

La seguridad del suministro eléctrico en Colombia: Una responsabilidad compartida

Miguel Humberto Betancur García

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Para hablar de seguridad en el suministro de energía debemos entender que la seguridad energética es la capacidad de un país para satisfacer sus necesidades energéticas actuales y futuras con medios suficientes, oportunos, sostenibles y asequibles (Navarrete, 2008). Sabemos que la humanidad ya tiene una dependencia directa con la electricidad; se considera un bien irremplazable para el desarrollo, estamos tan acostumbrados a que en nuestros hogares haya energía para cada una de las acciones que realicemos en nuestro diario vivir y nunca dudamos de que este bien esté disponible, esto lleva a cuestionarnos lo siguiente: ¿Qué pasaría si en algún momento no fluye más corriente por nuestros hogares? ¿Que estamos haciendo como sociedad para asegurar el suministro presente sin arriesgar el suministro de energía futuro? La seguridad del suministro eléctrico en Colombia es un desafío que requiere la participación de todas las partes, desde el gobierno en la parte regulatoria, las empresas del sector energético las cuales hacen posible la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía que mueve el desarrollo de nuestro país, hasta los consumidores que hacen uso final de este bien que también tienen un papel fundamental dentro de la estructura del mercado eléctrico colombiano como lo define la Ley 1480 de 2011 en el artículo 3 que define los derechos y deberes que tienen los consumidores y usuarios del sector. En este ensayo, se explora cómo cada grupo juega un papel importante para garantizar un suministro eléctrico seguro y confiable, y cómo su cooperación puede ayudar a resolver los desafíos actuales y futuros del sector energético de Colombia. Teniendo de partida que en Colombia ya se han definido algunas estrategias para aumentar la confiabilidad del servicio de energía como lo ha expresado La Ley 143 en su Artículo 4 donde nos da lineamientos de cómo el Estado tiene unos objetivos claros para satisfacer las necesidades eléctricas de la comunidad con base en criterios de sostenibilidad económica y financiera.

GIPeM 06, marzo (2024)
pp. 31-39

www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co

©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

Para garantizar la seguridad del suministro eléctrico teniendo en cuenta que los mercados de energía eléctrica son inestables, lo que implica riesgos para todos los participantes. La demanda puede verse expuesta a precios altos o a cortes de suministro, y los generadores pueden experimentar una gran volatilidad en sus ingresos, lo que dificulta la recuperación de sus costos fijos y aumenta el riesgo de inversión (Villareal-Córdoba, 2008), es importante implementar un conjunto de medidas regulatorias que alienten a los actores del mercado eléctrico a mantener estándares de calidad en el proceso. Esto incluye la generación y distribución de electricidad, pero también la gestión de la demanda, la eficiencia energética y la integración de fuentes de energía renovables. Los actores del mercado de la electricidad, incluidos los productores, distribuidores, comerciantes y consumidores, desempeñan un papel importante en la seguridad del suministro de electricidad. Manteniendo altos estándares de calidad que contribuyan significativamente a la confiabilidad y calidad del sistema eléctrico de Colombia. Los mecanismos regulatorios pueden contener normas técnicas como lo es el cargo por confiabilidad que se puede definir como la compra y venta de cantidades de energía firme, por medio de un modelo de subasta que busca equilibrar la oferta y la demanda de energía futura (Peñaranda, 2008) en estos mecanismos de precios o de cantidades para asegurar el suministro de energía se pueden establecer requisitos mínimos para la calidad y confiabilidad del suministro de energía. Estos estándares pueden abordar cuestiones como la calidad de la energía, la continuidad del servicio y la respuesta a interrupciones del suministro como lo pueden ser los indicadores de calidad y disponibilidad de la energía. Las medidas regulatorias también pueden incluir incentivos financieros para alentar a los actores del mercado a exceder estos requisitos mínimos. Estos incentivos pueden incluir tarifas preferenciales para los generadores que proporcionen un suministro eléctrico de alta calidad, o penalizaciones para aquellos que no cumplan con los estándares requeridos. Por último, es importante destacar que la legislación por sí sola no es suficiente para garantizar la seguridad del suministro eléctrico. También es necesario que las empresas del mercado energético adopten una cultura de calidad y mejora continua, e informen y comprendan la importancia de la seguridad del suministro energético a los consumidores. En este sentido, la educación y la sensibilización son herramientas clave para promover la adopción de prácticas de consumo energético seguras y sostenibles. Para poder hablar en propiedad de la seguridad energética en Colombia, al ser un aspecto tan amplio que conlleva a tener una estabilidad en la confiabilidad del sistema a corto, mediano y largo plazo surge la necesidad de dividir los ítems para evaluar la seguridad del suministro de energía en el sistema. La evaluación se puede dividir en 4 dimensiones; una de seguridad que se encarga de mantener el suministro de energía a corto plazo, otra de firmeza que busca mantener el suministro a mediano plazo con la infraestructura actual, otra dimensión es la adecuación del sistema que busca satisfacer la demanda futura mediante la infraestructura existente y la que se desee instalar y la última dimensión es la política de expansión que busca satisfacer la seguridad del suministro a muy largo plazo por medio de políticas energéticas (Pérez, 2013).

Para abordar los cuatro aspectos de la seguridad del suministro eléctrico y aplicarlos al caso colombiano, es importante comprender el avance que está experimentando el sector eléctrico del país en términos de confiabilidad del servicio. Esto se hizo luego de que se implementara el sistema de economía energética debido a la crisis energética ocurrida en 1991-1992. La crisis energética marcó un punto de inflexión para el sector energético de Colombia. El racionamiento del suministro eléctrico se implementó como respuesta a la crisis que dejó en evidencia la necesidad de mejorar la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico colombiano. Es por esto que la Constitución de 1991 estableció la competencia y la libre entrada como principios fundamentales para los servicios públicos domiciliarios. Estos principios tienen como objetivo mejorar la eficiencia y la calidad de estos servicios, lo que redundaría en beneficio de los consumidores (Bernal, 2012). Desde entonces, el sector ha trabajado arduamente para fortalecer su infraestructura y mejorar su capacidad para responder a las fluctuaciones de la oferta y la demanda. Como medida de seguridad a corto plazo, se han implementado medidas para garantizar la estabilidad del suministro eléctrico y evitar interrupciones. Esto incluye mejorar la gestión de los recursos energéticos e implementar sistemas de seguimiento y control para detectar y responder

rápida a los problemas emergentes. En materia de energía a mediano plazo, se necesitan inversiones significativas para renovar y mantener la infraestructura energética existente. Como lo dejó claro La Ley 142 de 1994 en el artículo 169 donde advierte que las empresas que no cumplan con las reglas para operar la red eléctrica nacional, que no mantengan adecuadamente las instalaciones eléctricas o que realicen acciones que violen los principios del servicio de electricidad, serán sancionadas. Por esto, se llevaron a cabo proyectos de ampliación para aumentar la capacidad de generación y distribución, mejorando la capacidad del sector para mantener la electricidad en el mediano plazo. En términos de confiabilidad del sistema, se han realizado esfuerzos para garantizar que la infraestructura eléctrica existente pueda satisfacer las demandas energéticas futuras. Esto permitió una planificación cuidadosa y una visión a largo plazo para anticipar los requisitos futuros y desarrollar soluciones adecuadas. Finalmente, a nivel de política de expansión de largo plazo, se ha desarrollado e implementado una política energética que garantiza la sostenibilidad a largo plazo no solo en las zonas interconectadas sino que también se plantean responsabilidades para la zona no interconectada del país ya que como lo establece la resolución expedida por la CREG 088 de 2012 en el capítulo ANEXO En las ZNI, el servicio de energía eléctrica es prestado por empresas de diversos tipos a un total de cerca de 267.567 usuarios. Estas políticas promovieron el uso de fuentes de energía renovables y la inversión en tecnologías de producción más eficientes y sostenibles para poder cubrir la demanda en las zonas más lejanas del territorio nacional.

Para garantizar la seguridad energética que se puede definir como la capacidad de un país para garantizar el suministro de energía de manera confiable, asequible y sostenible. Esto implica la gestión eficaz del suministro energético primario, la protección de las infraestructuras energéticas y la disponibilidad de energía suficiente para satisfacer la demanda actual y futura (Parraguez et al, 2015), es necesario centrarse en las dimensiones de firmeza y adecuación del sistema eléctrico. Estas dimensiones se refieren a la capacidad del sistema para satisfacer la demanda de energía en condiciones normales y excepcionales, y para adaptarse a los cambios en la demanda y la oferta de energía. Los mercados eléctricos han diseñado productos de confiabilidad que aseguran una cantidad de generación de energía para que esté disponible en los momentos donde se presenten fluctuaciones con la demanda. Estos productos se pueden dividir en dos mecanismos principales: mecanismos de precios, en los que se fija un precio determinado para la energía y las plantas de generación definen la cantidad de energía firme que pueden entregar al sistema; y mecanismos de cantidad, en los que el regulador pone la cantidad de energía necesaria y los generadores ponen el precio de esta energía entregada. Dentro de los mecanismos de precio podemos encontrar los pagos por capacidad que como su nombre lo indica son pagos que se le realizan a los generadores que portan a la suficiencia del sistema (Barrera, 2022) estos pagos se hacen con el fin de que las empresas generadoras inviertan en nuevas centrales de generación para asegurar una generación a largo plazo y así satisfacer la demanda futura. Dentro de los mecanismos de cantidad se pueden destacar los mercados de capacidad en donde Los generadores reciben compensación no solo por la electricidad que producen y venden en el mercado de energía, sino también por mantener una capacidad específica disponible para su uso en momentos de alta demanda (Pérez, 2013).

En cada país el regulador define productos de confiabilidad y mecanismos ya sea de precios o de cantidad para aumentar la confiabilidad en su sistema eléctrico. Colombia no ha sido la excepción, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha destinado mecanismos para la seguridad energética nacional en los cuales se pueden destacar el cargo por confiabilidad y también se cuenta con un plan de expansión en referencia a la generación y la transmisión dirigido por la UPME. El cargo por confiabilidad lo define la resolución 71 de 2006 expedida por la CREG en donde se indica que es una remuneración que se le paga a un generador de energía por la disponibilidad de los activos de generación con las características que le fue asignada como obligación en una subasta de energía en firme. Este mecanismo busca promover la ampliación del parque de generación de Colombia garantizando al mismo tiempo que, en caso de escasez, la energía de las plantas existentes y nuevas esté disponible a un precio efectivo para satisfacer la demanda (Acolgen, 2022). El otro mecanismo relevante dentro del mercado eléctrico colombiano es el plan de expansión definido por la UPME que tiene como objetivo analizar y planear la

expansión del sistema eléctrico estos análisis de los planes son de largo plazo y se basan en información sobre la infraestructura eléctrica actual, proyectos en construcción, con proyecciones de la demanda energética eléctrica a nivel nacional y regional.

Si bien el gobierno nacional regulatoriamente ha definido lineamientos y mecanismos para aumentar la confiabilidad del sistema eléctrico colombiano, para así asegurar el suministro de energía, se deberían impulsar paralelamente las estrategias de diversificación en la matriz de generación de energía en Colombia y no generar dependencia de sólo una fuente de energía a partir de recursos naturales que en momentos no puedan estar disponibles por escasez, ya que se puede poner en riesgo la seguridad del suministro eléctrico. Por lo tanto, es crucial explorar y promover una variedad de fuentes de energía como lo plantea la unidad de planeación minero energética (UPME) en el Plan Energético Nacional 2022-2050: El principal objetivo es reducir la dependencia de las fuentes energéticas más contaminantes, y lograr una matriz energética sostenible, lo que incide en los aspectos técnicos, económicos y sociales. En donde se podrían incluir tanto las fuentes de energía convencionales que ya están establecidas en el país como las fuentes de energía renovables que se impulsen como alternativa de generación limpia. La diversificación de la matriz energética no solo aumentaría la resiliencia del sistema eléctrico frente a posibles interrupciones del suministro, sino que también podría contribuir a la sostenibilidad ambiental al reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Además, la diversificación podría abrir nuevas oportunidades económicas y de empleo en el sector de la energía, al fomentar la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías y servicios energéticos. En este sentido, el papel del gobierno es fundamental para establecer un marco regulatorio que incentive la diversificación energética como lo expresa en La Ley 1715 de 2014 en el artículo 1 donde se establece un marco legal y los instrumentos necesarios para promover el uso de fuentes de energía no convencionales principalmente fuentes de energía renovables y promover la inversión, la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias, para garantizar la producción, la fortaleza del sistema y la respuesta a la demanda de energía.

La seguridad del suministro de energía, aunque a menudo se percibe como una preocupación principalmente gubernamental esto se podría explicar por qué la seguridad energética contribuye a la seguridad nacional, al garantizar que el país tenga acceso a la energía que necesita para dinamizar su economía (Correa-Yusta, 2013). Esto es en realidad un asunto que afecta a todos los actores del mercado eléctrico. Esto incluye a las empresas de generación, transmisión, distribución, comercialización y, por supuesto, a los consumidores finales. Un racionamiento de energía, por ejemplo, no sólo atacaría directamente las políticas energéticas de los gobiernos de turno, sino que también tendría un impacto significativo en todos estos actores. La seguridad energética es un objetivo compartido que requiere la cooperación y el compromiso de todos los actores involucrados como lo expresan las leyes 142 y 143 de 1994 que regulan los servicios públicos domiciliarios en Colombia. La ley 142 es una ley general que aplica a todos los servicios públicos domiciliarios, mientras que la ley 143 es una ley especial que se aplica exclusivamente al sector eléctrico (Bernal, 2012). Si no se hace un trabajo mancomunado, será difícil alcanzar las metas establecidas. El mercado eléctrico colombiano ha logrado hasta ahora encontrar un equilibrio para garantizar un comportamiento normal del sistema, incluso en momentos de escasez. Sin embargo, este equilibrio es dinámico y debe ser constantemente mantenido y ajustado en respuesta a las cambiantes condiciones del mercado. A medida que pasan los años, la demanda energética aumenta en niveles significativos. La preparación del sistema para satisfacer toda la demanda futura no es sólo un trabajo gubernamental. Las empresas privadas desempeñan un papel crucial en este aspecto, ya que son ellas las que a menudo toman la decisión de invertir en nueva infraestructura. Los mecanismos de confiabilidad son inútiles si no se cuenta con empresas que respalden estas políticas. Por otro lado, tener un sistema robusto no es suficiente si las fluctuaciones en la demanda son altas y la capacidad de generación no es capaz de cubrir la demanda. Los consumidores finales también tienen un papel que desempeñar en este aspecto. La responsabilidad energética es esencial para mantener la demanda dentro de los límites manejables. En lugar de aumentar significativamente su consumo, los consumidores deben buscar la eficiencia energética.

El gobierno de Colombia, a través del Ministerio de Minas y Energía en un proyecto de resolución, ha establecido criterios de resiliencia, seguridad y confiabilidad para el suministro de energía eléctrica. Estos criterios buscan asegurar una operación eficiente, segura y confiable en las actividades del sector. Sin embargo, el aumento en la demanda de energía puede llevar a que en algunas zonas del país se opere la infraestructura de transmisión cerca de los límites de seguridad generando sobrecargas en la red con el peligro de ocasionar blackouts en el sistema este apagón ocurre de forma repentina y no da tiempo a que el sistema reaccione. Sin embargo, el proceso de restauración del sistema puede ser lento y prolongado (Robledo 2014). Esto se debe a que la infraestructura eléctrica colombiana no ha crecido al mismo ritmo que la demanda de energía. Las empresas del sector eléctrico juegan un papel crucial en la seguridad del suministro de energía. Su capacidad para generar, transmitir y comercializar energía de manera eficiente y segura tiene un impacto directo en la capacidad del país para satisfacer la demanda de energía. Sin embargo, las empresas del sector eléctrico también enfrentan desafíos, como la necesidad de adaptarse a los cambios en las condiciones técnicas, económicas, financieras y ambientales. Además, estas empresas deben lidiar con la creciente demanda de energía que, según la proyección de la demanda de energía eléctrica publicada por la UPME en junio de 2022 la demanda de energía eléctrica en Colombia podría crecer entre un 2,22% y un 3,33% cada año durante los próximos 15 años, la necesidad de mantener y mejorar la infraestructura existente, y la presión para adoptar tecnologías más limpias y sostenibles. Para superar estos desafíos y garantizar la seguridad del suministro de energía en Colombia, las empresas del sector eléctrico deben planificar cuidadosamente, gestionar de manera eficaz e invertir continuamente en tecnología e infraestructura.

La seguridad del suministro eléctrico en un mercado liberalizado como el colombiano, se presentan diferencias significativas entre países y regiones. Estas diferencias se deben a factores como la historia, la cultura, la legislación y la situación económica de cada país. Como resultado, cada mercado tiene un grado de desarrollo diferente (López, 2014). Especialmente en Colombia se presentan desafíos únicos que deben ser abordados para garantizar un suministro de energía confiable y sostenible. Uno de los principales desafíos es la coordinación entre las diferentes entidades responsables de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad. Cada entidad tiene sus propios objetivos y prioridades, lo que puede dificultar la cooperación para garantizar la seguridad del suministro. Esto es especialmente importante en situaciones de emergencia, donde la coordinación rápida es esencial. Para abordar este desafío, es importante establecer mecanismos de cooperación y comunicación entre las diferentes entidades. Estos mecanismos pueden incluir la creación de comités de coordinación, la celebración de reuniones regulares y el intercambio de información. Otro desafío es la falta de una entidad única que se limite únicamente a ser la responsable de la seguridad del suministro. Si ocurre un fallo en el suministro, puede ser difícil determinar quién es responsable y cómo resolver el problema. Esto puede retrasar la respuesta a la emergencia y dificultar la recuperación. Este organismo debe tener la autoridad para investigar las emergencias y tomar las medidas necesarias para evitar que vuelvan a ocurrir. Además, el no hacer nada para garantizar el suministro de energía en el futuro puede ser más difícil asegurar la inversión necesaria en infraestructura para mantener la seguridad del suministro en un mercado liberalizado. Esto se debe a que las entidades individuales pueden no ver el beneficio de invertir en infraestructura, incluso si es beneficiosa para el sistema en su conjunto. Para abordar este desafío, es importante establecer incentivos para que las entidades inviertan en infraestructura. Estos incentivos pueden incluir subsidios, tarifas preferenciales o la garantía de un retorno sobre la inversión como se incentiva en La Ley 1715 de 2014 en el artículo 2 donde se busca ofrecer incentivos fiscales para fomentar la inversión, la investigación y el desarrollo en el campo de las energías renovables. Estos incentivos pueden ayudar a reducir los costos de las energías renovables y hacerlas más competitivas frente a las energías convencionales. Por último, la liberalización del mercado puede llevar a una mayor volatilidad de los precios, lo que también puede afectar la seguridad del suministro. Si los precios son demasiado bajos, puede no ser rentable para las empresas generar o transmitir electricidad, lo que podría llevar a cortes de suministro. Para abordar este desafío, es importante establecer mecanismos de estabilización de precios. Estos mecanismos pueden incluir la regulación de los precios o la creación de un fondo de estabilización.

Los consumidores finales también juegan un papel importante en la seguridad del suministro de energía eléctrica. Su responsabilidad no se limita a pagar las facturas de electricidad, sino que también incluye el uso eficiente y responsable de la energía, la gestión de la demanda de energía es una estrategia que puede utilizarse para reducir el consumo de energía en cualquier momento, no solo en situaciones de emergencia. Esta estrategia puede ayudar a las empresas y los hogares a ahorrar dinero y reducir su impacto ambiental (González-Pavas-Sánchez, 2017). El uso eficiente de la energía puede ayudar a reducir la demanda general de electricidad. Esto puede aliviar la presión sobre la infraestructura de transmisión y distribución, lo que puede ayudar a evitar situaciones en las que la infraestructura de transmisión se opere cerca de los límites de seguridad de la red. Por ejemplo, los consumidores pueden apagar las luces cuando no las estén usando, desenchufar los aparatos electrónicos cuando no estén en uso, y ajustar el termostato en verano y en invierno. Estas pequeñas acciones pueden sumar grandes ahorros de energía. Además, los consumidores pueden contribuir a la seguridad del suministro de energía al participar en programas de respuesta a la demanda. Estos programas incentivan a los consumidores a reducir su consumo de energía durante los períodos de alta demanda, lo que puede ayudar a mantener la estabilidad de la red eléctrica. Estos programas pueden funcionar de varias maneras. Por ejemplo, los consumidores pueden recibir un reembolso por reducir su consumo de energía durante los períodos de alta demanda. O, los consumidores pueden ser recompensados con descuentos en sus facturas de electricidad. Por último, los consumidores pueden desempeñar un papel en la promoción de fuentes de energía renovables y sostenibles. Al optar por fuentes de energía más limpias y sostenibles, los consumidores pueden ayudar a reducir la dependencia del país de las fuentes de energía no renovables, lo que puede contribuir a la seguridad a largo plazo del suministro de energía. Por ejemplo, los consumidores pueden instalar paneles solares en sus hogares y ser generadores distribuidos que son instalaciones de generación, almacenamiento o consumo de energía de pequeño tamaño que se encuentran cerca de los centros de consumo. Pueden ser gestionados de forma automática o manual, y están conectados a la red de distribución. Pueden inyectar energía, consumir energía o proporcionar servicios complementarios a la red de forma dinámica (Ministerio de Minas y Energía, 2021)

El sector energético colombiano es un pilar fundamental de la economía del país. Sin embargo, pese a su robustez y crecimiento constante, aún existen oportunidades para mejorar la confiabilidad y seguridad del suministro de energía como lo indica la Ley 1715 del 2014 en su artículo 42 que busca promover la investigación, el desarrollo y la innovación en el campo de las energías renovables y la eficiencia energética. Una de las áreas clave para la mejora es la evaluación y reestructuración de los mecanismos actuales utilizados para garantizar la confiabilidad del suministro. En particular, el Cargo por Confiabilidad, un mecanismo que asegura la disponibilidad de plantas térmicas de reserva, podría ser objeto de un escrutinio más riguroso. Actualmente, este cargo se paga a plantas que, en algunos casos, están obsoletas o no son eficientes ya que, en Colombia, el carbón es una fuente de energía importante, pero las plantas que lo utilizan son antiguas y poco eficientes. Esto las hace responsables de una gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del país (Sandoval, 2023). Esto puede poner en riesgo la seguridad del suministro de energía, ya que estas plantas pueden no ser capaces de responder a picos de demanda o pueden sufrir fallas inesperadas. Por lo tanto, sería beneficioso realizar un seguimiento más minucioso del rendimiento de estas plantas y ajustar el Cargo por Confiabilidad en consecuencia. Esto podría implicar la actualización de los criterios para la asignación del cargo, con un enfoque en la eficiencia y la capacidad de respuesta de las plantas. Además, en el contexto de los planes de expansión del sector energético, es crucial garantizar que no se generen cuellos de botella entre la generación y la transmisión de energía. Esto requiere una planificación cuidadosa y una coordinación efectiva entre todos los actores del sector energético. Para evitar cuellos de botella, es importante que los proyectos de generación y transmisión estén alineados y contribuyan a una alta seguridad del suministro en el sistema eléctrico colombiano. Esto podría implicar la implementación de mecanismos de coordinación más efectivos y la adopción de tecnologías avanzadas para la gestión de la red.

La eficiencia energética es un componente crucial para la seguridad del suministro de energía y el desarrollo sostenible del sector eléctrico en Colombia. Para lograr esto, es esencial fomentar la investigación y la constante actualización del mercado eléctrico. La investigación en nuevas tecnologías y prácticas de eficiencia energética puede conducir a importantes avances que aumenten la confiabilidad del suministro de energía como lo pueden ser las redes inteligentes que utilizan tecnologías digitales para monitorear y controlar el transporte de energía eléctrica desde las fuentes de generación hasta los usuarios finales. Esto permite satisfacer la demanda de los usuarios y controlar el sistema de manera eficiente (Giral-Celedón-Galvis-Zona, 2017). Esto puede incluir el desarrollo de tecnologías de generación de energía más eficientes, la implementación de sistemas de gestión de energía avanzados y la exploración de nuevas formas de almacenamiento de energía. Además, la constante actualización del mercado eléctrico es esencial para mantenerse al día con los rápidos cambios en el sector energético. Esto puede implicar la revisión y ajuste regular de políticas y regulaciones, la promoción de la competencia en el mercado y la adaptación a las nuevas tendencias y tecnologías. Es importante destacar que la eficiencia energética no sólo mejora la confiabilidad del suministro de energía, sino que también tiene beneficios económicos y ambientales. Puede reducir los costos de energía para los consumidores y las empresas, aumentar la competitividad económica y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, es esencial que Colombia continúe invirtiendo en investigación y actualización del mercado eléctrico, con un enfoque en la eficiencia energética. Esto requerirá un compromiso sostenido de todas las partes interesadas, incluyendo el gobierno, la industria, los investigadores y los consumidores. Juntos, podemos trabajar para garantizar un suministro de energía seguro, confiable y sostenible para Colombia.

El país tiene ventajas competitivas en el mercado de la energía debido a su ubicación geográfica, su alta biodiversidad y sus recursos naturales. Estas ventajas permiten la explotación de los recursos energéticos de manera sostenible y eficiente (Gualteros-Hurtado, 2013) esto podría fortalecer significativamente el sistema eléctrico. La diversificación de la matriz energética con fuentes renovables como la solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa puede aumentar la resiliencia del sistema frente a fluctuaciones en los precios de los combustibles fósiles y la variabilidad climática pero ya que, en la actualidad, la construcción de grandes proyectos hidroeléctricos es cada vez más difícil debido a su impacto ambiental y a los numerosos obstáculos que deben superar. Por ello, la tendencia mundial de generación de energía eléctrica se está orientado hacia las tecnologías sostenibles, que son cada vez más competitivas en términos de costos (Giraldo-Vacca-Urrego, 2018). Además, las tecnologías de generación renovable suelen tener menores costos operativos y de mantenimiento, lo que puede resultar en ahorros significativos a largo plazo. La integración de estas fuentes de energía en el sistema eléctrico también puede mejorar la eficiencia energética al reducir las pérdidas de transmisión y distribución, ya que muchas de estas tecnologías pueden implementarse a pequeña escala y cerca de los centros de demanda ya que los avances tecnológicos han hecho posible la generación de energía eléctrica a pequeña escala cerca de los centros de consumo, lo que permite aprovechar las fuentes de energía convencionales y no convencionales para satisfacer las necesidades energéticas de los usuarios (Goyeneche, 2013). Sin embargo, la integración de las energías renovables en el sistema eléctrico presenta desafíos, como la variabilidad de la generación y la necesidad de almacenamiento de energía. Por lo tanto, es esencial que se realicen inversiones en investigación y desarrollo para superar estos desafíos y maximizar el potencial de las energías renovables. En última instancia, el fortalecimiento del sistema eléctrico a través de la generación renovable contribuirá a un suministro de energía más seguro, confiable y sostenible para Colombia.

Referencias

Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica (ACOLGEN). (2022). *Análisis de la evolución del cargo por confiabilidad*.

- Barrera Merry, A. V. (2022). *Pago por capacidad: análisis frente a nuevas tecnologías de generación y almacenamiento en el sistema eléctrico nacional*. Universidad de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/187326/Pago-por-capacidad-analisis-frente-a-nuevas-tecnologias-de-generacion-y.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bernal Ruiz, W. A. (2012). *Análisis de la responsabilidad civil de las empresas distribuidoras de la energía eléctrica en Colombia*, Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/5959/BernalRuizWilliamAntonio2012.pdf;sequence=2>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (s.f.). Resolución 088 de 2012. Colombia.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). (s.f.). Resolución 71 de 2006. Colombia.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 142 de 1994*, Art, 169. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 143 de 1994*, Art, 4. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 1480 de 2011*, Art, 3. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 1715 de 2011*, Art, 1. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 1715 de 2014*, Art, 2. Obtenido de Secretaria General.
- Congreso de la República. (s.f.). *Ley 1715 de 2014*, Art, 42. *Secretaria General*. Colombia.
- Correa Henao, G J, Yusta Loyo, J M. (2013). *Seguridad energética y protección de infraestructuras críticas*. Lámpsakos. Obtenido de <https://doi.org/10.21501/21454086.1312>
- Giral Ramirez, W M. Celedón Flórez, H J. Galvis Restrepo, E. Zona Ortiz, A T. (2012). *Redes inteligentes en el sistema eléctrico colombiano: Revisión de tema*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.3.a08>
- Giraldo, Vacca, Urrego. (2018). *Las energías alternativas ¿una oportunidad para Colombia? . Escuela de Negocios, Gestión y Sostenibilidad*. Obtenido de <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1117>
- González, O. Pavas, A. Sanchez, S. (2017). *Cuantificación del ahorro de energía eléctrica en clientes residenciales mediante acciones de gestión de demanda*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5537/553757146021/html/>
- Goyeneche Rojas, P. (2013). *Análisis de integración de generación distribuida en redes de baja tensión*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113676>
- Gualteros, Martha Viviana. Hurtado, Enrique. (2013). *Revisión de las regulaciones e incentivos para el uso de las energías renovables en Colombia*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7512708.pdf>
- Lopez Arias, A. (2014). *Comportamiento del mercado eléctrico colombiano por los intercambios de electricidad regional con la Comunidad Andina de Naciones CAN y caso de estudio con Ecuador*. Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2369/T.G._Alejandro%20L%C3%B3pez%20Arias.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). Lineamientos de política de recursos energéticos distribuidos y areneras regulatorias 2021. Colombia.

Navarrete, J. E. (2008). "Seguridad energética, ¿para quién?". *La Jornada*. Obtenido de <https://www.jornada.com.mx/2008/05/29/index.php?section=opinion&article=022a1pol>

Parraguez Kobek, M. L., Ugarte Ortega, A. Campero Aguilar, G. (2015). *La seguridad energética en la geopolítica estadounidense del siglo XXI*. Revista *Enfoques: Ciencia Política y Administración Pública*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=96043202007>

Peñaranda Rincón, L. (2008). *Valoración del cargo por confiabilidad - instrumento derivado creado para garantizar el suministro de energía eléctrica en Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/d18d2ad7-7770-40b9-bb33-0b2703f9ac0b/content>

Pérez Arriaja, J. I. (2013). *Regulation of the Power Sector*. Springer.

Robledo Montealegre, J. F. (2014). *Análisis de colapsos en sistemas eléctricos de potencia*. Obtenido de : <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3322aa79-89f4-4db7-9849-f194995228c3/content>

Sandoval Romero, W. (2023). *Implicaciones de la transformación de la canasta eléctrica nacional en el consumo de carbón proveniente del centro del país y su impacto en las regalías percibidas por los municipios productores de dicho mineral en Cundinamarca y Boyacá*. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/20747/ARTICULO%20PUBLICABLE%20WILSON%20SANDOVAL%20VF.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (s.f.). *Proyección de la demanda eléctrica, gas natural y combustibles líquidos 2022-2036*. Colombia.

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (s.f.). *Plan Energético Nacional 2022-2050*. Colombia.

Villareal Navarro, J. Córdoba de la Rosa, M. (2008). *Incentivos y estructura del nuevo cargo por confiabilidad en el sector eléctrico en Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/29126/15128-45796-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>