificación deberá responder no solo cuánta energía será necesaria, sino dónde, cuándo y bajo qué condiciones podrá suministrarse.

Recursos, tecnologías e inversiones

La transición también aumenta la centralidad de los minerales. En el horizonte decenal, el uso de minerales críticos para generación eléctrica pasa de 1,0 millón de toneladas en 2025 a 1,6 millón en 2035, un aumento de 60% para una expansión de capacidad de casi 45%.

La transmisión agrega cerca de 2 millones de toneladas de acero y aluminio y casi 29 mil kilómetros de líneas. En el largo plazo, la demanda relativa de minerales para generación puede multiplicarse por 7,1, y la asociada a baterías y movilidad por hasta 25.

Para Brasil, estos datos combinan un desafío de suministro con una oportunidad industrial: será necesario considerar materiales e infraestructura e identificar posibilidades realistas de transformación mineral y desarrollo productivo.



Algo similar ocurre con los biocombustibles. En el PDE 2035, la oferta de etanol pasa de 37,9 mil millones de litros en 2025 a 50,5 mil millones en 2035, con crecimiento medio de 2,9% al año. El etanol de maíz puede alcanzar cerca de 32% de la oferta total.

En biodiésel, la capacidad de producción pasa de 14,7 a 16,2 mil millones de litros, mientras la demanda de mezcla obligatoria aumenta de 10,1 a 13,9 mil millones. La oportunidad es convertir esa experiencia en biocombustibles avanzados, biometano, combustibles sostenibles de aviación y otras soluciones de menor intensidad de carbono.

El PNE 2055 también señala opciones que pueden ganar relevancia. Las tecnologías de captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS), incluida su asociación con la bioenergía (BECCS), pueden contribuir a la descarbonización de sectores de difícil abatimiento y, en determinadas configuraciones, a emisiones netas negativas.

El plan examina además recursos todavía sujetos a mayores incertidumbres, como la geotermia y el hidrógeno natural.

Incorporarlos a los escenarios no significa anticipar tecnologías vencedoras, sino identificar potenciales, necesidades de investigación, condiciones regulatorias e infraestructura para su evaluación futura. La transición tampoco elimina la necesidad de planificar petróleo, gas natural y derivados.

En la próxima década, la producción brasileña de petróleo puede crecer hasta 30%, con el presal representando alrededor del 76% en 2035, mientras la producción de gas puede aumentar cerca de 95%.

Aun así, el país seguirá siendo importador neto de derivados, especialmente diésel, nafta y combustible de aviación. La demanda total de gas puede alcanzar 218 millones de m³ por día, con crecimiento anual de 6,2%, en una composición con menos Bolivia, más producción nacional y más GNL. La seguridad depende no solo de la disponibilidad de recursos, sino de refino, procesamiento, transporte, importación y conexión efectiva con los mercados.

En el horizonte decenal, las inversiones estimadas alcanzan US\$648.000 millones: US\$522.000 millones en petróleo y gas natural; US\$110.000 millones en electricidad y US\$21.300 millones en biocombustibles líquidos. En el sector eléctrico, corresponden US\$73 mil millones a generación centralizada; US\$21 mil millones a generación distribuida y US\$23 mil millones a transmisión. Estas cifras muestran que la transición es también una agenda de infraestructura, financiamiento y competitividad.

“En la próxima década, la producción brasileña de petróleo puede crecer hasta 30%, mientras la producción de gas puede aumentar cerca de 95%”

Planificación adaptativa y lecciones para la región

Los estudios de planificación cumplen una función que va más allá del diagnóstico. El PDE 2035 aproxima la planificación al ciclo de inversión, la suficiencia y el seguimiento del sistema; el PNE 2055 explora escenarios, riesgos y alternativas de largo plazo. Ninguno elimina la incertidumbre: ambos la hacen visible y permiten decisiones más robustas.

Esto exige una planificación adaptativa, con monitoreo de la demanda, costos tecnológicos, infraestructura, evolución climática, madurez de proyectos y mercados. Cuando esos indicadores se apartan de las hipótesis originales, las estrategias deben poder revisarse sin reconstruir completamente la política energética.

La transparencia es parte ese enfoque. Publicar premisas, metodologías, sensibilidades y resultados permite que gobiernos, reguladores, inversionistas, empresas y sociedad comprendan tanto las conclusiones como las incertidumbres. La planificación gana legitimidad cuando organiza los riesgos para mejorar las decisiones.

Las trayectorias energéticas latinoamericanas son distintas y ninguna experiencia puede trasladarse automáticamente. Sin embargo, el caso brasileño permite identificar cinco lecciones. La planificación debe ser una capacidad permanente del Estado, apoyada en instituciones técnicas, datos confiables, metodologías transparentes y revisión periódica de escenarios.

La expansión renovable debe coordinarse con redes, flexibilidad, almacenamiento y gestión de la demanda. Y la seguridad energética debe evaluarse de manera integrada, considerando electricidad, combustibles, gas, logística e infraestructura.

También es necesario incorporar tempranamente nuevas demandas. Data centers, hidrógeno, movilidad eléctrica y nuevas industrias pueden alterar rápidamente la geografía del consumo. Finalmente, un plan solo produce valor cuando sus diagnósticos se traducen en regulación, licitaciones, permisos, señales económicas, proyectos financiables y seguimiento. Planificar no es publicar un documento, sino conectar conocimiento, decisión y ejecución.



Brasil y Colombia poseen estructuras diferentes, pero comparten desafíos vinculados a la hidrología, 'El Niño' y 'La Niña', la variabilidad climática, la diversificación, las redes, la disponibilidad de gas y la confiabilidad. En sistemas con elevada participación hidroeléctrica, diversificar significa construir resiliencia y evaluar conjuntamente los efectos del clima sobre generación, demanda e infraestructura.

La integración energética regional también puede funcionar como instrumento de gestión de riesgos. Las interconexiones eléctricas y los mecanismos de intercambio permiten aprovechar complementariedades hidrológicas, horarias y estacionales, exportar excedentes en períodos de abundancia e importar energía durante situaciones de escasez.

La transición energética no es una elección entre fuentes. El futuro será, en proporciones distintas, renovable, eléctrico, molecular, digital, descentralizado y más eficiente. Brasil posee ventajas reales, pero deberá transformar abundancia en infraestructura, potencial en proyectos, estudios en señales y señales en inversiones.

Planificar no es elegir un único futuro: es preparar el sistema para navegar muchos futuros con seguridad, competitividad, sostenibilidad e inclusión. ▲▲

Nota: Los datos históricos y las proyecciones presentados en este artículo se basan principalmente en el Balance Energético Nacional 2025, el Plan Decenal de Expansión de Energía 2035 y los estudios del Plan Nacional de Energía 2055, elaborados por la EPE.

*Ingeniero Electricista de la Universidad de Brasilia; Maestría en Energía de la Universidad de São Paulo; Doctorado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Brasilia; fue Director del Departamento de Concesiones de Transmisión, Distribución e Interconexiones Internacionales del Ministerio de Minas y Energía (MME) de Brasil; Especialista en infraestructura eléctrica y transición energética; Presidente de la EPE desde 2023.

CARBÓN EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA: SEGURIDAD Y COMPETITIVIDAD INDUSTRIAL

POR: CARLOS CANTE. PRESIDENTE DE FENALCARBÓN*

La transición energética constituye uno de los mayores desafíos para Colombia durante las próximas décadas. Alcanzar una matriz energética más limpia es un objetivo compartido por los diferentes actores del sector.

Desde la perspectiva de la industria de los carbones, este proceso se debe desarrollar sobre principios de seguridad energética, sostenibilidad económica y rigor técnico, evitando decisiones que comprometan la confiabilidad del sistema eléctrico, la competitividad del aparato productivo nacional y las finanzas territoriales.

La discusión sobre la transición no se debe centrar en sustituir unas fuentes por otras, sino en construir un modelo energético diversificado donde cada recurso aporte de acuerdo con sus fortalezas y con las necesidades reales del país.

El carbón continúa desempeñando un papel estratégico como fuente de respaldo para el sistema eléctrico colombiano y como insumo competitivo para numerosos sectores industriales.

Carbón: respaldo frente al ‘Niño’

Uno de los principales desafíos que enfrenta actualmente el sistema energético colombiano es un nuevo fenómeno ‘El Niño’ que se vivirá intensamente durante los próximos meses en Colombia.

Este escenario, sumado a la estrechez en la oferta nacional de gas natural y a las presiones financieras que

enfrentan algunos agentes del mercado eléctrico, obliga a fortalecer las fuentes de generación que garanticen la continuidad del servicio y la estabilidad del Sistema Interconectado Nacional (SIN).



Desde la visión de Fenalcarbón, el país debe seguir preparándose con suficiente anticipación para afrontar este escenario, asegurando la disponibilidad de generación térmica respaldada por carbón, una fuente energética que ha demostrado ser confiable, continua y disponible cuando el sistema más la necesita.

Durante el fenómeno ‘El Niño’ de 2023-2024, la generación termoelectrica a partir de carbón desempeñó un papel determinante para mantener la confiabilidad del sistema eléctrico colombiano y evitar que el país se apagara. En los momentos de mayor exigencia llegó a aportar hasta el 18% de la generación diaria de energía, permitiendo compensar la disminución de la producción hidroeléctrica ocasionada por la reducción de los aportes hídricos.

Actualmente, Colombia dispone de aproximadamente 1.653 MW de capacidad instalada en plantas termoeléctricas que utilizan carbón, una infraestructura capaz de atender una demanda equivalente al consumo eléctrico de todo el departamento de Antioquia.

Durante la anterior coyuntura climática, estas centrales alcanzaron producciones cercanas a 37 GWh diarios, respaldadas por consumos de aproximadamente 18.000 toneladas de carbón por día, demostrando su capacidad de operar de manera continua cuando otras fuentes enfrentan restricciones.

Esta capacidad instalada constituye un activo estratégico para la seguridad energética nacional. En un sistema donde las energías renovables continúan ampliando su participación, la generación térmica con carbón aporta la firmeza necesaria para responder cuando disminuye la disponibilidad de recursos hídricos o cuando la generación eólica y solar presenta variabilidad por condiciones climáticas.

Competitividad industrial depende de la energía

Otro de los aspectos fundamentales está relacionado con el impacto que tienen los costos energéticos sobre la competitividad de la industria colombiana. El incremento en los precios internacionales del gas natural y la creciente necesidad de importar este energético han modificado sustancialmente la estructura de costos de numerosos sectores productivos.



Mientras el gas importado presenta una elevada volatilidad de precios, el carbón continúa siendo una fuente energética competitiva, disponible localmente y con costos considerablemente inferiores para diferentes procesos industriales.

Esta realidad ha llevado a que múltiples industrias nacionales, evalúen nuevamente el carbón como alternativa energética para preservar su competitividad frente a mercados internacionales cada vez más exigentes.

Sectores como el acero, el cemento, la cerámica y otras actividades manufactureras requieren condiciones energéticas estables y económicamente viables para mantener su capacidad de producción y enfrentar la competencia proveniente de economías que continúan utilizando carbón dentro de sus procesos industriales.





Desde esta perspectiva, Fenalcarbón considera que garantizar el acceso a recursos energéticos nacionales no solo fortalece la seguridad de abastecimiento, sino que también contribuye a preservar el empleo, la inversión y el desarrollo industrial del país.

Recurso estratégico para las regiones

La cadena productiva carbonífera constituye una importante fuente de empleo directo e indirecto, dinamiza la actividad de miles de proveedores locales y representa una significativa contribución a los ingresos fiscales territoriales mediante regalías e impuestos.

En departamentos como Boyacá, Cundinamarca, Norte de Santander, Santander y Córdoba, la pequeña y mediana minería desempeñan un papel determinante en la estabilidad económica y social de numerosas comunidades; mientras que en el Cesar y La Guajira, la minería de carbón de exportación soporta, además del empleo y las dinámicas económicas regionales, la inversión pública nacional al representar \$30 de cada \$100 pesos que se invierten en el Sistema General de Regalías.

Cualquier política pública relacionada con la transición energética debe considerar estos impactos territoriales y promover procesos de transformación que protejan el empleo, fortalezcan las economías regionales y faciliten una evolución gradual de las actividades productivas.

La transición energética no se debe entender como la sustitución inmediata de los combustibles fósiles, sino como un proceso de incorporación progresiva de nuevas tecnologías acompañado por el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos disponibles.

En esa visión, el carbón puede coexistir con fuentes renovables dentro de una matriz diversificada que fortalezca la confiabilidad del sistema, reduzca la dependencia de combustibles importados y preserve la competitividad de la economía nacional. Paralelamente, el gremio considera indispensable impulsar innovaciones tecnológicas que permitan un uso cada vez más eficiente y ambientalmente sostenible del recurso carbonífero.

Recomendaciones para la política energética

Como parte de su propuesta institucional, Fenalcarbón ha planteado la necesidad de construir una política energética sustentada en criterios técnicos, económicos y de seguridad de suministro. Entre los principales lineamientos que promueve el gremio se destacan:

- Reconocer el carbón como un activo estratégico para garantizar la confiabilidad del sistema eléctrico nacional.
- Fortalecer una matriz energética diversificada basada en la complementariedad entre fuentes convencionales y renovables.

“ El carbón puede coexistir con las energías renovables en una matriz diversificada que fortalezca la confiabilidad, la competitividad y la economía del país ”

- Preservar condiciones regulatorias que permitan la continuidad de la generación termoeléctrica y de la actividad minera responsable.
- Promover el aprovechamiento sostenible de los recursos energéticos nacionales como mecanismo para fortalecer la soberanía energética.
- Impulsar la innovación tecnológica orientada a mejorar la eficiencia y el desempeño ambiental de la cadena carbonífera.
- Incorporar criterios de competitividad industrial y desarrollo regional dentro de las decisiones relacionadas con la transición energética.

Transición con equilibrio y visión de largo plazo

La discusión energética del país debe superar los enfoques excluyentes y orientarse hacia un modelo que combine sostenibilidad ambiental, seguridad de suministro y desarrollo económico.

La experiencia reciente demuestra que la confiabilidad del sistema eléctrico colombiano depende de contar con una matriz energética diversificada y resiliente, capaz de responder a fenómenos climáticos extremos, variaciones en los mercados internacionales y cambios en la demanda de energía.

“ La transición energética debe construir un modelo diversificado, donde cada fuente aporte según sus fortalezas y las necesidades del país ”



En ese contexto, el carbón continúa siendo, según la visión del gremio, un recurso estratégico cuya adecuada integración dentro de la política energética puede contribuir a garantizar un suministro suficiente, confiable y competitivo para acompañar el crecimiento económico y la transformación energética de Colombia.

Más que plantear una competencia entre tecnologías o fuentes de generación, el desafío consiste en aprovechar de manera equilibrada las ventajas de cada recurso disponible.

Una transición energética efectiva requiere decisiones basadas en criterios técnicos, económicos y ambientales, que permitan fortalecer la resiliencia del sistema, garantizar el acceso a la energía y mantener la competitividad del país en un entorno de crecientes exigencias.

La construcción de una política energética de largo plazo debe promover una matriz diversificada en la que las energías renovables y los recursos convencionales puedan complementarse de forma responsable. ▲

*Economista especializado en finanzas de la Universidad del Rosario con Maestría en Gobierno y Asuntos Públicos. Fue Viceministro de Minas. Ha sido consultor internacional de organismos como la IFC del Banco Mundial y el Foro Intergubernamental de Minería (IGF). Actualmente se desempeña como Presidente Ejecutivo de la Federación Colombiana del Carbón (Fenalcarbón).

INFRAESTRUCTURA EMERGENTE: NUEVA COMPRENSIÓN DESDE LA ILUMINACIÓN URBANA

POR: ARMANDO GUTIÉRREZ CASTRO*

“Hay dos maneras de difundir la luz. Ser la lámpara que la emite, o el espejo que la refleja” Lin Yutang.

Hay momentos en los que la realidad avanza más rápido que el lenguaje. Durante un tiempo seguimos utilizando las mismas palabras y conceptos convencidos de que describen el mundo, hasta que descubrimos que aquello que nombrábamos ha comenzado a transformarse silenciosamente. Quizá eso esté ocurriendo hoy con nuestras ciudades, con el alumbrado público y, en un sentido más amplio, con la iluminación urbana.

Es como contemplar los cerros orientales de Bogotá envueltos en la niebla. Las montañas siempre han estado allí; lo que cambia es nuestra capacidad para verlas. Cuando la niebla se disipa no aparece una nueva montaña, sino una nueva comprensión. De la misma manera, las ciudades contemporáneas empiezan a revelar formas de organización que durante años permanecieron ocultas bajo categorías heredadas de otra época.

Evolución de las infraestructuras

La infraestructura es uno de esos conceptos cuya realidad está cambiando profundamente. Durante décadas la entendimos como el conjunto de obras físicas destinadas a prestar un servicio: una vía para transportar, una red para distribuir energía, una planta para producir o una luminaria para iluminar. Esa visión permitió construir el desarrollo urbano moderno y continúa siendo indispensable, pero ya no basta para explicar la complejidad de las ciudades.



Hoy las infraestructuras dejaron de funcionar como sistemas aislados. Intercambian información, comparten energía, responden a variables ambientales, se integran con plataformas digitales y generan capacidades que ninguna podría desarrollar por separado. Lo verdaderamente novedoso no es únicamente la incorporación de tecnología, sino la aparición de nuevas propiedades derivadas de la interacción entre múltiples sistemas.

La inteligencia de un organismo reside en la interacción de todos sus órganos; algo semejante comienza a suceder en las ciudades. Las capacidades urbanas más valiosas dependen cada vez menos de una infraestructura aislada y cada vez más de la calidad de las relaciones que establece con las demás.

Desde esta perspectiva propongo el concepto de infraestructura emergente: aquella cuya capacidad ya no se explica únicamente por sus componentes físicos, sino por las propiedades que surgen de su interacción dinámica con sistemas energéticos, digitales, ambientales, institucionales y sociales. No se trata simplemente de una nueva clasificación técnica, sino de una forma distinta de comprender la infraestructura y, con ella, la ciudad.

La iluminación urbana constituye uno de los mejores escenarios para observar esta transformación. Tradicionalmente fue concebida para garantizar visibilidad y seguridad durante la noche. Esa función continúa siendo esencial, pero las tecnologías actuales han ampliado extraordinariamente sus posibilidades.

Así, la iluminación deja de ser únicamente un sistema de alumbrado para convertirse en una plataforma de interacción urbana. Este fenómeno también se observa en las redes eléctricas inteligentes, las microrredes, la gestión del agua, la movilidad y las edificaciones inteligentes. Sin embargo, la iluminación ofrece un ejemplo especialmente visible de una transformación que probablemente alcanzará al conjunto de la infraestructura urbana.

La consecuencia más importante de este proceso no es tecnológica, sino cultural. Si las infraestructuras interactúan entre sí, también deben hacerlo quienes las diseñan, regulan, operan y utilizan.

El Ingeniero necesita dialogar con el urbanista; el abogado con el especialista en datos; el gestor energético con el ambientalista; las empresas con las universidades; los gobiernos con los ciudadanos. La inteligencia de la ciudad ya no puede residir exclusivamente en cada disciplina, porque las soluciones nacen precisamente de su capacidad para cooperar.

La infraestructura emergente representa una nueva etapa de esa evolución. Su principal contribución ya no consiste únicamente en transportar agua, energía o información, sino en articular inteligentemente esos flujos para generar capacidades antes inexistentes.



Ciudades, energía, infraestructura

Existe, además, una dimensión transversal que conecta todas estas transformaciones: la energía. La historia de las ciudades puede entenderse como la historia de su capacidad para captar, transformar, distribuir y utilizar energía de formas cada vez más eficientes. Ninguna infraestructura escapa a esa condición. La energía sostiene el funcionamiento urbano y alimenta las relaciones que mantienen viva la ciudad.

Pero la energía, por sí sola, no basta. La información permite comprender; la cooperación integra capacidades; y el propósito orienta todos esos recursos hacia el bienestar colectivo.

Cuando estos elementos convergen, la ciudad comienza a desarrollar una cualidad nueva: aprende. Una ciudad inteligente no es simplemente una ciudad con abundante tecnología, sino una ciudad capaz de observarse, comprenderse, adaptarse y evolucionar mediante la interacción de sus infraestructuras.

Quizá por ello el gran desafío del siglo XXI no consista en construir más infraestructura, sino en conectarla inteligentemente, gobernarla de manera colaborativa y orientarla hacia objetivos comunes.

Esta transformación también exige revisar la forma como medimos el desarrollo urbano. Durante décadas hemos privilegiado indicadores como kilómetros construidos, cobertura, capacidad instalada, número de luminarias o volumen de inversión.



La infraestructura emergente no reemplaza la infraestructura tradicional. La integra y la trasciende. Conserva el valor de las obras físicas, pero las incorpora a una visión más amplia en la que energía, información, cooperación e inteligencia colectiva se convierten en componentes inseparables del desarrollo territorial.

Tal vez dentro de algunos años hablar de infraestructura emergente resulte tan natural como hoy hablar de sostenibilidad, resiliencia o transición energética. Toda transformación profunda comienza como una intuición, encuentra luego un nombre y termina incorporándose al lenguaje con el que una sociedad interpreta su tiempo.

Quizá la verdadera luz que proyectan no sea solamente la que ilumina nuestras calles, sino la que nos permite comprender las relaciones que harán posible la ciudad del futuro.

Oportunidades para la Ingeniería colombiana

La transformación del alumbrado público representa uno de los procesos de modernización urbana más importantes que enfrenta Colombia. Impulsada por el nuevo Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), la transición energética, la digitalización y el desarrollo de ciudades inteligentes, esta evolución trasciende el reemplazo de luminarias convencionales por tecnología LED.

Hoy el alumbrado público se perfila como una infraestructura emergente, capaz de integrar energía, información, conectividad y servicios urbanos, generando nuevas oportunidades para la ingeniería, la industria nacional, la innovación y el desarrollo territorial.

En este contexto, la Ingeniería colombiana está llamada a liderar una agenda estratégica que permita aprovechar el potencial de esta transformación.

1. Modernización tecnológica del alumbrado público. La migración hacia sistemas LED constituye uno de los mayores programas de renovación de infraestructura urbana del país. Aunque varias ciudades capitales han avanzado significativamente en este proceso, cientos de municipios aún operan con tecnologías convencionales, lo que representa una amplia oportunidad para la Ingeniería nacional.
2. Infraestructura inteligente para ciudades conectadas. La red de alumbrado público posee características únicas: cobertura territorial, suministro permanente de energía y presencia en el espacio público. Estas condiciones la convierten en una plataforma ideal para incorporar sensores, telecomunicaciones, Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial y sistemas de telegestión.
3. Gestión energética y transición energética. El alumbrado público evoluciona de consumidor pasivo de energía a un componente activo del sistema energético. La incorporación de generación fotovoltaica, almacenamiento, microne redes, gestión inteligente de la demanda y comunidades energéticas abre un nuevo escenario para la ingeniería, donde convergen aspectos técnicos, regulatorios, ambientales y financieros.
4. Transformación digital de los operadores. La evolución tecnológica también exige modernizar la gestión de las entidades responsables del servicio. Empresas públicas, concesionarios y operadores deberán adoptar modelos basados en datos, automatización e inteligencia artificial para administrar infraestructuras cada vez más complejas.



5. Ciberseguridad e infraestructura crítica. La digitalización convierte al alumbrado público en una infraestructura crítica cuya operación depende de redes de comunicación, plataformas digitales y dispositivos inteligentes, lo cual exige incorporar criterios de ciberseguridad desde el diseño de los proyectos, garantizando la protección de los sistemas, la continuidad operativa y la gestión integral de los riesgos tecnológicos.

La formación de especialistas en seguridad digital, arquitectura de redes y protección de datos será un componente indispensable para la confiabilidad de estas infraestructuras.

6. Nuevos modelos de supervisión e interventoría. La infraestructura emergente también transforma la manera de ejercer la interventoría. Ya no será suficiente verificar especificaciones técnicas o cantidades de obra; será necesario evaluar desempeño energético, interoperabilidad, plataformas digitales, ciberseguridad, gestión de datos y cumplimiento regulatorio durante todo el ciclo de vida de los proyectos.

7. Formación de una nueva generación de Ingenieros. El mayor desafío será el talento humano. La infraestructura emergente demanda profesionales con visión interdisciplinaria, capaces de integrar conocimientos en ingeniería eléctrica, electrónica, telecomunicaciones, software, inteligencia artificial, ciberseguridad, regulación, sostenibilidad y estructuración financiera.

Para lograrlo será fundamental fortalecer la cooperación entre universidades, empresas, Estado y centros de investigación, promoviendo la innovación aplicada y el desarrollo de capacidades nacionales.

La Ingeniería colombiana tiene la responsabilidad de liderar esta transformación, promoviendo soluciones innovadoras, fortaleciendo la industria nacional y contribuyendo a la construcción de ciudades más inteligentes, resilientes y eficientes. Convertir el alumbrado público en una infraestructura emergente será, al mismo tiempo, una oportunidad para impulsar la transición energética y posicionar a la ingeniería como protagonista del desarrollo territorial del país. ▲▲

* Abogado; especialista en Derecho Público, Administrativo y Minero Energético; Director de Pravne Consulting Group; actualmente se desempeña como Director Ejecutivo de la Asociación Nacional de Ciudades Inteligentes e Iluminación (ANAP).

COLOMBIA, EPICENTRO DE LAS DECISIONES QUE CONECTARÁN EL FUTURO DE LAS AMÉRICAS Y DEL MUNDO

POR: SERGIO SOTOMAYOR RODRÍGUEZ. DIRECTOR GENERAL. AGENCIA NACIONAL DEL ESPECTRO (ANE)

Hay noticias que trascienden lo institucional y se convierten en motivo de orgullo para todo un país. Colombia fue elegida como sede de la próxima reunión del Comité Consultivo Permanente II (CCP.II) de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

Del 30 de noviembre al 4 de diciembre de 2026, en el Centro Felicidad Chapinero (CEFE) en Bogotá, los principales expertos en temas técnicos, económicos y jurídicos sobre telecomunicaciones inalámbricas de los diferentes reguladores del sector TIC de las Américas, representantes de los gobiernos, organismos internacionales como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)¹, empresas de base tecnológica líderes en el desarrollo de las últimas tendencias e innovaciones del sector TIC, y la academia como aliado en los procesos científicos e investigativos, todos ellos reunidos para construir y concertar la posición de las Américas frente a los grandes desafíos de las radiocomunicaciones y la evolución de las tecnologías en la región.

Este encuentro cobra una relevancia aún mayor porque hace parte de la preparación regional de todos los países de América hacia la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-27)² de la UIT que se

realizará en China a finales de 2027, el espacio donde cerca de 194 países, incluido Colombia, tomarán decisiones que definirán el uso eficiente del espectro radioeléctrico y el desarrollo de las radiocomunicaciones a nivel global durante los próximos años.



En estas conferencias, que se celebran cada tres o cuatro años se revisa y actualiza el Reglamento de Radiocomunicaciones³, tratado internacional que rige el uso del espectro radioeléctrico y las órbitas de los satélites geoestacionarios y no geoestacionarios.

Entre los temas más relevantes se encuentra la definición de las bandas de frecuencias para las futuras redes móviles de sexta generación (6G), así como el desarrollo de las comunicaciones satelitales directas a dispositivos móviles (Direct-to-Device), tecnologías llamadas a transformar la conectividad mundial.

1. La Unión Internacional de Telecomunicaciones es organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías digitales (TIC), integrada por 194 Estados Miembros y más de 1000 empresas, universidades y organizaciones internacionales y regionales.

2. <https://www.itu.int/wrc-27/>

3. <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR/es>

Sobre estas comunicaciones satelitales directas a los dispositivos móviles conocidas como 'Direct-to-Device – D2D' (punto 1.13 de la agenda), se discutirán y concertarán las disposiciones técnicas y regulatorias para su desarrollo lo cual representa una evolución en las comunicaciones al permitir que dispositivos como teléfonos celulares se conecten directamente a las constelaciones de satélites en órbita, sin necesidad de infraestructura terrestre intermedia y en las mismas bandas de frecuencias de operación de las redes de los operadores móviles tradicionales.

Esto abre una oportunidad sin precedentes para llevar conectividad a zonas rurales, apartadas o de difícil acceso en el mundo, para cerrar definitivamente la brecha digital de cobertura en estas regiones en beneficio de la población pobre y vulnerable⁴.

Otros de los puntos de la CMR-27 que se tratarán son: análisis de nuevas bandas de frecuencias para la operación de estaciones terrenas satelitales a bordo de aviones y barcos (punto 1.1), estudios de nuevas atribuciones al servicio móvil por satélite para el desarrollo de sistemas satelitales de baja velocidad de datos útil para el Internet de las Cosas (IoT) con cobertura mundial (punto 1.12), acciones reglamentarias para modernizar el servicio móvil aeronáutico (punto 1.9), estudios de frecuencias para el servicio de investigación espacial que permitan el futuro desarrollo de las comunicaciones móviles en la superficie y órbita lunar (punto 1.15), entre otros puntos de alto impacto a nivel mundial⁵.

Como parte de la preparación de las Administraciones y toda la industria, en el seno de la UIT y las Entidades regionales como la CITEL, se están realizando los estudios técnicos para analizar los diferentes escenarios de potenciales interferencias que se puedan llegar a



El Centro Felicidad Chapinero (CEFE) de Bogotá, será sede de la reunión del CCP.II de la CITEL de la Organización de los Estados Americanos (OEA).

presentar, buscando la protección de los asignatarios de las redes incumbentes y que permita el desarrollo de las nuevas tecnologías para cada uno de los puntos de la agenda de la CMR-27.

Ser anfitriones de la próxima reunión del CCP.II de CITEL para la preparación de los países de las Américas a la CMR-27 y el desarrollo de las radiocomunicaciones representa un reconocimiento al liderazgo técnico que Colombia ha consolidado en la región.

Durante los últimos años, nuestro país ha fortalecido su participación en los escenarios internacionales, promoviendo una gestión del espectro basada en la innovación, la cooperación y la construcción de consensos basada en evidencia técnica. Hoy, ese trabajo nos permite asumir un papel protagónico en las discusiones que marcarán el futuro de las comunicaciones en las Américas y el mundo entero.

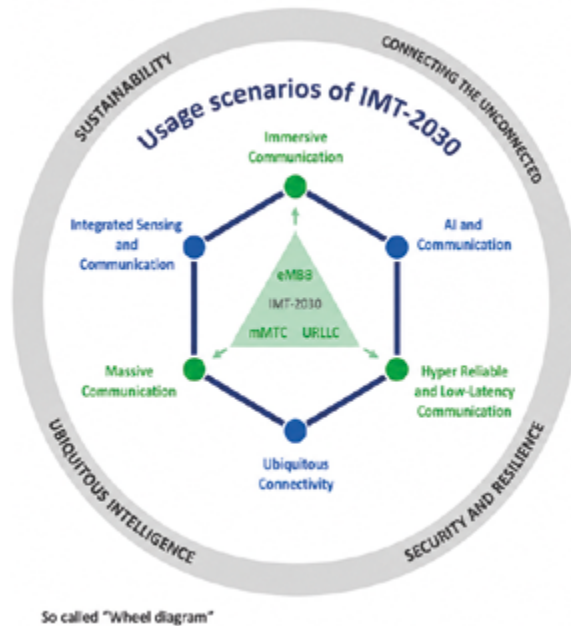
Esto se ve reflejado en los roles de alto nivel dentro del CCP.II en CITEL que Colombia actualmente desempeña, por intermedio de funcionarios de la Agencia Nacional del Espectro - ANE: 1) presidente del grupo

4. Resolution 253 WRC-23 "Studies on possible new allocations to the mobile-satellite service for direct connectivity between space stations and International Mobile Telecommunications (IMT) user equipment to complement terrestrial IMT network coverage"

https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/oth/0c/0a/R0C0A0000110013PDFE.pdf

<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg4/rwp4c/Pages/default.aspx>

5 <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rcpm/Pages/wrc-27-studies.aspx>



6 Usage scenarios

Extension from IMT-2020 (5G)

- eMBB → Immersive Communication
- mMTC → Massive Communication
- URLLC → HRLLC (Hyper Reliable & Low-Latency Communication)

New

- Ubiquitous Connectivity
- AI and Communication
- Integrated Sensing and Communication

4 Overarching aspects:

act as design principles commonly applicable to all usage scenarios

Sustainability, Connecting the unconnected, Ubiquitous intelligence, Security/resilience

Escenarios de las comunicaciones móviles internacionales 6G - Fuente: UIT⁶

de trabajo de preparación de las Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones CMR (GT-3.1), 2) presidente del Grupo de Trabajo de gestión del espectro (GT-3.3), y 3) vice-coordinador del subgrupo de trabajo SGT-3 sobre servicios móviles satelitales del grupo de preparación de CMR.

La participación de Colombia en el CCP.II es estratégica, pues le permite influir en la definición de lineamientos regionales, fortalecer sus capacidades técnicas y posicionar sus prioridades nacionales en escenarios internacionales de toma de decisiones.



Para la Agencia Nacional del Espectro (ANE), esta designación constituye un reconocimiento al talento, la capacidad técnica y el compromiso de quienes hacen parte de la entidad. Gracias al trabajo riguroso de nuestros equipos, hoy somos un referente regional en la formulación de propuestas, el desarrollo de estudios especializados y la construcción de conocimiento técnico que aporta a las decisiones internacionales sobre el uso del espectro radioeléctrico.

Ejemplos del trabajo y capacidades de la ANE son las contribuciones presentadas ante todos los países de América en la reunión previa del CCP.II realizada en Dominica en abril de 2026, entre las que se encuentran dos estudios y pruebas técnicas de convivencia en el marco de los puntos 1.7 y 1.13 de la agenda de la CMR-27 que evaluaron la operación de las redes IMT de próxima generación 6G en la banda de 4 GHz en coexistencia con enlaces punto a punto de backhaul, al igual que la verificación de los escenarios de interferencia de la tecnología Direct-to Device (D2D) en bandas IMT.

6. <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Pages/default.aspx>



Estos estudios investigativos realizados en cooperación con la Universidad ICESI y Universidad de Antioquia hacen parte de los análisis realizados por los diferentes reguladores que permitirán soportar las decisiones y concesos que se necesitan para consolidar las posiciones de todos los países de América como preparación para la próxima conferencia de radiocomunicaciones.⁷

Ser sede del CCP.II significa abrir las puertas de Colombia al conocimiento, al intercambio de experiencias y a la construcción conjunta de soluciones que permitan responder a los retos de un ecosistema digital en constante evolución y le permitirá liderar al país las discusiones y mesas de trabajo para lograr concesos y propuestas interamericanas (IAPs), con lo cual se podrán defender los intereses de todos los países de América en China, durante la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2027.

Además del impacto institucional, este evento posicionará a Bogotá como un escenario estratégico para la discusión de temas relacionados con las radiocomunicaciones, la conectividad, las nuevas tecnologías y el aprovechamiento eficiente del espectro, reafirmando el compromiso de Colombia con el desarrollo digital de la región.

Este logro nos inspira a seguir trabajando con el mismo compromiso y rigor técnico que ha caracterizado a la ANE. Cada estudio, cada análisis y cada aporte realizado por nuestros equipos contribuye a que Colombia sea hoy un actor relevante en la construcción de las decisiones que transformarán las telecomunicaciones del futuro.

Ser sede del CCP.II también representa una oportunidad para proyectar al país como un actor confiable en la gobernanza internacional de las telecomunicaciones, fortalecer la cooperación con otros reguladores y promover la inversión, la innovación y el intercambio de conocimiento en un sector estratégico para el desarrollo económico y social.

Hoy Colombia no solo recibe a las Américas; también asume la responsabilidad de liderar conversaciones que impactarán el futuro de las telecomunicaciones a nivel mundial.

Desde la ANE seguiremos aportando conocimiento, innovación y liderazgo técnico para que el espectro continúe siendo un motor de desarrollo, conectividad y bienestar para todos los habitantes de nuestro país. Ese es nuestro compromiso y también nuestra mayor motivación. ▲

⁷ <https://www.ane.gov.co/SitePages/det-noticias.aspx?p=776>

LEY DE ELECTRÓNICA Y SEMICONDUCTORES: APUESTA POR EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE COLOMBIA

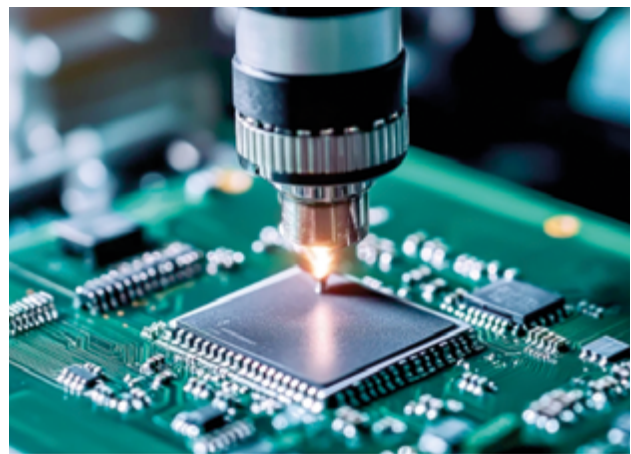
POR: LORENA GARCÍA*

Durante los últimos años, la conversación sobre desarrollo tecnológico en Colombia se ha concentrado en la transformación digital, el software, la conectividad y la inteligencia artificial.

Sin embargo, detrás de cada plataforma digital, sistema automatizado o solución de inteligencia artificial existe una infraestructura física: sensores, tarjetas de circuito impreso, sistemas embebidos, equipos de comunicación, dispositivos de potencia y circuitos integrados.

La electrónica es una tecnología habilitadora para la salud, agroindustria; energía, movilidad; tecnologías de la información y las comunicaciones, automatización industrial, seguridad, defensa e industria aeroespacial, entre otros sectores. Es innegable que la capacidad de diseñar, integrar, fabricar, probar y mantener sistemas electrónicos incide directamente en la productividad, la innovación y la autonomía tecnológica de un país.

Por ello, la aprobación en el Congreso del Proyecto de Ley 047 de 2024 de Senado y 338 de 2025 de la Cámara de Representantes constituye un hito para el ecosistema colombiano. La iniciativa tuvo como principal autor al entonces senador David Luna, impulsada por la Red Colombiana de Electrónica y Semiconductores, y contó, en el Senado, con el liderazgo de Ana María Castañeda como coordinadora ponente y de Guido Echeverri como ponente.



En la Cámara de Representantes, la ponencia estuvo a cargo del representante Hernando González. Durante todo el trámite, la Red contribuyó a incorporar la perspectiva de empresas, profesionales, universidades y otros actores del ecosistema.

Tras superar los debates reglamentarios y la conciliación de los textos aprobados por ambas cámaras, el proyecto está a la espera de sanción presidencial. Su importancia trasciende la culminación del trámite legislativo: abre un marco específico para reconocer, fortalecer y proyectar esta industria en Colombia.

Un reconocimiento que cambia la conversación

Uno de los mayores aportes del proyecto es reconocer a la industria electrónica y de semiconductores como un sector estratégico para la soberanía tecnológica, el crecimiento económico y la reindustrialización.

Esto permitirá que sea considerado de forma explícita en políticas, programas de financiación, estrategias de formación, instrumentos empresariales y acciones de internacionalización.

Colombia ya cuenta con empresas que diseñan y fabrican productos electrónicos, universidades con grupos de investigación y laboratorios, emprendimientos de base tecnológica y profesionales con experiencia nacional e internacional. No obstante, estas capacidades permanecen dispersas, son poco visibles y no siempre se reconocen como parte de una misma industria.

El texto aprobado plantea la elaboración de una hoja de ruta con un diagnóstico integral, la identificación de capacidades productivas y brechas de talento, la evaluación de oportunidades de mercado, la selección de encadenamientos con potencial y un sistema de seguimiento.

La aprobación, sin embargo, no activa automáticamente estos instrumentos. Será necesario definir procedimientos, responsables, criterios de acceso, mecanismos de coordinación y fuentes de financiación. El verdadero impacto dependerá de la implementación.

Conocer el ecosistema y elegir dónde competir

El primer reto será construir una visión realista y sustentada en información. Colombia todavía no dispone de una caracterización completa y actualizada del sector. No se conoce con suficiente precisión cuántas empresas participan; qué productos ofrecen; qué capacidades de diseño y manufactura poseen; cuáles son sus mercados; cuántos empleos generan o qué brechas enfrentan, entre otros aspectos clave.

Sin una línea base, será difícil fijar prioridades, distribuir recursos y medir resultados. El diagnóstico previsto debe convertirse en una herramienta para la toma de decisiones y construirse con participación de empresas, universidades, centros de investigación, asociaciones profesionales, regiones y organizaciones del ecosistema.



Este ejercicio también deberá responder una pregunta fundamental: ¿En qué segmentos de la cadena de valor puede competir Colombia?

La conversación sobre semiconductores suele reducirse a la construcción de grandes plantas de fabricación de chips. Pero la cadena incluye investigación, diseño de circuitos integrados, propiedad intelectual, herramientas de diseño electrónico, fabricación, encapsulado, ensamblaje, pruebas, tarjetas de circuito impreso, sistemas embebidos, firmware, integración y certificación.

Colombia no tiene que participar en todos estos eslabones. Debe identificar aquellos en los que ya cuenta con capacidades o puede desarrollar ventajas razonables. El diseño electrónico, los sistemas embebidos, las empresas fabless, la manufactura e integración de tarjetas, las pruebas y certificaciones y la electrónica aplicada son algunos campos que deben evaluarse.

Del prototipo al producto

Otro gran desafío es convertir ideas y prototipos funcionales en productos competitivos. El hardware exige componentes físicos, fabricación, inventarios, equipos especializados, iteraciones de diseño, ensayos y certificaciones. Todo ello requiere más capital y tiempos de desarrollo mayores antes de lograr la primera venta.

En universidades y emprendimientos colombianos existen numerosos proyectos viables técnicamente, pero pocos avanzan hasta la manufactura, la certificación y el mercado.



El problema tiene menos que ver con la capacidad para innovar que con la falta de instrumentos que acompañen el ciclo completo.

El texto aprobado contempla convocatorias para diseño, prototipado, pruebas, certificación y alistamiento para el mercado, así como el fortalecimiento de laboratorios de pruebas y precertificación. Es un enfoque acertado: el desarrollo no termina cuando un prototipo funciona, sino cuando puede fabricarse de forma repetible, cumple las normas y encuentra clientes.

Para lograrlo se necesitan mecanismos de financiación adaptados al hardware, acceso compartido a laboratorios y herramientas de diseño, adopción de estándares internacionales y apoyo para fabricar pequeñas series. La contratación pública también puede servir como primer mercado para soluciones colombianas, siempre que se mantengan criterios exigentes de calidad, desempeño y costo.

Talento conectado con la industria

La formación constituye otro de los ejes centrales del proyecto. Se contemplan programas de entrenamiento avanzado, becas o créditos para distintos niveles educativos, acceso a herramientas de automatización del diseño electrónico y mecanismos de vinculación con empresas.

El reto será evitar que el cumplimiento se mida solamente por el número de cursos o de personas matriculadas. La industria necesita competencias prácticas en diseño de circuitos y tarjetas, sistemas embebidos, firmware, diseño analógico y digital, verificación, manufactura, pruebas, empaquetado, confiabilidad, calidad y estándares.

Una estrategia de talento debe integrar técnicos, tecnólogos, Ingenieros, investigadores y docentes, así como ofrecer actualización a quienes ya están en el mercado laboral. La relación con las empresas debe comenzar durante la formación mediante pasantías, proyectos aplicados, retos empresariales, mentorías y acceso a herramientas profesionales.

La participación de mujeres también debe acompañarse con acciones de permanencia, mentoría y desarrollo profesional. El indicador relevante no será cuántas personas reciben capacitación, sino cuántas adquieren competencias verificables y se vinculan a empresas, proyectos o emprendimientos.

Promoción internacional y atracción de inversión

La promoción internacional y la atracción de inversión constituyen uno de los ejes estratégicos del proyecto, orientado a posicionar a Colombia como un destino relevante dentro de las cadenas globales de valor de la industria electrónica y de semiconductores.

El enfoque propuesto incluye la identificación de mercados prioritarios, la promoción de capacidades nacionales en diseño, manufactura e integración electrónica, y la articulación con agencias de promoción de inversión y comercio exterior.

El proyecto contempla el desarrollo de acciones de diplomacia económica y tecnológica, orientadas a conectar empresas colombianas con compradores, aliados estratégicos e inversionistas internacionales. Así mismo, promueve la realización de misiones comerciales, ruedas de negocio y espacios de matchmaking que faciliten la vinculación entre oferta nacional y demanda global.



En materia de atracción de inversión, se busca fortalecer la capacidad del país para recibir proyectos productivos en segmentos de mayor valor agregado, incluyendo diseño electrónico, sistemas embebidos, manufactura de tarjetas, pruebas y servicios especializados. Para ello, se plantea la necesidad de contar con mecanismos de acompañamiento a inversionistas, facilitación de trámites y esquemas de softlanding que reduzcan barreras de entrada.

Los resultados de esta política deben medirse por su impacto real en la economía: generación de empleo especializado, aumento de exportaciones de productos y servicios electrónicos, fortalecimiento del tejido empresarial local y mayor integración de Colombia en la industria global de tecnología.

Hoja de ruta para el país

La implementación debería concentrarse inicialmente en seis prioridades: construir una línea base nacional; elaborar una hoja de ruta concertada; definir nichos estratégicos; crear un programa integral que acompañe los productos desde el diseño hasta el mercado; implementar una estrategia de talento conectada con las empresas; y fortalecer laboratorios, herramientas de diseño, pruebas y precertificación. Estas acciones no son responsabilidad exclusiva del Gobierno Nacional.

Las empresas deben invertir, abrir oportunidades para el talento y adoptar estándares. Las universidades deben actualizar su formación, fortalecer la investigación aplicada y compartir infraestructura.

Los gremios profesionales y empresariales y las organizaciones del ecosistema deben aportar información, representación técnica, articulación y seguimiento.

Un punto de partida

La culminación del trámite legislativo establece por primera vez un horizonte común para la industria electrónica y de semiconductores en Colombia.

Colombia no parte de cero. Cuenta con empresas que desarrollan productos y servicios especializados, universidades y centros de investigación, profesionales con experiencia nacional e internacional y una nueva generación de emprendimientos tecnológicos. La oportunidad consiste en conectar estas capacidades, darles mayor visibilidad y crear condiciones para que puedan crecer, colaborar y acceder a mercados más amplios.

La aprobación del proyecto en el Congreso marca, así, el comienzo de una nueva etapa. Colombia tiene ante sí la oportunidad de pasar de consumir e integrar tecnologías desarrolladas en otros lugares a participar con mayor protagonismo en su diseño, producción y adaptación. El alcance de esta apuesta dependerá de la ambición, la articulación y la continuidad con las que el país decida construir su futuro tecnológico.

La Ingeniería nacional y ACIEM, en calidad de Cuerpo Técnico Consultivo, están llamadas a ser protagonistas en la construcción de este nuevo capítulo del desarrollo tecnológico nacional de la electrónica y los semiconductores que identifique nuevas oportunidades para los Ingenieros y la industria nacional. ▲

*Ingeniera Electrónica de la Universidad del Norte de Barranquilla; Magíster en Ingeniería Electrónica y Computadores de la Universidad de Los Andes; Fundadora de la Red Colombiana de Electrónica y Semiconductores y Alianza E; integrante de las Juntas Directivas de IEEE Foundation e IEEE Educational Activities; Secretaria Ejecutiva del Consejo Profesional Nacional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines, Seccional Cundinamarca.

¿CÓMO FORTALECER LA CALIDAD DE LA POTENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA?

POR: COMISIÓN DE REGLAMENTOS TÉCNICOS DE CONSTRUCCIÓN-ACIEM



Aspectos del panel del foro de Calidad de Potencia que organizó la Comisión de Reglamentos Técnicos de Construcción de ACIEM, liderado por el Ingeniero Jairo Flechas, en la cual se debatió con representantes de gobierno, academia, gremios y organismos de normalización los retos de actualización en esta materia

La transformación tecnológica del sistema eléctrico colombiano está planteando un desafío que trasciende la continuidad del servicio: asegurar la calidad de la potencia eléctrica. La masificación de la generación distribuida, la industria 4.0, la movilidad eléctrica y el uso creciente de equipos electrónicos de potencia hacen indispensable actualizar el marco normativo para responder a las nuevas exigencias de desempeño de las redes eléctricas y de los usuarios.

Durante décadas, la regulación del servicio de energía eléctrica en Colombia ha centrado sus esfuerzos en garantizar la continuidad y confiabilidad del suministro, mediante indicadores relacionados con la duración y frecuencia de las interrupciones del servicio.

Estos parámetros han sido fundamentales para mejorar la prestación del servicio; sin embargo, hoy resultan insuficientes frente a la evolución tecnológica del sector.

En consecuencia, ya no basta con garantizar que la energía llegue al usuario; también es indispensable asegurar que llegue con los niveles de calidad requeridos para el correcto funcionamiento de los equipos y procesos productivos.

En este nuevo escenario, la calidad de la potencia eléctrica adquiere una importancia estratégica, ya que una energía de baja calidad puede afectar el desempeño de procesos industriales, disminuir la vida útil de los equipos, provocar pérdidas económicas e incluso comprometer la seguridad de las instalaciones.

A través del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec), se viene trabajando en la conformación de un grupo de estándares que abarquen, además de la calidad de la potencia, conceptos fundamentales, descripción de entornos, niveles de desempeño, técnicas de medición, instalación y guía de mitigación, entre otros.

Antecedentes normativos

En el año 2008, el Icontec publicó la norma NTC 5001: Calidad de la potencia eléctrica. límites y metodología de evaluación en punto de conexión común. El estándar que aplica a un punto genérico de las instalaciones aún no se ha incorporado en la regulación colombiana y en 2025 el Comité Técnico CTN 129 abordó la tarea de actualizar el marco normativo al respecto.

Después de 18 años, el país se ve abocado a la inclusión tecnologías en generación dispersa y mayor cantidad de equipos electrónicos, que requieren evaluaciones más allá del punto de acople común, para lograr desempeño apropiado de los procesos productivos.

Dicha tarea se inició por la indagación acerca del nivel de normalización en Latinoamérica, por la similitud no solo social, económica, sino en infraestructura eléctrica. La conclusión fundamental es que las fuentes normativas disponibles en el planeta corresponden a los organismos de normalización IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) e IEC (International Electrotechnical Commission), siendo la IEC las más utilizada en Latinoamérica.

Adicionalmente, Colombia por ser miembro de la Organización Mundial del Comercio (OMC), debe cumplir con el acuerdo sobre obstáculos técnicos al comercio (OTC), que requieren el cumplimiento de normas IEC, en particular en los Reglamentos Técnicos. Por lo tanto, desde el Comité Técnico del Icontec CTN 129, se siguió el marco normativo de la IEC, que tiene el mayor nivel de jerarquía internacional y que mejor aborda los temas desempeño bajo la estructura de la compatibilidad electromagnética, que incluye el concepto de calidad de la potencia.



Objetivos de la estandarización

La actualización normativa no pretende únicamente revisar los límites de calidad de la energía, sino desarrollar un conjunto de normas técnicas que permita evaluar el comportamiento del sistema eléctrico en todas sus etapas: generación, transmisión, distribución y consumo.

Con el propósito de lograr una estandarización que va más allá de la calidad de la potencia, se propone su actualización con los siguientes propósitos:

- a) Incluir la evaluación de la calidad de la potencia en diferentes puntos de la red más allá del punto de acople común.

“Ya no basta con garantizar el suministro de energía; también se debe asegurar su calidad para el correcto funcionamiento de equipos y procesos y la seguridad de los usuarios”



- b) Incluir el espectro de perturbaciones electromagnéticas que se deben considerar en el análisis de desempeño de los sistemas eléctricos desde la generación, transmisión, distribución y uso final.
- c) Incluir la compatibilidad electromagnética como esta descrita en la serie IEC 61000, que trata las perturbaciones conducidas y radiadas en baja y alta frecuencia.
- d) Facilitar la disponibilidad de normas técnicas en idioma español para el uso en Colombia.
- e) Disponer por parte de la legislación de normas de carácter internacional para ser incluidas en la regulación.

Calidad de potencia, estratégica para la competitividad

La calidad de la potencia dejó de ser un asunto exclusivamente técnico para convertirse en un factor determinante de productividad y competitividad.

En sectores como la manufactura avanzada, la minería, el petróleo, las telecomunicaciones, la salud, los centros de datos y la infraestructura crítica, pequeñas perturbaciones eléctricas pueden generar interrupciones de procesos, pérdidas de información, daños en equipos altamente sensibles e importantes impactos económicos.

Por ello, disponer de estándares actualizados permitirá mejorar el desempeño de las instalaciones eléctricas, aumentar la confiabilidad de los procesos industriales y reducir los costos asociados a fallas de origen electromagnético.

Recomendaciones ACIEM

Para ACIEM, la actualización normativa debe estar acompañada de un amplio proceso de divulgación y apropiación por parte de la comunidad técnica.

En este sentido, la Asociación inició esta labor con el Foro de Calidad de la Potencia, realizado el 10 de junio de 2026, espacio que reunió a especialistas del sector para analizar los retos que enfrenta el país en esta materia y los avances del proceso de normalización liderado por Icontec.

“La calidad de la potencia dejó de ser un asunto exclusivamente técnico para convertirse en un factor determinante de productividad y competitividad”

La Asociación continuará promoviendo espacios académicos y de capacitación que permitan a Ingenieros, empresas, universidades, fabricantes, operadores de red y entidades públicas comprender el alcance de los nuevos estándares y su impacto sobre el desarrollo del sector eléctrico colombiano.

ACIEM, en calidad de Cuerpo Técnico Consultivo del Gobierno Nacional, considera que fortalecer la cultura de la calidad de la potencia constituye un paso fundamental para consolidar un sistema eléctrico más eficiente, seguro y preparado para afrontar los desafíos de la transición energética y la transformación digital del país. ▲▲

¿ESTÁ PREPARADA LA GESTIÓN DE ACTIVOS PARA LA NUEVA REALIDAD LABORAL?

POR: JUAN CARLOS VILLA GÓMEZ Y JUAN CARLOS VILLEGAS*



De izq. a der.: Lady Lozada, Ingeniera joven de Enlaza; Héctor Augusto López, Ingeniero Experto en Tecnología de Ecopetrol; Juan Carlos Villa Gómez, moderador de la Comisión Nacional de Mantenimiento y Gestión de Activos de ACIEM; Ximena Torres, Directora de Gestión de Activos y Mantenimiento de TGI; Mónica Almonacid, Directora de Recursos Humanos de Magnex y Moisés Barón, Dirigente Sindical de Ecopetrol.

Durante el 28° Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos (CIMGA) 2026 de ACIEM, se organizó el panel: *¿Cómo optimizar la gestión de activos en el contexto de las dinámicas laborales de los jóvenes de hoy?*

Esta inquietud dio origen a uno de los paneles más novedosos del Congreso, donde expertos provenientes de la industria, la transformación digital, la gestión humana, las nuevas generaciones y la representación de los trabajadores analizaron un desafío que comienza a ocupar un lugar prioritario en la agenda de las organizaciones. Más que ofrecer respuestas definitivas, el panel permitió identificar una realidad ineludible: la gestión de activos ya no puede analizarse únicamente desde la perspectiva de la Ingeniería.

Nueva era de la gestión de activos

Durante más de 30 años la gestión de activos ha evolucionado con un propósito claro: lograr que los activos físicos generen el máximo valor para las organizaciones durante todo su ciclo de vida.

Para alcanzar este objetivo, la Ingeniería ha desarrollado metodologías, normas internacionales, modelos de confiabilidad, mantenimiento basado en condición, gestión del riesgo y, más recientemente, sistemas integrados soportados en la familia de normas ISO 55000.

Gracias a esta evolución, hoy las empresas gestionan sus activos con un nivel de madurez impensable hace apenas unas décadas.



La conversación ya no gira únicamente alrededor del mantenimiento correctivo o preventivo; ahora incluye conceptos como riesgo, costo del ciclo de vida, sostenibilidad, analítica de datos, digitalización e inteligencia artificial.

Sin embargo, mientras la Ingeniería perfeccionaba sus herramientas, otro fenómeno comenzó a transformar silenciosamente el contexto donde estas se aplican: el mundo laboral cambió. Las organizaciones enfrentan hoy una realidad muy distinta de aquella para la cual fueron concebidos muchos de sus modelos de gestión.

La reducción de la jornada laboral, el crecimiento del teletrabajo, la digitalización acelerada, el incremento de la movilidad laboral, las nuevas expectativas de las generaciones jóvenes y la necesidad de equilibrar productividad con bienestar están modificando profundamente la forma como las empresas operan y, en consecuencia, la manera como gestionan sus activos.

Esta transformación plantea una pregunta que hasta hace pocos años parecía innecesaria: ¿Cómo optimizar la gestión de activos cuando las reglas del trabajo están cambiando más rápido que las tecnologías?

El panel también destacó que la transformación digital, por sí sola, no resolverá estos desafíos. La tecnología constituye un habilitador fundamental, pero su verdadero valor depende de la capacidad de las organizaciones para desarrollar una cultura de aprendizaje, innovación y adaptación.

La captura de datos, la analítica avanzada, los gemelos digitales y la inteligencia artificial permiten convertir información en decisiones más oportunas; sin embargo, estas herramientas solo generan valor cuando fortalecen el criterio técnico y potencian el conocimiento humano.

Nuevo enfoque: integración de áreas de conocimiento

La gestión de activos amplía su alcance y deja de ser una disciplina centrada exclusivamente en la Ingeniería y el mantenimiento. Su evolución exige integrar gestión del conocimiento, talento humano, transformación digital, liderazgo, sostenibilidad y estrategia empresarial.

La confiabilidad de los activos comienza, cada vez más, en la capacidad de las personas para tomar decisiones oportunas y compartir el conocimiento crítico de la organización.

Otro de los consensos del panel fue que la productividad ya no se puede medir únicamente por el tiempo de permanencia en el trabajo; hoy depende de la calidad de las decisiones, de la disponibilidad de información confiable y de la capacidad para intervenir los activos en el momento adecuado.

En este nuevo entorno, compartir conocimiento deja de ser una buena práctica para convertirse en una responsabilidad estratégica, apoyada por tecnologías que aceleran el aprendizaje y facilitan la transferencia de experiencia entre generaciones.

Asimismo, el liderazgo adquiere una nueva dimensión. Las organizaciones requieren líderes capaces de desarrollar talento, inspirar equipos y construir culturas donde las personas encuentren propósito, aprendizaje continuo y oportunidades de crecimiento.

Atraer y retener profesionales dependerá cada vez más de la posibilidad de innovar, aportar valor y participar en organizaciones coherentes con sus principios y visión de futuro.

La gestión de activos ha evolucionado hacia un verdadero sistema de gestión empresarial y su éxito dependerá de la capacidad para integrar personas, conocimiento, tecnología y activos físicos dentro de una estrategia común orientada a crear valor sostenible durante todo el ciclo de vida de los activos.

Más allá de la incorporación de nuevas tecnologías, el mayor desafío de la próxima década será construir organizaciones capaces de aprender más rápido que los cambios del entorno. Porque, al final, los activos no generan valor por sí solos; son las personas, con su conocimiento, liderazgo e innovación, quienes hacen posible que la ingeniería continúe impulsando la competitividad y el desarrollo de las organizaciones.

Transformaciones que marcan el futuro

Las reflexiones del panel permitieron identificar cinco cambios que empiezan a definir la evolución de la disciplina:

- a) De administrar equipos a gestionar sistemas de creación de valor.
- b) De conservar información a gestionar conocimiento organizacional.
- c) De ejecutar tareas a tomar decisiones basadas en datos.
- d) De controlar personas a desarrollar talento y liderazgo.
- e) De optimizar activos individuales a optimizar organizaciones completas.

Estas transformaciones muestran que la gestión de activos está ampliando su alcance y fortaleciendo su papel como disciplina estratégica para la competitividad y viene atravesando una de las transformaciones más importantes desde la publicación de la familia de normas ISO 55000.



No porque hayan cambiado sus principios fundamentales, sino porque el contexto en el que estos deben aplicarse es radicalmente distinto.

Durante muchos años el principal desafío consistía en lograr que los activos físicos fueran más confiables, más disponibles y más productivos. Hoy ese objetivo sigue siendo esencial, pero ya no puede alcanzarse únicamente mediante mejores técnicas de mantenimiento o mayores inversiones en tecnología. La nueva realidad demuestra que la confiabilidad de los activos depende cada vez más de la confiabilidad del sistema organizacional que los gestiona.

Gestión de activos en la próxima década

Las ideas compartidas por los panelistas permiten identificar cinco principios que probablemente orientarán la evolución de esta disciplina durante los próximos años.

1. **El conocimiento deberá administrarse con el mismo rigor que los activos físicos:** Las organizaciones necesitarán mecanismos sistemáticos para capturar, documentar, compartir y actualizar el conocimiento crítico antes de que abandone la empresa con la salida de sus expertos.

La gestión del conocimiento dejará de ser un proyecto de capacitación para convertirse en un proceso estratégico.

2. **La tecnología potenciará el talento humano:** La inteligencia artificial, la analítica avanzada, los gemelos digitales y el Internet Industrial de las Cosas serán herramientas fundamentales, pero su verdadero valor estará en fortalecer las capacidades humanas y acelerar la toma de decisiones. La tecnología no reemplazará la experiencia. La hará escalable.
3. **La cultura organizacional será un factor de confiabilidad:** La disponibilidad de los activos dependerá cada vez más de organizaciones capaces de aprender, colaborar y adaptarse al cambio. Las empresas que desarrollen culturas de confianza, aprendizaje continuo y liderazgo participativo responderán con mayor rapidez a los desafíos del entorno.
4. **El propósito será un nuevo motor de compromiso:** Las nuevas generaciones buscan comprender el impacto de su trabajo. Cuando las personas conocen cómo su labor contribuye a la seguridad energética, la movilidad, el abastecimiento de agua, la producción industrial o la sostenibilidad ambiental, el trabajo deja de ser una sucesión de tareas para convertirse en una contribución a la sociedad. La Gestión de Activos tendrá el reto de comunicar ese propósito con mayor claridad.
5. **La sostenibilidad integrará personas, activos y sociedad:** La optimización del ciclo de vida de los activos deberá equilibrar desempeño económico, bienestar de las personas, responsabilidad

ambiental y creación de valor para todos los grupos de interés. La sostenibilidad dejará de ser un requisito externo para convertirse en un criterio permanente de decisión.

“Durante más de 30 años, la gestión de activos ha evolucionado para maximizar el valor de los activos físicos a lo largo de todo su ciclo de vida”

Nueva agenda para la Ingeniería

Quizá el mayor mérito de este panel fue demostrar que la ingeniería tiene hoy una oportunidad extraordinaria para ampliar su impacto. La Ingeniería seguirá siendo el fundamento de esta disciplina, pero deberá evolucionar hacia un enfoque cada vez más interdisciplinario, donde el liderazgo, la transformación digital y la gestión del conocimiento sean tan importantes como la confiabilidad de los activos físicos.

Esto exige trabajar de manera mucho más integrada con disciplinas como la gestión humana, ciencia de datos, transformación digital, sostenibilidad y liderazgo organizacional. No significa abandonar la esencia de la Ingeniería, significa ampliarla.

"Durante décadas aprendimos a gestionar el ciclo de vida de los activos. El desafío de la próxima década será gestionar el ciclo de vida del conocimiento que permite que esos activos generen valor". ▲▲

Juan Carlos Villa. Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional de Colombia y Especialista en Gerencia de Mantenimiento de la Universidad Industrial de Santander (UIS); más de 37 años en la industria de petróleo y gas. Actualmente integra la Comisión Nacional de Mantenimiento y Gestión de Activos de ACIEM.

Juan Carlos Villegas. Ingeniero Electrónico de la U. Javeriana; Maestría en Gerencia de Empresas la Universidad Francisco de Paula Santander; Más de 30 años de experiencia en el sector de los hidrocarburos, gestión de activos, confiabilidad operacional, integridad de ductos. Actualmente es Director de la Comisión Nacional de Mantenimiento y Gestión de Activos de ACIEM.

TRANSICIÓN ENERGÉTICA, CLAVE EN LA PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN COLOMBIA

POR: MARTHA CONSTANZA CORONADO FAJARDO*

¿Con qué fuente de energía se moverán los trenes en el futuro?; ¿Es viable electrificar el transporte fluvial en regiones apartadas?; ¿Cómo debe adaptarse un puerto para recibir la energía que pueden generar los parques eólicos marinos?

No son preguntas aisladas, son necesarias a la hora de emprender el camino de la planeación de la infraestructura de transporte. Es por ello, que desde la Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte (UPIT), se ha incorporado la transición energética como un componente estructural en los estudios y planes que desarrolla para el país.

“El Plan de Infraestructura de Transporte orienta la consolidación de una red intermodal eficiente, accesible y sostenible para impulsar la movilidad y el desarrollo económico y social del país”

Este enfoque, que abarca desde la formulación de instrumentos de planeación de largo plazo hasta los estudios técnicos de proyectos específicos, busca garantizar que la infraestructura de transporte del futuro sea no solo eficiente y accesible, sino también sostenible.



Enfoque transversal desde tres frentes de trabajo

Actualmente la entidad considera la transición energética desde tres frentes de trabajo, cada uno con un nivel distinto de alcance y profundidad.

1. **Plan de Infraestructura de Transporte.** El primer frente es la formulación del Plan de Infraestructura de Transporte, concebido como la hoja de ruta de mediano y largo plazo para consolidar una red de infraestructura de transporte intermodal en el país, haciéndola eficiente y accesible, que facilite la movilidad de personas y mercancías y promueva el desarrollo económico y social bajo un enfoque de sostenibilidad.

En este ejercicio de planeación se han tenido en cuenta los estudios adelantados por el Ministerio de Minas y Energía, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la Dirección General

Marítima (DIMAR), sobre las rondas de energía eólica offshore, dado que estos proyectos inciden directamente en la repotenciación y el desarrollo de la infraestructura portuaria del país.



Por esa razón, los polígonos definidos según las condiciones ambientales para este tipo de proyectos quedarán reflejados en el Plan, como resultado de un trabajo conjunto e intersectorial. De igual manera se han considerado los estudios a nivel de prefactibilidad del Departamento Nacional de Planeación (DNP) en materia de hidrógeno de bajas emisiones, que permitieron identificar los proyectos con mayor viabilidad de ejecución.

Pero quizás el elemento más estructural de este primer frente es que en este Plan de Infraestructura de Transporte que se está formulando, se ha planteado la incorporación de un pilar de sostenibilidad, para garantizar que, desde la planeación misma, exista un componente de transición energética relevante para la generación de lineamientos que orienten futuras etapas del ciclo de vida de los proyectos.

2. **Estudios Sectoriales.** El segundo frente corresponde a los estudios sectoriales que desarrolla la UPIT. Un ejemplo de ello es la actualización del Plan de Ordenamiento Físico Portuario y Ambiental (POFPA) realizado en el año 2024, herramienta clave para la planeación portuaria en los litorales

colombianos, que considera la oferta marítima y continental, las condiciones ambientales, socioeconómicas y la infraestructura disponible para el desarrollo de la actividad portuaria en el país.

Esta actualización se realizó con un enfoque de la información necesaria a nivel ambiental, físico y socioeconómico para el desarrollo de proyectos portuarios, sirviendo como insumo para aquellos proyectos con visión de transición energética.

En la misma línea, en la formulación de los Planes Regionales de Transporte Intermodal (PRTI), entendidos como instrumentos de planeación del sector transporte que consideran el contexto regional y buscan organizar una red de infraestructura de transporte para conectar internamente las regiones y articularlas con ciudades, fronteras y puertos del país, se han impulsado acciones de ascenso tecnológico, como el uso de lanchas eléctricas, priorizando proyectos con impacto en la conectividad y el desarrollo regional.

Este es un ejemplo de cómo la transición energética puede materializarse en soluciones concretas para comunidades que, de otra manera, podrían quedar al margen de esta conversación.

3. **Estudios de prefactibilidad.** El tercer frente son los estudios de prefactibilidad de proyectos puntuales, siendo esta la etapa más temprana del ciclo de vida de un proyecto de infraestructura de transporte, en la cual se analiza la transición energética evaluando las fuentes disponibles, su nivel de madurez tecnológica y su viabilidad de implementación en el contexto específico.

Este análisis permite orientar la selección de soluciones energéticas, técnica y operativamente factibles, ajustadas a las condiciones del territorio y con un enfoque progresivo hacia la adopción de energías más limpias.



En el marco de los estudios de prefactibilidad para corredores férreos realizados por la UPIT, hemos planteado el uso de la energía eléctrica en la estructuración de nuevos proyectos, en línea con las metas de transición energética y migración hacia energías más limpias, incorporando como criterio para los nuevos corredores ferroviarios, el privilegiar el uso de energías limpias.

“ Los estudios de prefactibilidad incorporan la transición energética desde las etapas iniciales, evaluando fuentes, madurez tecnológica y viabilidad para cada proyecto.”

Como parte de este análisis, se evaluaron alternativas como la energía fotovoltaica, la eólica y la biomasa. Sin embargo, dada la magnitud y la continuidad de la demanda energética requerida para la operación de los trenes, la solución más viable resultó ser la electrificación de la infraestructura férrea con conexión al Sistema Interconectado Nacional, lo que permitiría la operación mediante locomotoras eléctricas.

Los proyectos contemplan además la implementación de sistemas de alimentación eléctrica que garanticen el suministro continuo de energía y condiciones de confiabilidad ante eventuales fallas de red. En ese sentido, se reconoce la necesidad de incorporar esquemas de respaldo o redundancia que aseguren la operación del sistema, aunque se deja claro que en esta etapa aún no se ha definido una solución única basada exclusivamente en fuentes alternativas.

Reflexión final

Desde la UPIT se ha planteado realizar una planeación con visión de futuro, es por ello que para los grandes instrumentos de política pública como el próximo Plan de Infraestructura de Transporte, y para los estudios técnicos más específicos de proyectos de infraestructura de transporte, se viene incorporando la variable energética desde las primeras etapas de la planeación y no se deja como una consideración para las siguientes etapas de maduración o como un análisis de última hora.

Esto incluye la articulación con entidades del sector energético y ambiental, la revisión de tecnologías alternativas como el hidrógeno de bajas emisiones o las energías renovables, y decisiones técnicas concretas, como la electrificación ferroviaria, que priorizan la confiabilidad sin cerrar la puerta a soluciones complementarias más limpias. ▲

*Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Colombia; Especialista en Transporte y Magíster en Ingeniería-Transporte de la Universidad Nacional de Colombia; se desempeñó como Subsecretaria de Política Sectorial, Directora de Transporte e Infraestructura, y Directora de Estudios Sectoriales en la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá; actualmente se desempeña como Directora General de la Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte (UPIT).



**Consejo Profesional
Nacional de Ingenierías
Eléctrica, Mecánica y
Profesiones Afines**



Señor Empresario

Más de 7.000 Ingenieros Matriculados cada año.

¿Sus Ingenieros están matriculados?



🌐 www.consejoprofesional.org.co

✉ info@consejoprofesional.org.co