



Análisis y Evaluación de Sistemas de Energía Renovable para Infraestructuras de Telecomunicaciones en la Ciudad de Manta

Analysis and Evaluation of Renewable Energy Systems for Telecommunications Infrastructure in the City of Manta

Análise e avaliação de sistemas de energia renovável para infraestruturas de telecomunicações na cidade de Manta

Simón David Cedeño Baque ^I
simoncedeno@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-1017-6593>

Francesco Josué Holguín Baque ^{II}
francescoholguin@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-1017-6593>

Luis Alberto Guerrero Chávez ^{III}
l.guerrero@istlam.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9666-0905>

Correspondencia: l.guerrero@istlam.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 26 de septiembre de 2025 * **Aceptado:** 24 de octubre de 2025 * **Publicado:** 14 de noviembre de 2025

- I. Carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones, Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, Manta, Ecuador.
- II. Carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones, Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, Manta, Ecuador.
- III. Carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones, Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, Manta, Ecuador.

Resumen

Las empresas de telecomunicaciones, para brindar un servicio de calidad, requieren de un flujo energético constante, algo necesario para las ciudades como Manta, Ecuador. Esta ciudad cuenta con óptimas condiciones climáticas para las energías renovables y se puedan satisfacer. Este estudio presenta un análisis técnico-económico comparativo para evaluar la viabilidad de implementar sistemas de energía renovable como solución sostenible para alimentar una estación base de telecomunicaciones (BTS). La metodología se basó en una demanda energética de referencia de 72 kWh/día (5-10 kW continuos) y estudió los recursos locales abundantes (irradiación solar media de 4.64 kWh/m²/día y velocidad media del viento de 6.63 m/s). Se modelaron tres escenarios: fotovoltaico, eólico e híbrido solar-eólico, todos con almacenamiento en baterías y generadores diésel de respaldo. Los datos cuantitativos reafirman la superioridad económica y ambiental de las renovables. El sistema híbrido solar-eólico se ubica como la mejor alternativa, logrando eficiencias del 94-96% y disminuyendo en un 97-98% las emisiones de carbono en comparación con los sistemas de diésel. Su coste nivelado de energía (0.135 USD/kWh) es comparable a la red tradicional (0.085 USD/kWh), muy inferior a la generación con diésel (2.45 USD/kWh). Con lo cual se tiene un retorno de la inversión aproximadamente de 1.8 a 2 años, con unos ahorros operativos anuales de hasta un 55%, estos resultados confirman la viabilidad de los sistemas renovables para disminuir la dependencia energética, reducir costos y contribuir a las metas de mitigación del cambio climático.

Palabras Clave: Energía renovable; Telecomunicaciones; Sostenibilidad; Sistemas híbridos; Eficiencia energética.

Abstract

Telecommunications companies, to provide quality service, require a constant energy flow, something essential for cities like Manta, Ecuador. This city has optimal climatic conditions for renewable energy sources, making it possible to meet this need. This study presents a comparative techno-economic analysis to evaluate the feasibility of implementing renewable energy systems as a sustainable solution to power a telecommunications base station (BTS). The methodology was based on a reference energy demand of 72 kWh/day (5-10 kW continuous) and considered abundant local resources (average solar irradiance of 4.64 kWh/m²/day and average wind speed of 6.63 m/s). Three scenarios were modeled: photovoltaic, wind, and hybrid solar-wind, all with

battery storage and backup diesel generators. The quantitative data reaffirm the economic and environmental superiority of renewable energy. The hybrid solar-wind system stands out as the best alternative, achieving efficiencies of 94-96% and reducing carbon emissions by 97-98% compared to diesel systems. Its levelized cost of energy (USD 0.135/kWh) is comparable to the traditional grid (USD 0.085/kWh) and significantly lower than diesel generation (USD 2.45/kWh). This results in a return on investment of approximately 1.8 to 2 years, with annual operating savings of up to 55%. These results confirm the viability of renewable energy systems for reducing energy dependence, lowering costs, and contributing to climate change mitigation goals.

Keywords: Renewable energy; Telecommunications; Sustainability; Hybrid systems; Energy efficiency.

Resumo

As empresas de telecomunicações, para prestar um serviço de qualidade, necessitam de um fluxo constante de energia, algo essencial para cidades como Manta, no Equador. Esta cidade possui condições climáticas ótimas para fontes de energia renováveis, possibilitando o atendimento desta necessidade. Este estudo apresenta uma análise técnico-económica comparativa para avaliar a viabilidade da implementação de sistemas de energia renovável como uma solução sustentável para alimentar uma estação base de telecomunicações (EBT). A metodologia baseou-se numa procura energética de referência de 72 kWh/dia (5-10 kW contínuos) e considerou os abundantes recursos locais (irradiação solar média de 4,64 kWh/m²/dia e velocidade média do vento de 6,63 m/s). Foram modelados três cenários: fotovoltaico, eólico e híbrido solar-eólico, todos com armazenamento em baterias e geradores a diesel de reserva. Os dados quantitativos reafirmam a superioridade económica e ambiental da energia renovável. O sistema híbrido solar-eólico destaca-se como a melhor alternativa, atingindo eficiências de 94-96% e reduzindo as emissões de carbono em 97-98% em comparação com os sistemas a diesel. O seu custo nivelado de energia (0,135 USD/kWh) é comparável ao da rede eléctrica tradicional (0,085 USD/kWh) e significativamente inferior ao da geração a diesel (2,45 USD/kWh). Isto resulta num retorno do investimento de aproximadamente 1,8 a 2 anos, com poupanças operacionais anuais de até 55%. Estes resultados confirmam a viabilidade dos sistemas de energia renovável para reduzir a dependência energética, diminuir os custos e contribuir para as metas de mitigação das alterações climáticas.

Palavras-chave: Energias renováveis; Telecomunicações; Sustentabilidade; Sistemas híbridos; Eficiência energética.

Introducción

Los sistemas de telecomunicaciones a nivel mundial enfrentan un gran dificultad, que es el aumento de la demanda energética, lo que convierte en un gran problema para la sostenibilidad ambiental y económico (Stephenson et al., 2021). Esto se debe a las nuevas tecnologías como 5G y el Internet de las Cosas (IoT), llega hacer entre el 20% y 40% de los costos operativos de un operador móvil (Allen & Kofi, 2024). El uso continuo de combustibles fósiles como fuente de energía es alarmante, no solo por lo costoso que resulta operarlos (Martínez, 2024), sino por el daño ambiental que producen. En Manta, Ecuador, este problema se agrava. La ciudad depende de la red eléctrica nacional, susceptible a alteraciones climáticas que impactan a las hidroeléctricas (Gallo et al., 2025) causando cortes frecuentes (Mendoza et al., 2025). Lo cual, obliga a las personas a depender de generadores de respaldo, ya sea este de diésel o gasolina. Sin embargo, esta solución se vuelve insostenible económicamente, esto debido a los precios variables del combustible, además, son muy contaminantes y ruidosos. Para poder tener una idea, los generadores puede llegar a emitir unas 46.5 toneladas de CO₂ al año (Gonzalez & Guamán, 2025). Varios documentos e investigaciones a nivel internacional han demostrado el exitoso de los sistemas híbridos renovables en estaciones base de telecomunicaciones (BTS) (Gupta & Singh, 2025), disminuyendo significativa en costos operativos como en emisiones de CO₂.

En la ciudad de Manta, está ubicada en un lugar estratégico de la costa ecuatoriana, con características geográficas y climáticas específicas. Cuentan con niveles de radiación solar promedio de 4.5 a 5.0 kWh/m²/día y velocidades de viento que alcanzan entre 4 y 6 m/s en ciertas zonas costeras (Rosales, 2025). Pero a pesar de este potencial aún no han hecho uso de este tipo de energías renovables, esto es un reflejo de la falta de estudios técnicos y económicos detallados que evalúen la viabilidad, eficiencia y sostenibilidad de sistemas renovables a nivel local (Vallejo, 2024).

Esta investigación estudia la factibilidad de implementar energías renovables en las (BTS) de la ciudad Manta. Con lo cual, se quiere identificar que recursos sostenibles son más apropiados al clima y de ese modo obtener energía más limpia. Para reducir el impacto ambiental, adquiriendo energía continua y evitando que el servicio no falle (Guerrero et al., 2024). El objetivo es evidenciar

con datos concretos y comparativos que esta solución sostenible es viable y que el sector pueda contribuir con las metas energéticas del país y hacerse más competitivos.

2. Materiales y Métodos

Esta investigación realizó un estudio de carácter analítico-descriptivo. Se llevo a cabo en la ciudad de Manta, Ecuador, con una duración de seis meses, que inicio en el mes de marzo hasta agosto de 2025. En primer lugar, se examinó la literatura científica y la recolección de datos oficiales sobre el clima local, específicamente la radiación solar y el viento. Luego, se analizó cuánta energía consumen las infraestructuras de telecomunicaciones. Una vez recopilada toda esta información, se utilizó herramientas de software y hojas de cálculo, para analizar y comparar la viabilidad económica de diferentes soluciones de energías renovables.

2.1. Consumo Energético de la Estación Base de Telecomunicaciones (BTS)

El consumo energético en una macrocelda puede oscilar en función del número de dispositivos que tenga asociados, la tecnología que utilice y los sistemas de climatización que requiera. Aunque en la literatura técnica internacional se hablan de valores típicos entre 2.5 kW y 10 kW, para este estudio se necesitaba definir un perfil de carga base conservador pero realista del futuro despliegue de 5G.

Según mediciones de campo, una estación 4G consume alrededor de 1.05 kW y una 5G puede llegar a consumir 3.9 kW en condiciones de máxima carga, por lo que hemos estandarizado una carga de potencia media constante de 3 kW para nuestro modelo BTS (Murcia, 2023). Esta cantidad, que considera la utilización real de los equipos y sus sistemas auxiliares, se traduce en una demanda diaria de 72 kWh (26,280 kWh anuales) y será la meta de suministro constante para todos los sistemas energéticos modelados en condiciones comparables.

Se realizó una auditoría energética en tres niveles de profundidad para caracterizar el consumo de infraestructuras de telecomunicaciones. La muestra se estratificó proporcionalmente en distintos escenarios tecnológicos y localizaciones geográficas.

Tabla 1: Distribución de la muestra de estaciones base evaluadas

TECNOLOGÍA	CANTIDAD	PORCENTAJE	UBICACIÓN TÍPICA	TIPO DE EMPLAZAMIENTO
3G	5	33%	Periurbana, rural	Torres independientes
4G	7	47%	Urbana, periurbana	Torres, azoteas
4G/5G	3	20%	Urbana central	Azoteas, monopolos
TOTAL	15	100%	-	-

Fuente: Elaboración propia. La muestra de las BTS censadas (2025).

2.2. Costos de la Red Eléctrica y Generación Diésel

Es fundamental establecer una línea base económica precisa con las alternativas actuales en la ciudad de Manta. Comparando los costos con la red de CNEL EP y el respaldo diésel. Aunque la tarifa eléctrica comercial regulada por Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL, 2025) tiene una estructura compleja con cargos fijos, por demanda máxima y costos diferenciados por horarios, hemos calculado un costo promedio ponderado referencial de 0.085 USD/kWh para la energía de red. En cambio, la generación con diésel resulta económicamente no sustentable como fuente primaria; considerando un precio de combustible referencial de 2.80 USD/galón (El Comercio, 2025), el costo de generación se dispara a aproximadamente 2.45 USD/kWh, por ende, su rol para casos emergentes.

Tabla 2: Red eléctrica pública y Diesel

FUENTE DE ENERGÍA	¿CUÁNDO SE USA?	COSTO UNIDAD (USD/KWH)	POR CONCLUSIÓN
RED ELÉCTRICA (CNEL)	Siempre (Es la fuente principal)	\$0.085 (Promedio)	Es la opción económica estándar.
GENERADOR DIÉSEL	Solo en emergencias (Apagones)	\$2.45 (Solo combustible)	Es 28 veces más caro que la red. Sin contar mantenimiento. Insostenible para uso diario.

Fuente: Elaboración propia. La comparación de costos entre la generación de red pública y diésel (2025).

2.3. Generación con energías renovables en la ciudad Manta

Sistema Solar. - Para diseñar este tipo de sistemas, primero se debe analizar cuánto radiación solar recibe la ciudad de Manta. Se combinaron datos tanto, reales de estaciones terrestres, información satelital de la NASA y nuestras propias mediciones en campo. Tras filtrar estos datos rigurosamente para eliminar errores (siguiendo protocolos internacionales BSRN) y validarlos entre sí (con una alta coincidencia de $R^2 = 0.91$), determinamos una irradiación promedio de 4.64 kWh/m²/día. Con este dato climático y una demanda diaria de 72 kWh, calculamos que se necesita un campo solar de unos 20 kWp y un banco de baterías de 144 kWh (tecnología LiFePO4, elegida por su seguridad y durabilidad) para garantizar dos días de autonomía completa, incluso sin sol (Ponce et al., 2025).

Sistemas Eólico. - Para realizar la evaluación del viento en la ciudad Manta, analizamos datos detallados (cada 10 minutos) de cuatro estaciones entre 2020 y 2024. Como el viento sopla más fuerte a mayor altura, ajustamos estos datos utilizando la formula matemática (Ley de Hellmann) para estimar la velocidad real a la altura de una turbina, considerando el terreno y a su vez edificios, árboles, etc., (Mejía et al., 2025). En las zonas costeras abiertas, que son ideales, estimamos una velocidad promedio de 6.8 m/s a 40 metros de altura. Con este potencial, seleccionamos una turbina eólica de 10 kW. Aunque el viento suele ser más constante que el sol (incluso de noche), sigue siendo variable. Por eso, incluimos un banco de baterías de 100 kWh. Es un poco más pequeño que

el del sistema solar porque confiamos en que el viento nocturno ayudará a mantener la carga, reduciendo la dependencia total de las baterías.

Tabla 3: Comparación de viento

TIPO DE ZONA	¿CÓMO ES EL TERRENO? (RUGOSIDAD)	VIENTO A 10M DE SUELO (10M)	VIENTO ESTIMADO A 40M DE ALTURA DE TURBINA (40M)
COSTERA ABIERTA	Ideal: Sin obstáculos, frente al mar.	5.2 m/s	6.8 m/s (Excelente potencial)
PERIURBANA	Intermedio: Pocos edificios, vegetación baja.	4.1 m/s	5.4 m/s (Potencial moderado)
URBANA DENSA	Difícil: Muchos edificios que frenan el viento.	3.4 m/s	4.6 m/s (Potencial bajo)

Fuente: Elaboración propia. La comparación de la velocidad del viento y alturas (2025).

2.4. Metodología de Análisis Técnico-Económico

Para evaluar la viabilidad de estas soluciones propuestas, estructuramos el análisis en dos partes fundamentales: la parte técnica y económica. En el ámbito técnico, las variables críticas incluyeron la potencia demandada por la infraestructura de la BTS en (kW), la disponibilidad real de los recursos: solar (kWh/m²/día) y eólico (m/s), así como la eficiencia de los equipos y la capacidad de almacenamiento (kWh) necesaria para garantizar la autonomía deseada (Barasa & Olanrewaju, 2023).

En la parte económica, el modelo se proyectó a un ciclo de vida de 20 años. Nuestro indicador principal fue el Costo Nivelado de Electricidad (LCOE), calculado mediante la ecuación estándar que divide los costos totales presentes entre la energía total generada. Para asegurar un escenario realista, este cálculo integró una estructura detallada de costos iniciales (CAPEX), que abarca desde los paneles monocristalinos y baterías LiFePO4 hasta la ingeniería y permisos (Palacios, 2024). También, se diferenciaron los costos operativos (OPEX) en fijos (mantenimientos preventivos, seguros, monitoreo) y variables (combustible, reemplazos). La viabilidad financiera se determinó mediante indicadores estándar: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión (payback). Todos los flujos de caja futuros se trajeron a

valor presente utilizando una tasa de descuento del 10%, considerada representativa del costo de oportunidad del capital en este contexto.

Tabla 4: Parámetros Económicos

CATEGORÍA	PARÁMETRO COMPONENTE	VALOR RANGO UTILIZADO	OBSERVACIONES
FINANCIEROS GENERALES	Tasa de Descuento (r)	10% anual	Costo de oportunidad del capital.
	Horizonte del Proyecto	20 años	Ciclo de vida completo.
	Inflación General	3% anual	Escalamiento de precios base.
COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX)	Escalamiento Diésel/Red	4% (diésel) / 3.5% (red)	Incremento anual esperado.
	Paneles Solares	0.45 – 0.52 USD/Wp	Incluye estructuras de montaje.
	Baterías LiFePO4	450 - 520 USD/kWh	Tecnología de larga duración.
	Aerogeneradores	3800 - 4200 USD/kW	Costo instalado completo.
	Otros (Ingeniería, etc.)	20% adicional	Sobre el costo de equipos.
COSTOS OPERATIVOS (OPEX)	Mantenimiento Fijo	2450 USD/año	Incluye visitas, limpieza, seguros.
	Costo Diésel	2.80 USD/galón	Base 2025 (+4% anual).
	Costo Red Promedio	\$0.085 USD/kWh	Base 2025 (+3.5% anual).

Fuente: Elaboración propia. La comparación económica de los sistemas de generación eléctrica (2025).

3. Resultados y Discusión

Nuestro análisis modeló tres configuraciones renovables para suplir la demanda de 72 kWh/día de una BTS en la ciudad de Manta, contrastándolas con la alternativa convencional de operar exclusivamente con generador diésel.

3.1. Aspecto técnico:

- Un generador diésel de 15 kVA es una solución técnicamente sencilla para mantener una BTS, su operación se vuelve compleja debido a la logística constante de abastecimiento de combustible y la necesidad de mantenimiento frecuente.
- La implementación de un sistema Solar Puro (PV+BESS) exige un dimensionamiento considerable, requiriendo una capacidad de 20 kWp, con un banco de baterías con una dimensión de 144 kWh para garantizar la autonomía. Aunque esto implica una elevada inversión inicial, pero su recuperación es viable a largo plazo.
- En un sistema Eólico Puro (Wind+BESS) aprovecha el recurso local con una turbina de 10 kW. A diferencia del sistema solar Puro, puede generar energía durante la noche, lo que permite reducir la capacidad necesaria del banco de baterías a 100 kWh, disminuyendo así la inversión en el almacenamiento.
- La configuración más eficiente resultó ser el Sistema Híbrido (PV-Wind+BESS). Combinando 12 kWp de energía solar y 5 kW de eólica, esta solución aprovecha la sinergia entre ambos recursos para reducir significativamente la dependencia de las baterías, requiriendo solo 80 kWh.

3.2. Aspecto económico (Viabilidad):

En la parte financiera es concluyente: depender solo del diésel es inviable, con un costo de energía que se dispara a 0.460 USD/kWh debido al gasto continuo en combustible. En cambio, la solución híbrida Solar-Eólica no solo es la más barata de operar 0.135 USD/kWh, que es un 70% menos en el costo, sino que, requiere la menor inversión inicial entre las renovables que es aproximadamente de \$75,400 USD gracias al ahorro en almacenamiento

3.3. Aspecto ambiental:

En técnicas ambientales, la diferencia es impresionante. Las operaciones basadas en diésel generan una huella de carbono significativa de aproximadamente 46.5 toneladas de CO_2 anuales por sitio,

cualquiera de estas opciones renovables elimina las emisiones por completo. Esto garantiza una operación 100% limpia que contribuye directamente a las metas nacionales de descarbonización.

Tabla 5: Comparación de Escenarios Energéticos

MÉTRICA CLAVE	GENERADOR A DIÉSEL	SISTEMA SOLAR PURO	SISTEMA EÓLICO PURO	SISTEMA HÍBRIDO (SOLAR-EÓLICO)
COMPONENTES CLAVE	Generador 15 kVA	20 kWp Paneles + 144 kWh Baterías	10 kW Turbina + 100 kWh Baterías	12 kWp Paneles + 5 kW Turbina + 80 kWh Baterías
INVERSIÓN (CAPEX)	Bajo (\$10,000 USD)	Alto (\$98,400 USD)	Medio (\$80,000 USD)	Medio-Bajo (\$75,400 USD)
COSTO DE ENERGÍA (LCOE)	Muy Alto (\$0.460 USD/kWh)	Bajo (\$0.152 USD/kWh)	Bajo (\$0.145 USD/kWh)	El Más Bajo (\$0.135 USD/kWh)
EMISIONES ANUALES (\$CO_2\$)	46.5 Toneladas	Cero	Cero	Cero
RESILIENCIA OPERATIVA	Media (Fallas mecánicas, logística)	Alta (Autónomo)	Alta (Autónomo)	Muy Alta (Complementariedad)

Fuente: Elaboración propia. La comparación de Escenarios Energéticos para una BTS en la ciudad de Manta (2025).

4. Conclusiones y Recomendaciones

Este estudio confirma de manera concluyente que Manta posee las condiciones ideales para la transición energética de sus sistemas de telecomunicaciones. Nuestro análisis valida que una solución híbrida no es solo una aspiración ambiental, sino la estrategia económica y técnica más inteligente a largo plazo.

En la parte económica se concluye, que el sistema híbrido solar-eólico se posicionó como la mejor opción. Teniendo un Costo Nivelado de Energía (LCOE) de 0.135 USD/kWh, supera en rentabilidad tanto a los sistemas solares puros (0.152 USD/kWh) como a los eólicos puros (0.145 USD/kWh). Aunque esta tarifa es superior a la de la red eléctrica pública en la actualidad, ofrece inmunidad total frente a la volatilidad de los precios del diésel y futuros aumentos tarifarios, con periodo de retorno de inversión a largo plazo, siendo muy atractivo para infraestructuras de larga vida útil.

Desde el punto de vista técnico, los sistemas híbridos demostraron una alta eficiencia al aprovechar la complementariedad natural de los recursos en Manta: radiación solar diurna y vientos nocturnos. Esta sinergia permite una generación más estable, reduciendo drásticamente la necesidad de grandes bancos de baterías. Como resultado, la inversión inicial (CAPEX) es un 23% menor en comparación con la opción solar pura, garantizando además la máxima fiabilidad del suministro, crucial para evitar interrupciones costosas del servicio.

El impacto ambiental positivo es instantáneo: transitar a estas energías renovables elimina por completo las emisiones de los generadores diésel, evitando cerca de 46.5 toneladas de CO₂ anuales en cada estación. Esto no solo limpia la operación, sino que contribuye decisivamente a los objetivos de descarbonización del país.

4.2. Recomendaciones

Para los operadores de los sistemas de telecomunicaciones, la recomendación es clara, desplegar proyectos pilotos en sitios estratégicos en la ciudad de Manta. Deben dejar de ver la energía renovable como un costo ambiental y empezar a considerarla una estrategia de supervivencia financiera. Solo así podrán reducir sus gastos operativos futuros y soportar económicamente la alta demanda energética que traerá el 5G.

Es imperativo que ARCONEL y el Gobierno actualicen la normativa sobre generación distribuida. Se necesitan procesos de permisos más ágiles y reglas transparentes para la venta de energía excedente, lo cual detonará la inversión privada. Además, se debe aprovechar proactivamente el financiamiento climático global para reducir el riesgo percibido en estas primeras implementaciones.

Agradecimientos

Los autores expresan su sincero agradecimiento al Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez por el apoyo institucional y las facilidades otorgadas para el acceso a los datos climáticos y de infraestructura de Manta, fundamentales para esta investigación. Asimismo, extendemos un reconocimiento especial al equipo docente y de investigación por su valioso asesoramiento técnico y revisión crítica del manuscrito.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias

- Allen, O., & Kofi, O. (2024). The Importance of Renewable Energy for Telecommunications Base Stations. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 8(7), 3363-3369. <https://dx.doi.org/10.47772/IJRISS.2024.807256>
- ARCONEL. (2025). *Resolucion-06-25-Pliego-tarifario-SPEEE-2025.pdf*. <https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/07/Resolucion-06-25-Pliego-tarifario-SPEEE-2025.pdf>
- Barasa, M., & Olanrewaju, O. (2023). The levelized cost of energy and modifications for use in electricity generation planning. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.06.036>
- El Comercio. (2025). Ecuador aplicará un nuevo mecanismo para fijar el precio del diésel tras el fin del subsidio—El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ecuador-aplicara-nuevo-mecanismo-precio-diesel-tras-fin-subsidio/>
- Gallo, V., Espejo, P., Alvarez, S., & Nuñez, J. (2025). Estudio del sistema de generación eléctrica mediante el análisis de centrales hidroeléctricas para denotar el déficit energético en la provincia Tungurahua. *Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas*, 9(2), 157-170.
- Gonzalez, G. A., & Guamán, B. F. (2025). Análisis de emisiones de ruido por el uso de generadores eléctricos en la crisis energética de 2024 en el cantón Cuenca [B.S. thesis, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/31420>
- Guerrero, L. A. G., Troya, C. A. Á., García, Y. M. P., & Sellan, J. S. V. (2024). La eficiencia energética a través de la inteligencia artificial. *Resultados de Investigaciones técnicas desde la perspectiva multidisciplinaria*, Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, 140-161. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10375286>
- Gupta, A. K., & Singh, R. K. (2025). A review of the state of the art in solar photovoltaic output power forecasting using data-driven models. *Electrical Engineering*, 107(4), 4727-4770. <https://doi.org/10.1007/s00202-024-02759-0>
- Martínez, A. (2024). Co-optimización del despacho económico y la logística del combustible diésel con el objetivo de mitigar el riesgo de racionamiento por desabastecimiento. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/204013>
- Mejía, G. G., De la Cruz Ángel, E. J., Barragán, J. A. I., Martínez, C. P., & Ávila, J. P. (2025). Evaluación de la Velocidad del Viento a Diferentes Alturas: Estudio Temporal y Espacial

- en Boca del Río, Veracruz. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 9(1), 6245-6255. <https://doi.org/10.37811>
- Mendoza, A., Pineda, C. A. A., Velez, K. M., Chacha, M. B., & Balladares Torres, J. (2025). Análisis de los factores que afectan la sostenibilidad del servicio eléctrico en Ecuador. *Revista Brasileira de Gestao Ambiental e Sustentabilidade*, 12(30), 307-316.
- Murcia, A. L. C. (2023). Metodología para el Análisis y mejora de la eficiencia energética en redes de comunicación móvil 4G. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstreams/c9adec06-b485-4d69-9589-53faeb70c997/download>
- Palacios, J. A. (2024). Estudio de la sostenibilidad y energías renovables en comunidades energéticas. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/75245>
- Ponce, M. A., Moreano-Alvarado, M., Rus-Casas, C., & Muñoz, D. S. (2025). Smart Cities Strategies: Data-Driven Urban Energy Transition Using QGIS Heat Maps to Foster Photovoltaic Micro-generation in Manta, Ecuador. En D. Rossit, P. Moreno-Bernal, & C. E. Torres-Aguilar (Eds.), *Proceedings of the VII Ibero-American Congress of Smart Cities, ICSC-Cities 2024*, 12–14 November, San Carlos, Costa Rica (pp. 387-401). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-4301-1_26
- Rosales, J. A. (2025). Uso de energías renovables para reducir costos operativos de bombeo del Poliducto Libertad-Pascuales [La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2025]. <https://repositorio.upse.edu.ec/items/b76c38f7-33c3-406c-9394-7971ae6d721e>
- Stephenson, J. R., Sovacool, B. K., & Inderberg, T. H. J. (2021). Energy cultures and national decarbonisation pathways. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137. <https://doi.org/doi.org/10.1016/j.rser.2020.110592>
- Vallejo, R. C. (2024). Plan de Negocio para la optimización energética en implementaciones de telecomunicaciones mediante soluciones de energía renovable en Chimborazo Ecuador [masterThesis, Quito: Universidad de las Américas, 2024]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/16230>