

El rol transformador del diésel: impactos positivos de la generación eléctrica en la Amazonía colombiana

Laura Mery González Benavidez - Brayan Antonio Giraldo Páez
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

¿Sabes por qué el diésel sigue siendo la chispa que enciende la generación de electricidad? La generación de energía eléctrica (GEE) empleando combustible diésel se ha utilizado durante más de un siglo para energizar hogares e instalaciones donde se utilizan equipos eléctricos y dispositivos electrónicos de uso diario y ocasionales; como lámparas para iluminar la noche. De manera que utilizar este combustible para la GEE sigue siendo una opción muy popular en la actualidad en las Zonas No Interconectadas (ZNI) del territorio colombiano. Pues a pesar de la creciente fama que ha ganado las fuentes de energías renovables, la GEE con diésel aún es una opción confiable y eficiente para muchos lugares aislados, por ese motivo en el presente ensayo, se analizará las razones por las cuales las plantas diésel siguen siendo utilizadas ampliamente en la GEE, así como los desafíos y beneficios que ofrecen; destacando cómo ha mejorado la calidad de vida, el desarrollo socioeconómico y el bienestar de las personas donde se emplea este tipo de GEE. Además, se discutirán los esfuerzos realizados para mejorar la sostenibilidad de estas plantas, con el objetivo de que esta tecnología siga siendo una fuente de energía válida, confiable y respetables con el medio ambiente, para las ZNI de la Amazonia.

GIPEM 05, diciembre (2023)
pp. 27-34
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de
Colombia

Se dice entonces que la GEE con diésel es considerada un mecanismo eficiente para las ZNI a la red nacional, especialmente las áreas remotas que están muy alejadas de las ciudades principales. Zonas, donde el transporte se realiza por vía fluvial o aérea, y de carreteras escasas, lo que hace que la generación diésel sea una opción atractiva y sostenible (Wilmsmeier & Jaimurzina, 2017). Entonces, se determina que el papel transformador del diésel para la GEE en la Amazonía colombiana se basa fundamentalmente en su capacidad para proporcionar energía confiable y asequible a ZNI, lo que representa desafíos ambientales, sociales y económicos que requieren combinar estrategias limpias para la combustión

diésel y la integración de tecnologías energéticas nuevas (Mantilla González, Duque Daza, & Galeano Urueña, 2008). Razón por la cual, es una tecnología que tiene fuertes críticas negativas ya que solo el costo de transporte de combustible es considerablemente elevado, y ahora sumando el costo propio del combustible lo convierte en una renta mensual fuerte. Además, la combustión interna de estas plantas generadoras es un factor de mayor discusión debido a que estas desechan partículas muy pequeñas residuales que son altamente contaminantes y juegan un papel particular en el Fenómeno el Niño (Puentestar, 2019).

Aunque el diésel presenta grandes desafíos económicos, ambientales y sociales, no deja de ser crucial para abastecer de energía eléctrica a estas áreas aisladas, y que las comunidades cuenten con las mínimas comodidades y beneficios que genera la electricidad. Según el Ministerio de Minas y Energía (MinMinas), en las ZNI de Colombia, el 86 % de la energía se produce gracias a plantas de generación que usan diésel (Morales, 2022). Este enfoque plantea desafíos ambientales asociados a las emisiones y retos económicos, ya que el costo del combustible puede superar el 150 % del costo del galón en algunas zonas (Morales, 2022). Por tanto, se requiere la combinación de estrategias limpias de combustión de diésel y la integración de tecnologías energéticas nuevas, como la operación en paralelo con energías renovables, para lograr una GEE más sostenible en estas áreas (MADS, 2023). A pesar de la eficiencia de este tipo de plantas, y los desafíos que cargan, ha producido la implementación de estrategias para la sustitución progresiva de la generación diésel en las ZNI.

Como lo menciona el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) desde el 2015, donde destaca que ha identificado oportunidades actuales en el campo de las energías renovables en Colombia, particularmente en las ZNI, donde se busca reemplazar la generación con diésel con energías renovables hasta alcanzar un aporte del 30 % con el fin de reducir los costos de prestación del servicio y las emisiones de gases de efecto invernadero (IPSE, Oportunidades actuales en el campo de las energías renovables en Colombia, 2015). De igual manera busca realizar una transición hacia tecnologías de generación más limpia y que la sustitución del diésel por energías renovables no convencionales sea un aspecto clave en la búsqueda de una generación de energía eléctrica más sostenible en estas zonas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2023). Este avance es significativo para el desarrollo del país y el bienestar de su población.

La GEE diésel es considerada un mecanismo eficiente para las ZNI a la red nacional, especialmente en áreas remotas y alejadas de las ciudades principales. A pesar de su eficiencia, la generación diésel plantea desafíos ambientales y sociales, lo que ha llevado a la implementación de estrategias para la sustitución progresiva de la generación diésel en las ZNI, con el fin de reducir los costos de prestación del servicio y las emisiones de gases. La alta implementación de sistemas de generación diésel se debe al tiempo reducido de instalación en comparación con otros sistemas alternativos. A pesar de los beneficios en términos de provisión de energía confiable y asequible a zonas no interconectadas, se requiere la combinación de estrategias limpias de combustión de diésel y la integración de tecnologías energéticas nuevas, como la operación en paralelo con energías renovables, para lograr una generación de energía eléctrica más sostenible en estas áreas (Bello Torres, Escobar Diaz, Valencia Llanos, XUÉ, & IPSE, 2021)(IPSE, 2015).

En 2007, se estimó que la capacidad de generación instalada en la región amazónica era de 54.521 kW/h, con una participación del 50% de generación por diésel, y que el 89.7% de la generación era propiedad de empresas del estado (Flórez Acosta, Tobón Orozco, & Castillo Quintero, 2009). En comparación con la situación actual, según los datos del IPSE indican que la capacidad instalada en generación diésel es de 265.295 kW, con la cual se benefician 202.623 usuarios en la ZNI. Y la capacidad instalada en generación diésel en la amazonia colombiana es de 77.668 kW, lo que representa aproximadamente el 30% de la generación nacional instalada en zonas no interconectadas generada con diésel (IPSE, Boletín de Datos IPSE Enero 2023, 2023). Esto significa que, en los últimos 16 años, la generación diésel ha llegado a más territorios no interconectados de la región amazónica, aumentando aproximadamente un

46% dichos índices. Este avance es significativo para el desarrollo del país y el bienestar de su población. Por lo tanto, se puede afirmar que la generación de energía eléctrica diésel es una tecnología constructiva para la Amazonia y territorios aislados.

Por otro lado, Claudia Antunes (2023) indicó que, en la región amazónica, la GEE usando combustible diésel es del 50 %, seguido por el gas natural con 21 %, la biomasa con 20 %, Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) con un 1 % y energía solar con 0,2 %. Adicionalmente, plantea que las plantas diésel serán responsables del 76,5 % de los gases de efecto invernadero que se emitan en 2024 en la Amazonía colombiana (Antunes, 2023). Sin embargo, la generación diésel sigue siendo una fuente importante de energía en estas zonas, y es importante tener en cuenta como se observó anteriormente que también tiene fuertes impactos ambientales en términos de la contaminación del aire como las emisiones de gases que tienen efecto invernadero, y que provoca efectos en los ecosistemas locales. Por lo tanto, se requiere la combinación de estrategias limpias de combustión de diésel y la integración de tecnologías energéticas nuevas y de esta manera reducir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir las discrepancias en cuanto a lo ambiental sean menos significativas (Balan-Chan & Elizalde-Martínez, 2018).

Una de las alternativas consultadas bajo parámetros beneficio-costos con respecto al diésel que sería significativamente positivo es la implementación de biodiésel (Castro Martínez, Beltrán Arredondo, & Ortiz Ojeda, 2012). También la implementación de energías renovables (Torabi et al., 2023), e incluso invirtiendo en filtros que se pueden adaptar a las máquinas de generación diésel para minimizar los contaminantes expulsados a la atmósfera (Cortés Duarte, 2016). Donde se rescata la eficiencia de los filtros en las máquinas de generación diésel que son un factor importante para mitigar las emisiones de gases que tienen efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes (Osorio Orozco, 2016). Por lo tanto, para reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética de los motores diésel, existen técnicas y prácticas que pueden ser adoptadas en la Amazonía Colombiana. La implementación de tecnologías de combustión limpia, como la inyección de agua y la recirculación de gases de escape, puede reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos. Además, mejorar la eficiencia energética de las plantas diésel reducirá el consumo de combustible y las emisiones de material particulado altamente contaminante al aire, logrando finalmente el objetivo de reducir la huella de carbono del planeta (Buckley, 2023).

La adopción de prácticas de mantenimiento y operación adecuadas también puede mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de los motores diésel. Los filtros de combustible del generador diésel minimizan los contaminantes de fluidos en los sistemas de combustible, para proteger los componentes los avances en la filtración de combustible ayudan a cumplir los crecientes requisitos de limpieza del combustible de los motores diésel modernos para obtener un mayor desempeño (Calvo González & Vizquerra Rojo, 2014). Además, la combinación de estrategias limpias de combustión de diésel (Ramírez Velasco et al., 2021) y la integración de tecnologías energéticas nuevas son necesarias para mitigar los GEI y otros contaminantes (Paredes & Pozo, 2020). La seguridad en el mantenimiento es crucial para proteger a los trabajadores y la maquinaria. El trabajo de mantenimiento difiere de las operaciones diarias, y los técnicos de mantenimiento están frecuentemente en contacto directo con las máquinas en las que trabajan, lo que podría generar riesgos para la seguridad. Las precauciones de seguridad en el mantenimiento son necesarias para mantener seguros a los trabajadores, proteger la maquinaria y mantener la tranquilidad de los trabajadores. En la industria, la adopción de modelos de optimización de alcance, duración y costo en paradas de planta es relevante para mejorar el desempeño de dichas plantas. Estas prácticas incluyen la gestión de la triple restricción clásica: alcance, duración y costo (Trujillo Duque, , 2023).

Por otro lado, un estudio de caso realizado por Silva et al. (2015) analiza el impacto técnico, económico y ambiental de la sustitución de combustóleo por gas natural para la generación de energía en Manaus, la capital de Amazonas en Brasil (Trujillo Quintero, Losada Cubillos, & Rodríguez Zambrano, 2017)(Silva

et al., 2015). El estudio demuestra que la sustitución del combustóleo para generación eléctrica por gas natural tiene un impacto positivo en el medio ambiente, reduciendo las emisiones de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, azufre y partículas emitidas a la atmósfera (Silva et al., 2015). Además, se muestra que el uso de gas natural reduce el costo de generación de electricidad en la planta, lo que contribuye al crecimiento económico de la región. El estudio también proporciona información detallada sobre las características de la planta, el costo del combustible, el consumo de fuentes de energía y la eficiencia de la transformación energética (Silva et al., 2015). En conclusión, el estudio de caso de Silva et al. (2015) demuestra que la sustitución del combustóleo por gas natural en la generación de energía en Manaus, la capital de Amazonas en Brasil tiene un impacto positivo en el medio ambiente y la economía local.

El uso de combustibles fósiles tiene impactos ambientales significativos, incluyendo la emisión de GEI y contaminantes que afectan la salud humana. Reducir el uso de combustibles fósiles puede tener varios beneficios para la salud y el medio ambiente (Cubillos Meza, y otros, 2011). La reducción de los contaminantes del aire provenientes de la quema de combustibles fósiles, como partículas finas, gases de azufre y óxidos de nitrógeno, puede mejorar la salud pública. Además, la disminución de los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, puede contribuir a mitigar el cambio climático, reduciendo el estrés calórico, las tormentas más poderosas, las sequías e inundaciones extremas, y la propagación de enfermedades infecciosas (Citizens' Climate Lobby, 2023). La transición hacia fuentes de energía renovable, como la solar, eólica o hidráulica, puede ayudar a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar sus impactos negativos en el medio ambiente. Aunque los combustibles fósiles seguirán siendo parte del sistema energético mundial durante las próximas décadas, es esencial mantener un debate abierto y transparente sobre su papel en los sistemas energéticos sostenibles.

Cabe mencionar que Colombia se ha fijado como objetivo reducir su dependencia de combustibles fósiles, incluido el diésel, y hacer la transición a fuentes de energía renovables (UPME, 2023). Y, por lo tanto, en cierta medida es acertado decir que la generación eléctrica con diésel es importante para las comunidades aisladas, ya que de esto depende la economía del sector y el crecimiento en cuanto a salubridad, incremento de hospitales y seguridad social. Para que una región sea próspera y rica económicamente, debe tener fundamentalmente servicios públicos como aseo, energía eléctrica, agua potable, comunicaciones y transporte, y por ende surgen más desafíos y oportunidades de la transición hacia fuentes de energía más sostenibles y autónomas, con controles más sofisticados y con mayor eficiencia energética (Levy et al., 2021). Llevando a la construcción denominadas de microrredes que abastecen estos pequeños poblados de las regiones aisladas de la amazonia colombiana, proporcionando muchos beneficios a las comunidades (Manassero et al., 2020).

La generación eléctrica con diésel ofrece beneficios significativos en las zonas aisladas de la Amazonía Colombiana, como la provisión de energía confiable y asequible. Esto se debe a que el servicio de energía eléctrica cuenta con una mayor tasa de confiabilidad, siempre y cuando se realice un mantenimiento y uso adecuado de las plantas. Además, proporciona un servicio eficiente, de fácil acceso y con gastos tolerables en el combustible. La generación eléctrica con diésel es una opción sostenible y atractiva en zonas donde el transporte es principalmente fluvial o por carretera (Wilmsmeier & Jaimurzina, 2017). Además, contribuye al crecimiento económico y al desarrollo socioeconómico de las comunidades aisladas, mejorando la calidad de vida al proporcionar servicios públicos como energía eléctrica, agua potable, comunicaciones y transporte. Incluso, la demanda energética crece significativamente cada año. Además, que ha incrementado de manera significativa en la demanda de energía eléctrica en las zonas no interconectadas, lo que resalta la importancia de explorar y desarrollar diversas fuentes de generación de energía para satisfacer estas necesidades (Urrego, 2021).

El acceso a la energía eléctrica en zonas aisladas puede mejorar significativamente la calidad de vida de las personas y aumentar la seguridad en las comunidades. Algunos de los beneficios incluyen: Mejora en la iluminación y seguridad: La conexión a la energía eléctrica permite a los habitantes de zonas

aisladas iluminar sus hogares y áreas comunes, lo que aumenta la seguridad al permitirles verificar a mayor distancia visible el terreno que los rodea, evitando posibles ataques de animales o personas hostiles (Vanegas Chamorro, 2018). Mejora en la comunicación: La energía eléctrica permite el uso de dispositivos comunes, como teléfonos y computadoras, lo que facilita el contacto con otras personas a través de llamadas o mensajes (Garcés Arango, 2021). Impacto en la seguridad ciudadana: La energía eléctrica puede mejorar la seguridad en las comunidades al reducir la tasa de criminalidad, como se ha demostrado en comunidades que han mejorado su alumbrado público (Arango, 2021). Acceso a servicios básicos: La conexión a la energía eléctrica facilita el acceso a servicios básicos como el agua, la alimentación y la atención médica (Urrego, 2021). Desarrollo económico: La energía eléctrica puede impulsar el desarrollo económico en zonas aisladas, permitiendo a las familias tener acceso a herramientas y servicios que facilitan su trabajo y vida diaria (Nolasco-Benitez & Gomis-Bellmunt, 2021).

La generación eléctrica con combustión de diésel en la Amazonía Colombiana cumple un rol importante en la mejora del acceso a la energía eléctrica y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles mediante métodos de filtrado rigurosos en zonas no interconectadas (MinEnergía, 2023). Sin embargo, es necesario abordar la transición hacia fuentes de energía más sostenibles y autónomas, como el biodiésel y otras energías renovables, para mitigar los impactos ambientales y sociales de la generación eléctrica con diésel. Para lograr una transición justa y sostenible hacia un sistema energético más limpio y equitativo en la Amazonía Colombiana, es fundamental adoptar técnicas y prácticas que reduzcan las emisiones y mejoren la eficiencia energética de los motores diésel. Además, es crucial promover la competencia, la transparencia y la regulación en el sector eléctrico para garantizar un acceso a la energía eléctrica sostenible y equitativo para todo el territorio colombiano (UPME, 2023).

Como también la capacidad de generación diésel en zonas no interconectadas en la Amazonía colombiana ha aumentado significativamente en los últimos años, lo que ha permitido que más territorios no interconectados tengan acceso a la energía. Sin embargo, es importante seguir trabajando en la implementación de soluciones energéticas sostenibles para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir los impactos ambientales generados por los mismos. A largo plazo generarían impactos de ámbito social, ya que altera el bienestar de una población. También cabe señalar que la generación eléctrica con diésel es una opción importante para la provisión de energía eléctrica en las zonas aisladas de la Amazonía Colombiana, lo que contribuye al crecimiento económico y el desarrollo socioeconómico de las comunidades aisladas y mejora la calidad de vida de las personas al proporcionar servicios públicos como energía eléctrica, agua potable, comunicaciones y transporte. Dando ventajas de realizar acciones y labores en menos tiempo, con menos esfuerzos, y que cuenten con esa disponibilidad para enriquecer otras metas (Silvara Guerrero & García Cardona, 2018).

La generación eléctrica con diésel y la energía solar ofrecen soluciones viables para las zonas aisladas de la Amazonía Colombiana, cada una con sus propias ventajas y consideraciones. Pues el acceso a la electricidad mejora significativamente la calidad de vida de las personas en zonas aisladas y aumenta la seguridad en las comunidades (Garcés Arango, 2021). La GEE con diésel es un tema de controversia por los efectos con respecto al calentamiento global, y los costos elevados. Pero el punto más fuerte a favor que tiene es su facilidad de implementación que se debe al menor tiempo de instalación en comparación con otros sistemas alternativos. Por ejemplo, en el municipio de Puerto Leguizamo – Putumayo, su red eléctrica es suministrada por generación diésel, al igual que en el departamento del Guaviare en Miraflores, como son municipios relativamente pequeños, la demanda va a ser menor a comparación con la demanda energética de Manizales, entonces los equipos son relativamente chicos, y facilitan el transporte, manejo e instalación de las plantas generadoras que funcionan con hidrocarburos.

Por lo tanto, la constante búsqueda de soluciones energéticas sostenibles que beneficien a las comunidades aisladas y minimicen el impacto ambiental, económico y social es fundamental para mejorar el acceso a la energía eléctrica en áreas aisladas. Por ello es crucial evaluar cuidadosamente las opciones energéticas y seleccionar la mejor opción disponible de GEE que beneficien gran parte de la

población desconectada de la red nacional y sin dejar de lado el objetivo primordial de minimizar el impacto ambiental, económico y social (Twenergy, 2019). Para terminar, es importante contar con un mayor alcance energético para hogares e instalaciones que cuenten con el servicio de energía eléctrica para su uso, lo cual va a aumentar las posibilidades de desarrollarse proyectos y emplear equipos eléctricos y electrónicos que realizan procesos sistematizados. Esto proporciona mejores posibilidades de desarrollo económico y mejora el acceso a la energía eléctrica en áreas aisladas.

Referencias

- Antunes, C. (9 de agosto de 2023). *Cumbre amazónica: La sociedad quiere frenar el petróleo, pero en Brasil la tendencia es explotarlo más*. Recuperado el 21 de octubre de 2023, de SUMAÚMA: <https://sumauma.com/es/cupula-amazonia-sociedade-quer-barrar-petroleo-brasil-tendencia-explorar-mais/>
- Balan-Chan, R. M., & Elizalde-Martínez, I. (marzo-abril de 2018). Algunos aspectos de producción de diésel verde a partir de materias primas de segunda generación y la tecnología del hidrot ratamiento. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica (RIIT)*, 6(31), 1-15. Recuperado el 21 de octubre de 2023, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532018000100005
- Bello Torres, A. J., Escobar Diaz, A., Valencia Llanos, J. A., XUÉ, U. F., & IPSE. (septiembre de 2021). *Soluciones solares fotovoltaicas híbridas implementadas*. Recuperado el 21 de octubre de 2023, de CCENERGÍA: <https://www.ccenergia.org.co/wp-content/uploads/2021/09/Articulo-sistemas-hibridos.pdf>
- Buckley, J. (28 de marzo de 2023). *Lograr la máxima eficiencia en la tecnología diésel*. (C. Peters, Editor) Recuperado el 22 de octubre de 2023, de Construcción latinoamericana: <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/lograr-la-maxima-eficiencia-en-la-tecnologia-diesel/8027638.article>
- Calvo González, A. E., & Vizquerra Rojo, V. (2 de mayo-agosto de 2014). Ciclo combinado Diesel-Vapor como repotenciación de una central termoeléctrica: caso de estudio. *Ingeniería Energética*, 35(2), 1-10. Recuperado el 21 de octubre de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/3291/329130985005.pdf>
- Castro Martínez, C., Beltrán Arredondo, L. I., & Ortiz Ojeda, J. C. (septiembre-diciembre de 2012). Producción de biodiésel y bioetanol: ¿una alternativa sustentable a la crisis energética? *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 8(3b). Recuperado el 19 de octubre de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177010.pdf>
- Citizens' Climate Lobby. (30 de agosto de 2023). *Impactos salud de reducir el uso de los combustibles fósiles*. Recuperado el 27 de octubre de 2023, de Políticas Climáticas: <https://citizensclimatelobby.org/es/blog/politicas/impactos-salud-de-reducir-el-uso-de-los-combustibles-fosiles/>
- Cortés Duarte, M. C. (2016). *Eficiencia de remoción de material particulado usando filtros de partículas en vehículos diésel del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá D.C*. Bogotá. Recuperado el 19 de octubre de 2023, de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57778>
- Cubillos Meza, A. I., Estenssoro Saavedra, F., Zolezzi Cid, J. M., Tokman Ramos, M., Núñez Muñoz, R., Águila Mancilla, E., . . . Sunkel, O. (2011). *Energía y medio ambiente, una ecuación difícil para América Latina : los desafíos del crecimiento y desarrollo en el contexto del cambio climático*. Santiago de Chile: IDEA-USACH. doi:9789563031188 (pbk.)

- Flórez Acosta, J. H., Tobón Orozco, D. F., & Castillo Quintero, G. A. (enero-junio de 2009). ¿Ha sido efectiva la promoción de soluciones energéticas en las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia? Un análisis de la estructura institucional. *Pontificia Universidad Javeriana*, 22(38), 219-245. Recuperado el 22 de octubre de 2023, de <https://hdl.handle.net/10495/3665>
- Garcés Arango, E. (21 de septiembre de 2021). *Alternativas de gestión para el suministro eléctrico sostenible en Zonas No Interconectadas*. Recuperado el 21 de octubre de 2023, de Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80271>
- González, J. M. M., Daza, C. A. D., & Ureña, C. H. G. (2008). Análisis del esquema de generación distribuida como una opción para el sistema eléctrico colombiano. *Revista Facultad de Ingeniería*, 44. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43004411>
- IPSE. (octubre de 2015). *Oportunidades actuales en el campo de las energías renovables en Colombia*. (MInMinas, Ed.) Recuperado el 25 de octubre de 2023, de Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas - IPSE: <https://www.mzv.cz/file/1638464/ipse.pdf>
- IPSE. (30 de enero de 2023). Boletín de Datos IPSE Enero 2023. *Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE)*, 12. Recuperado el 21 de octubre de 2023, de <https://ipse.gov.co/blog/2023/01/30/boletin-de-datos-ipse-enero-2023/>
- Levy, A., Messina, D., & Contreras Lisperguer, R. (31 de diciembre de 2021). *Definiciones del sector eléctrico para la incorporación de las energías renovables variables y la integración regional en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 21 de octubre de 2023, de cepal: <https://hdl.handle.net/11362/47656>
- MADS. (2023). *Plan de acción de mitigación del sector energético, energía eléctrica*. (Minambiente, Ed.) Recuperado el 11 de noviembre de 11, de Planes Sectoriales de Mitigación: https://archivo.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/planes_sectoriales_de_mitigaci%C3%B3n/PAS_Energia_Electrica_-_Final.pdf
- Manassero, U., Loyarte, A. S., & Salvetti, E. (2020). Diseño y evaluación de una micro-red con almacenamiento y generación híbrida diésel-fotovoltaica en un distrito rural. 2020 IEEE Congreso Bienal de ARGENCON 2020 - 2020 IEEE Biennial Congress of Argentina, ARGENCON <https://doi.org/10.1109/ARGENCON49523.2020.9505445>
- Mantilla González, J. M., Duque Daza, C. A., & Galeano Urueña, C. H. (29 de enero de 2008). Análisis del esquema de generación distribuida como una opción para el sistema eléctrico colombiano. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*(44), 97-110. Recuperado el 23 de octubre de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43004411>
- MinEnergía. (9 de octubre de 2023). *Diagnóstico base para la transición energética justa*. Recuperado el 27 de octubre de 2023, de Ministerio De Minas Y Energía (MME): https://www.minenergia.gov.co/documents/10439/2._Diagn%C3%B3stico_base_para_la_TEJ.pdf
- Morales, D. (26 de octubre de 2022). *Se requieren 7 billones de pesos para electrificar a Colombia*. Recuperado el 20 de octubre de 2023, de Portafolio: <https://www.portafolio.co/economia/gobierno/electricidad-los-retos-del-gobierno-en-materia-de-conectividad-electrica-573161>
- Nolasco-Benitez, E., & Gomis-Bellmunt, O. (27 de agosto de 2021). ACCESO A LA ELECTRICIDAD Y DESARROLLO RURAL. *CienciAmérica: Revista de Divulgación Científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(3). Recuperado el 24 de octubre de 2023, de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/367/3672541005/html/>
- Osorio Orozco, Á. M. (30 de noviembre de 2016). *Evaluación prototípica de como la electricidad puede contribuir al desarrollo de las zonas no interconectadas*. (I. d. [42], Ed.) Recuperado el 23 de octubre de 2023, de

- Repositorio institucional-Biblioteca digital UN:
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58136>
- Paredes, L., & Pozo, M. (2020). Movilidad Eléctrica y Eficiencia Energética en el Sistema de Transporte Público del Ecuador un Mecanismo para Reducir Emisiones de CO₂. *Revista Técnica «Energía»*, 16(2). <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n2.2020.356>
- Puentestar, J. S. (febrero de 2019). *Grupos estacionarios diésel y la contaminación ambiental en la florícola Piganflor de la comunidad de Piganta*. Recuperado el 23 de octubre de 2023, de Repositorio institucional UCE: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17988>
- Ramírez Velasco, C. A., PEREZ ORTEGA, D. J., Pereira Martínez, R. I., & Bolaños Alomia, F. A. (2021). Análisis comparativo de emisiones de co₂ de un motor empleando diésel y biodiesel. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 12(2), 127-145. <https://doi.org/10.22490/21456453.3603>
- Silva, W. F., Campos, L. M. S., Moya-Rodríguez, J. L., & Cabral-Leite, J. (2015). Impacto económico y ambiental del uso del gas natural en la generación de electricidad en El Amazonas: Estudio de caso. (Colombia), 82(190), 89-95. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n190.43178>
- Silvara Guerrero, J. A., & García Cardona, M. P. (13 de diciembre de 2018). *Energías alternativas en la amazonia colombiana*. (U. N. UNAD, Editor) Recuperado el 21 de octubre de 2023, de Repositorio Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/23835>
- Torabi, R., Gomes, Á., & Morgado-Dias, F. (2023). Electricity, Transportation, and Water Provision duración y of 100% Renewable Energy for Remote Areas. *Energies*, 16(10). 2023, de <https://doi.org/10.3390/en16104146>
- Trujillo Duque, J. (3 de junio de 2023). Propuesta de adopción de modelos de optimización de alcance, duración y costo en paradas de planta. *Predictiva21*, 14(2), 109-122. Recuperado el 26 de octubre de 2023, de <https://es.linkedin.com/pulse/propuesta-de-adopci%C3%B3n-modelos-optimizaci%C3%B3n-alcance-duraci%C3%B3n>
- Trujillo Quintero, H. F., Losada Cubillos, J. J., & Rodríguez Zambrano, H. (5 de julio-diciembre de 2017). Amazonia colombiana, petróleo y conflictos socioambientales. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(20), 209-223. doi:<http://dx.doi.org/10.21830/19006586.181>
- Twenergy. (15 de febrero de 2019). *Electrificación sostenible en zonas rurales de Colombia*. (Twenergy) Recuperado el 22 de octubre de 2023, de *Energías renovables*: <https://twenergy.com/energia/energias-renovables/electrificacion-sostenible-en-zonas-rurales-de-colombia-2514/>
- UPME, U. d. (julio de 2023). *Plan indicativo de expansión de cobertura de energía eléctrica - El PIEC 2019-2023*. (UPME, Ed.) Recuperado el 22 de octubre de 2023, de Ministerio de Minas y Energía: https://www1.upme.gov.co/siel/PIEC/2019-23/PIEC_2019-2023_VF.pdf
- Urrego, A. (4 de septiembre de 2021). Demanda de energía eléctrica en zonas no interconectadas ha incrementado 25,9%. *La República*, pág. 2. Recuperado el 22 de octubre de 2023, de <https://www.larepublica.co/economia/demanda-de-energia-electrica-en-zonas-no-interconectadas-ha-incrementado-25-9-3227491>
- Vanegas Chamorro, M. (7 de septiembre de 2018). La energía, motor de desarrollo de la humanidad. (U. d. atlántico, Ed.) *Prospectiva*, 16(2). doi:<https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1681>
- Wilmsmeier, G., & Jaimurzina, A. (2017). Eficiencia energética y movilidad eléctrica fluvial: soluciones sostenibles para la Amazonía. (1), 1-11.