

Sistema fotovoltaico: Alternativa de energía renovable para la iluminación en la ruralidad

Mayela Fernandez¹, Jorge Morales², Carlos Román³, Edwin Quinchimba⁴,
David Sánchez⁵, Álvaro Carrera⁶.

**mfernandez@tecnologicoismac.edu.ec; jmsegovia@tecnologicoismac.edu.ec;
croman@tecnologicoismac.edu.ec; equinchimba@tecnologicoismac.edu.ec;
bspozo@tecnologicoismac.edu.ec; acarrera@tecnologicoismac.edu.ec.**

¹⁻⁶ Instituto Tecnológico Universitario ISMAC, 170184, Quito, Ecuador.

Pages: 78-92

Resumen: La energía solar fotovoltaica como energía limpia, inagotable y en un progresivo crecimiento, es considerada como una solución para la reducción de gases de efecto invernadero. En este sentido varios son los usos que se han dado a este tipo de energía, especialmente en zonas aisladas y desconectadas. El objetivo del estudio es realizar un análisis de corte bibliométrico que sirva de referencia para posteriores investigaciones en la aplicación de energías renovables fotovoltaicas en zonas rurales, considerando que en Ecuador la radiación solar es alta debido a su ubicación geográfica, por tanto, se puede analizar la implementación de sistemas a través de energía solar y así contribuir con el plan de prospectiva energética en el país, que consecuentemente implica que las redes se normen y se adapten técnicamente. La metodología se ajustó a un enfoque cualitativo, usando el tipo de investigación exploratoria, técnicas de revisión y análisis bibliométrico a partir de la base de datos Scopus, mediante Big Data se obtiene un análisis de concurrencia con VOSviewer. Ahora bien, el alumbrado público supone un 6% del consumo eléctrico nacional, esto supera a la medida establecida internacionalmente del 3%, como resultado, se busca evidenciar las ventajas de la energía fotovoltaica en sistemas de alumbrado que cuenten con criterios de eficiencia energética a través de paneles solares integrados.

Palabras-clave: Energía renovable, Sistema fotovoltaico, Big Data, Iluminación, Incidencia de radiación solar en Ecuador.

Photovoltaic system: Alternative renewable energy for rural lighting

Abstract: Photovoltaic solar energy as clean, inexhaustible and progressively growing energy is considered a solution for reducing greenhouse gases. In this sense, there are several uses that have been given to this type of energy, especially in isolated and disconnected areas. The objective of the study is to carry out a bibliometric analysis that serves as a reference for subsequent research in the application of renewable photovoltaic energies in rural areas, considering that in Ecuador solar radiation is high due to its geographical location, therefore, it can be analyzed the implementation of systems through solar energy and thus contribute

to the energy prospective plan in the country, which consequently implies that the networks are regulated and technically adapted. The methodology was adjusted to a qualitative approach, using the type of exploratory research, review techniques and bibliometric analysis from the Scopus database, using Big Data to obtain a concurrency analysis with VOSviewer. Now, public lighting accounts for 6% of national electricity consumption, this exceeds the internationally established measure of 3%, as a result, it seeks to demonstrate the advantages of photovoltaic energy in lighting systems that have energy efficiency criteria through integrated solar panels.

Keywords: Renewable energy, Photovoltaic system, Big Data, Lighting, Incidence of solar radiation in Ecuador

1. Introducción

Las energías renovables son una alternativa atractiva gracias a su abundancia, diversidad y potencial de aprovechamiento para la generación de energía. Su crecimiento es imparable, según la Agencia Internacional de la Energía (AIE) el suministro eléctrico global para el 2018 era del 26% y para el 2040 se pronostica una utilización del 44 %, la cual proporcionará 2/3 del incremento de la demanda eléctrica, según (Barragán, 2019) en su mayoría, este crecimiento se debe a la energía eólica y fotovoltaica, que están en constante evolución tecnológica.

Para lograr una transición hacia fuentes de energía renovable, es importante que las ciudades minimicen la quema de combustibles fósiles, que causa la contaminación del medio ambiente y en consecuencia reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la actualidad, la energía renovable se ha convertido en una alternativa atractiva para el suministro de energía eléctrica en áreas rurales, debido a su accesibilidad y bajo costo. Uno de los sistemas más utilizados para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables es el sistema fotovoltaico. En este sentido, la iluminación en parques rurales es una necesidad para las comunidades locales, y la implementación de sistemas fotovoltaicos podría ser una solución viable y sostenible para satisfacer esta demanda.

Por ende, los sistemas fotovoltaicos representan una de las fuentes de energía renovable más importantes que podrían integrarse en las matrices energéticas existentes. A medida que la tecnología mejora y se hace más accesible, se espera que la adopción de sistemas fotovoltaicos aumente en las ciudades de todo el mundo, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles mejorando la sostenibilidad ambiental.

El uso de fuentes renovables de energía en el Ecuador en los sectores rurales es una importante oportunidad para mejorar la calidad de vida de la población, promover el desarrollo sostenible y proteger el medio ambiente. Por lo cual se formula la siguiente pregunta de esta investigación

¿A través del análisis bibliométrico se establecen relaciones documentales de los sistemas fotovoltaicos como alternativa para la iluminación en la ruralidad?, que se pretende responder a lo largo del presente este artículo.

2. Referencial Teórico

Ecuador es un país que se caracteriza por tener una alta radiación solar, por ende, adquiere un gran potencial como productor de energía fotovoltaica, en base a datos de (Empresa Eléctrica Quito, 2022), actualmente el mercado de generación de electricidad de este tipo está en vías de desarrollo, en el país se ha invertido aproximadamente \$50 millones en proyectos fotovoltaicos de pequeña capacidad por parte de la empresa privada.

La inversión en energía fotovoltaica según (Pesantez, 2021) se cuadruplicará en Ecuador hasta 2023, con el fin de resolver la demanda de consumo eléctrico en zonas rurales, por lo tanto, se debe prestar atención al desarrollo y diversificación del sistema eléctrico con fuentes de energía renovables rentables, de esa manera son consideradas para la implementación en las zonas remotas de difícil acceso.

Se debe precautelar y trabajar en las alternativas viables para la generación de energía limpia, según (Getachew, 2012), debido a una alta tasa de demanda energética y los impactos climáticos en el sistema hidroeléctrico, existe escasez de energía durante ya mucho tiempo, el problema empeora en las zonas donde el acceso es complicado.

Se debe tener en cuenta, el coeficiente de producción de energía renovable en cada país, (Dalmazzo, 2017), destaca que Costa Rica, México, Ecuador y Panamá poseen un clima tropical, que facilita a la producción de energía renovable, también Costa Rica y Panamá pertenecen a la Alianza de Energía y Ambiente con Centro América (AEA), alianza que cuenta con apoyo de Finlandia, país promotor de energía renovable.

Sin embargo, a diferencia de los recursos gestionables, menciona (Schmid, 2004) las fuentes de energía renovables en mayor grado la solar, son variables e inestables y no pueden responder al aumento de la demanda, lo que conlleva a no tener fiabilidad del sistema, adicional requieren de mayor inversión para su implementación comparadas a las fuentes convencionales.

En ese mismo sentido (Ibarra, 2022), menciona que la existencia de leyes y regulaciones permitirá la adopción de una u otra tecnología, no solo en lo referente a la presencia de incentivos tributarios, sino a una normativa técnica específica que mejore el sistema ya existente.

Finalmente, la elaboración del modelo prospectivo en el sector energético ecuatoriano formulará estrategias que garanticen la seguridad energética y la sostenibilidad ambiental, repotenciando la matriz productiva, tal y como plantea el estudio de Prospectiva Energética del Ecuador 2012-2040, (Ministerio de electricidad y energía renovable, 2015).

2.1. Funcionamiento de sistemas fotovoltaicos

Según (Foronda, 2022), menciona que la generación fotovoltaica se basa en elementos como el silicio, para generar corriente eléctrica cuando se encuentran expuestos a la luz solar.

Tomando en cuenta lo que menciona (Schmid, 2004), sobre que los paneles solares usan una tecnología muy sencilla para su funcionamiento, sus componentes son pocos y el

sol hace que funcionen a pleno rendimiento. Un panel fotovoltaico (PV), comúnmente llamado panel solar, contiene células PV que absorben la luz del sol y estas convierten la energía solar en electricidad.

A su vez, se menciona en la investigación de (Qiu, 2020), que un sistema fotovoltaico consta de varios elementos. Los componentes básicos de un sistema fotovoltaico son las células solares. Una célula solar es el dispositivo eléctrico que puede convertir directamente la energía de los fotones en electricidad.

Los paneles fotovoltaicos captan la luz solar mediante las celdas fotovoltaicas que los integran y que la transforman en corriente continua (CC). Estas celdas están elaboradas con fósforo y boro, que suministran una carga negativa, luego se convierte la corriente continua generada por los paneles solares en corriente alterna (CA) para su uso en el hogar o la empresa, como menciona (Vargas, 2017) y se muestra en la Figura 1.

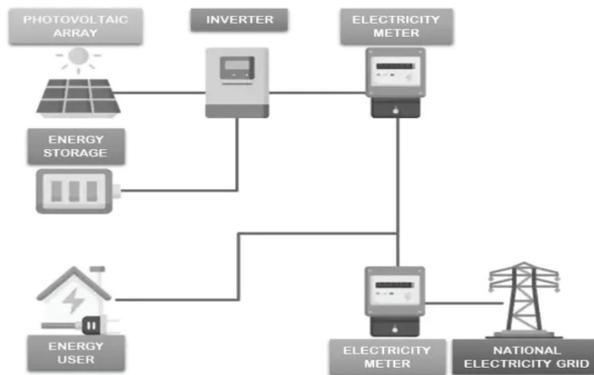


Figura 1 – Conexión eléctrica básica que representa un sistema fotovoltaico híbrido.

También se puede incluir, según (Qiu, 2020) un sistema de almacenamiento de baterías para retener energía solar durante el día para su uso durante la noche o en días nublados, aunque la construcción de paneles fotovoltaicos está teniendo una estandarización notable, no es lo mismo para el caso de las baterías ya que se está innovando continuamente para un mejor rendimiento en autonomía.

2.2. Costos de Energías Eléctricas

Los costos de transmisión y distribución de la extensión de la red eléctrica a hogares dispersos son altos, lo que crea un mercado ideal para las tecnologías energética descentralizadas que se adaptan mejor a la naturaleza dispersa de la población rural en cualquier país como lo menciona (Karekezi, 2002).

Las zonas rurales de difícil acceso se perciben como el lugar ideal para el despliegue de tecnologías de electrificación nuevas e innovadoras que no solo serán rentables sino también ecológicas (Foronda, 2022).

Al mismo tiempo, según (Manju, 2017), menciona que, los materiales de alta eficiencia se descartan del mercado debido a sus costos más altos, aunque hay un progreso interminable en el avance tecnológico de la producción de fabricación de material de células solares, existen limitaciones en los materiales utilizados para la producción de células fotovoltaicas.

Un claro ejemplo es el estudio realizado por (Manju, 2017), el cual argumenta que al realizar casos de implementación reales en la India y sumando la carga actual en potencia activa (W) donde predomina las cargas de artefactos como televisores, radios y lámparas fluorescentes, se estima según el estudio económico del VAN (Valor Actual Neto) y TIR el periodo promedio de recuperación de la inversión oscila entre los 2 y 4 años.

La Empresa Eléctrica Quito, EEQ conserva las tarifas más bajas de la región, en cuanto a los costos por kilovatio hora, kW/h de energía eléctrica consumida, junto a países como: Argentina, Costa Rica y Brasil. Así mismo, las tarifas eléctricas son fijadas por el organismo regulador del Estado que es la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, (AIRAE, 2023).

En estos valores no se aplica IVA a la facturación de electricidad para ninguna tarifa. la ARCERNNR, mediante resolución ARCERNNR-009/2022 del 14 de abril de 2022, determinó que la tarifa nacional promedio del servicio eléctrico seguirá en 9,2 centavos de dólar por cada Kilovatio-hora (¢USD/kWh), precio que se ha mantenido desde el 2020 para más de 5 505 033 de clientes del servicio de energía, (EEQ, 2022).

2.3. Estrategia Energética

La estrategia energética según (Manju, 2017), atrae la generación de energía solar fotovoltaica debido a la abundante luz solar de alrededor de 300 días claros y soleados en un año en particular. Aunque en el mundo se ha desarrollado múltiples formas en la industria solar, tanto en energía solar fotovoltaica como solar térmica.

La eficiencia energética según (Green, 2016), es el obstáculo tecnológico a vencer, por ejemplo, para la energía eólica, la captación máxima del viento es del 40% de la potencia disponible sin importar la tecnología (eje vertical u horizontal o el número de palas).

Por su parte, la energía fotovoltaica, es incapaz de aprovechar todo el potencial proveniente de la luz solar; la tecnología con mejor rendimiento es la fabricada con tecnologías monocristalinas con silicio tipo N, alcanzando una eficiencia del 26.3% (Geen, 2016).

(Schmid, 2004), menciona que China, el país más poblado del mundo, fabrica la mitad de los fotovoltaicos solares del mundo junto con Taiwán y tiene una participación del 60% en el mercado mundial. La tasa de crecimiento de la fabricación fotovoltaica en la India se encuentra en un momento crucial y es solo del 35%.

A su vez, en la investigación de (Mondal, 2010), se ratifica que, si reemplazamos los combustibles fósiles también mejoramos al ambiente con la disminución del dióxido de carbono (CO₂) y además es económicamente atractivo para las pequeñas empresas rurales y la iluminación doméstica con entretenimiento.

Una vez que se toma la decisión de convertir la energía solar fotovoltaica, es necesario definir el enfoque organizativo más adecuado. (Schmid, 2004) considera cuatro alternativas: sistemas solares domésticos, sistemas comunales, sistemas fotovoltaicos en redes locales y sistemas híbridos fotovoltaicos diésel en redes locales.

2.4. Incidencia de Radiación Solar en Ecuador

Siendo Ecuador privilegiado con una buena cantidad de insolación diaria se está evidenciado un incremento en la adquisición de equipos y aparatos que funcionan con el almacenamiento de energía solar proveniente de sistemas fotovoltaicos los cuales está abasteciendo de energía a lugares intransitables donde la iluminación es indispensable tanto para el tránsito diario, como para la seguridad (Banda, 2014).

La ubicación geográfica de Ecuador se convierte en estratégico para impulsar las energías renovables, por lo que el gobierno promueve la transformación de la matriz energética nacional. (Mora, 2015), menciona que Ecuador cuenta actualmente con un mapa de radiación solar elaborado por CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad), donde se presentan los valores promedio de radiación solar en unidades de Wh/m²/día.

Para definir grandes áreas geográficas con alto potencial se requiere un atlas de irradiación solar, la planificación de un sistema fotovoltaico requiere registros fiables de radiación solar, por lo que los datos de intensidad se analizaron por parte de CONELEC.

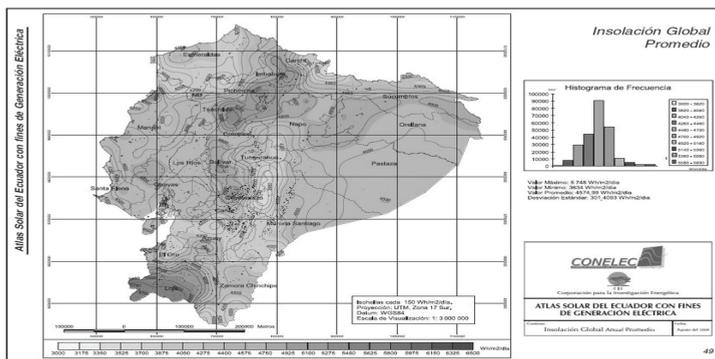


Figura 2 – Mapa solar del Ecuador con fines de generación eléctrica.

La Figura 2 obtenida de (ARIAE, 2023), se muestra el resultado de la interpolación de un total de 36 mapas mensuales, más 3 que corresponden a los promedios anuales, dando un juego de 39 mapas. Cada grilla obtenida a través de este proceso generó una base de datos de aproximadamente 248 000 puntos para cada cobertura en celdas de 1 Km², dando un total de 9 600 000 registros con información de los tres tipos de insolaciones reflejados en el gráfico.

En Ecuador los rayos del sol se dispersan directamente con mayor radiación que en otros lugares del planeta, es decir produce un ángulo de inclinación aproximadamente de 20 a 23 grados, (Banda, 2014), comenta que esto facilita el diseño de sistemas solares fotovoltaicos.

3. Metodología

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo a través de un enfoque cualitativo, donde se buscó establecer una relación entre los temas y a su vez describir la tendencia de las publicaciones en energía renovable fotovoltaica con la ayuda de la base de datos Scopus, las cuales se encuentran enmarcadas entre el 2012 y 2020. El tipo de investigación utilizada que da sustento al objeto de estudio fue la exploratoria siendo su objetivo conseguir información que permita comprender un fenómeno o teoría.

Con el fin de dar apalancamiento al estudio, se utilizó como técnica de investigación bibliográfico - documental a través de un análisis bibliométrico, teniendo en cuenta la importancia de contar con información que sea confiable y adecuada, por lo que se utilizó la base de datos Scopus que fue procesada mediante Big Data en el software VosViewer, surgiendo de esto un análisis de concurrencia en donde se identificaron las palabras claves en conjunto de los diferentes artículos analizados.

3.1. Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico se llevó a cabo utilizando la base de datos Scopus. La ecuación de búsqueda se muestra en la tabla 1.

Ecuación	Número de documentos encontrados en Scopus
“photovoltaic system” AND “renewable energy” AND “lighting”	125

Tabla 1 – Ecuación de búsqueda

En la cual se resaltan las palabras clave: “photovoltaic cells”, “lighting”, “photovoltaic system”, “renewable energy” en la investigación.

Considerando lo anterior, el análisis documental bibliométrico se lo realizó en base a los artículos que fueron más citados, tenían relación explícita en el abstract y el título con el tema.

Año	Título	DOI	Total, de Citaciones
2012	Feasibility study of small Hydro/PV/Wind hybrid system for off-grid rural electrification in Ethiopia	10.1016/j.apenergy.2011.11.059	317
2002	Renewable energy strategies for rural Africa: is a PV-led renewable energy strategy the right approach for providing modern energy to the rural poor of sub-Saharan Africa?	10.1016/S0301-4215(02)00059-9	173
2019	Generating Light from Darkness	10.1016/j.joule.2019.08.009	105

Año	Título	DOI	Total, de Citaciones
2017	Progressing towards the development of sustainable energy: A critical review on the current status, applications, developmental barriers and prospects of solar photovoltaic systems in India	10.1016/j.rser.2016.11.226	91
2000	Photovoltaics in Zimbabwe: lessons from the GEF Solar project	10.1016/S0301-4215(00)00093-8	75
2010	Economic viability of solar home systems: Case study of Bangladesh	10.1016/j.renene.2009.10.038	67
2009	Evaluation of various energy devices for domestic lighting in India: Technology, economics and CO ₂ emissions	10.1016/j.esd.2009.10.005	66
2004	Replacing diesel by solar in the Amazon: short-term economic feasibility of PV-diesel hybrid systems	10.1016/S0301-4215(03)00014-4	65
2012	Opportunities and challenges in setting up solar photovoltaic based micro grids for electrification in rural areas of India	10.1016/j.rser.2012.02.065	56
2020	Coupling an artificial neuron network daylighting model and building energy simulation for vacuum photovoltaic glazing	10.1016/j.apenergy.2020.114624	16
2020	Possibilities of Transition from Centralized Energy Systems to Distributed Energy Sources in Large Polish Cities	10.3390/en13226007	8

Tabla 2 – Tabla bibliométrica

4. Resultados

Teniendo en cuenta la información arrojada por la base de datos de Scopus se procesó la información mediante Big Data con el software VosViewer, se realizó el análisis de coocurrencia en donde se identifica las apariciones conjuntas de las palabras clave en los diferentes artículos analizados. Para este caso el resultado del análisis se evidencia en la Figura 3.

En el análisis de frecuencia de palabras se evidencia que las palabras más utilizadas son: celdas fotovoltaicas, iluminación, sistema fotovoltaico y energías renovables.

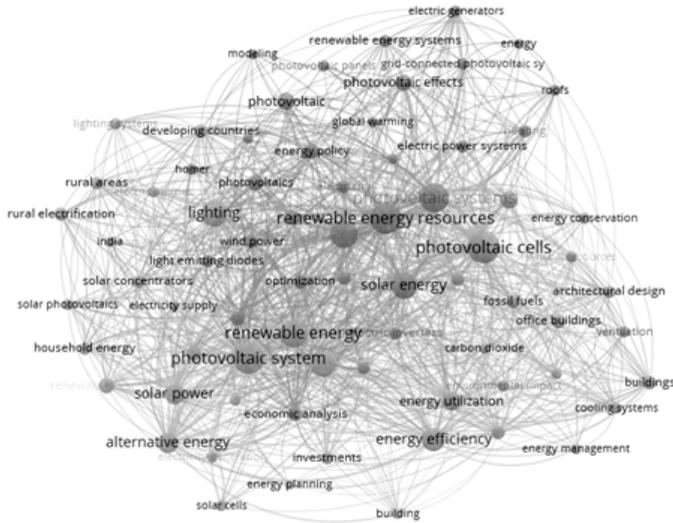


Figura 3 – Análisis de concurrencia en VOSviewer de palabras claves.

De igual forma se utilizó el software Bibliometrix donde se encontraron documentos que arrojaron las tendencias de los temas, “photovoltaics”, desde el 2005 al 2016 aproximadamente, en cuanto a los “photovoltaic systems” estos tuvieron un pico en el 2017, y su rango de tendencia es desde el 2012 al 2020, actualmente la tendencia está relacionada con “solar energy” y “renewable energy”, se muestra en la Figura 4.

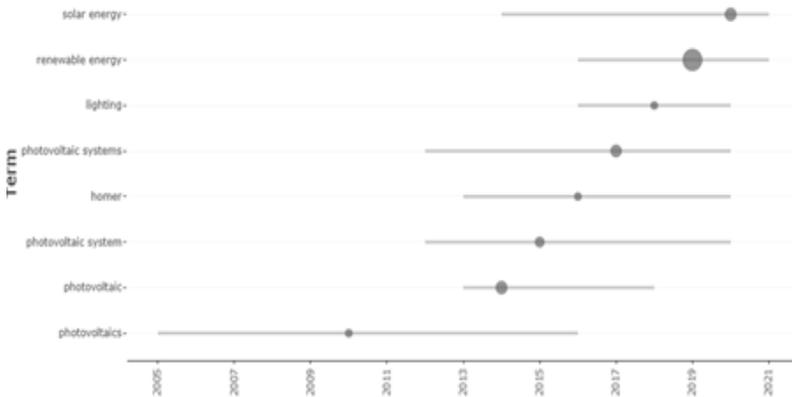


Figura 4 – Tendencia de los temas en una línea de tiempo del 2006 al 2021.

Respecto a revistas y fuentes de información principales en el tema analizado, el software Bibliometrix, permite establecer las evidencias de los resultados en la tabla 3, donde se aprecia que el mayor número de artículos hacen referencia a energías renovables.

al desarrollo y diversificación del sistema eléctrico con fuentes de energía renovables rentables, de esa manera son consideradas para implementarlas en las zonas remotas de difícil acceso como lo menciona (Pesantes, 2021). Es importante conocer las medidas de radiación solar en el lugar a ser implementado los sistemas, se pueden obtener mediante una estación meteorológica y así saber la radiación solar en el lugar determinado en periodos de tiempo, con el fin de calcular la cantidad de energía que será generada por un sistema fotovoltaico como lo menciona (Banda, 2014), una mala planificación y dimensionamiento del sistema puede provocar una iluminación insuficiente o una generación de energía excesiva, lo que aumenta los costos de instalación y mantenimiento. (Ibarra, 2022), menciona que la existencia de leyes y regulaciones permitirá la adopción de estas tecnologías, no solo en lo referente a la existencia de incentivos tributarios, sino a una normativa técnica específica para la implantación de estos sistemas.

En tal sentido, se han establecido los beneficios y desafíos de un Sistema de Energía Renovable Fotovoltaica, como se muestra en la Figura 6.

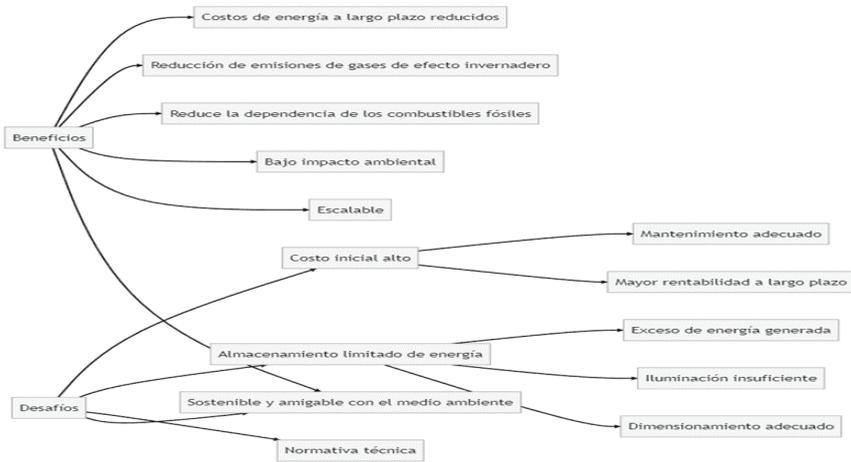


Figura 6 – Diagrama de beneficios y desafíos de un Sistema de Energía Renovable: Fotovoltaica.

Para superar estos desafíos y aprovechar al máximo el potencial de la energía fotovoltaica, es necesario llevar a cabo más investigaciones y desarrollos. Además, se deben tener en cuenta otros factores, como la disponibilidad de recursos naturales, los costos de implementación, la infraestructura y las políticas de apoyo, para lograr una transición exitosa hacia fuentes de energía renovable y sostenible.

Ecuador, gracias a su ubicación geográfica, cuenta con condiciones favorables para la generación de energía a partir de fuentes renovables, especialmente la solar. El gobierno ecuatoriano ha reconocido esta ventaja y está trabajando activamente en la promoción y desarrollo de la energía renovable en el país.

A su vez, la existencia de un mapa de radiación solar confiable permite identificar las zonas con mayor potencial, facilitando la planificación y la implementación de proyectos solares a gran escala. La transición hacia una matriz energética más sostenible no solo

contribuye a la mitigación del cambio climático, sino que también promueve el desarrollo económico y social del país.

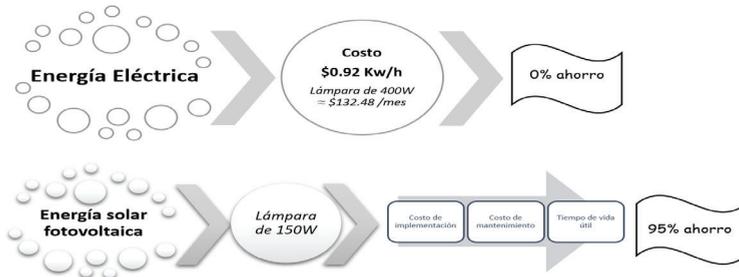


Figura 7 – Comparativo entre Energía Eléctrica vs Energía solar fotovoltaica.

Un sistema de energía solar fotovoltaico para iluminación presenta el 95% de ahorro del consumo de energía eléctrica, frente a un sistema de iluminación tradicional. En consecuencia, la elección entre lámparas de mercurio y lámparas LED para la iluminación es un tema importante a considerar debido a su impacto en el consumo de energía y los costos asociados. Las lámparas de mercurio tienen un consumo de alrededor de 400 W/h, mientras que las lámparas LED consumen menos de la mitad, alrededor de 150 W/h. Considerando un costo de \$0,92 por Kw/h, datos obtenidos de la EEQ (2022), el costo mensual de una lámpara de mercurio sería de \$132,48, mientras que una lámpara LED tendría un costo de \$49,68. Esto representa un ahorro del 63% al elegir lámparas LED en lugar de lámparas de mercurio. Además, si se utilizan sistemas fotovoltaicos para la generación de energía, el costo del consumo de energía eléctrica de la red sería cero, lo que supondría un ahorro significativo y una mayor sostenibilidad como se muestra en la Figura 7. Estos datos resaltan la importancia de considerar tecnologías más eficientes y sostenibles, como las lámparas LED y las fuentes de energía renovable, para reducir tanto el consumo de energía como los costos asociados.

Los niveles de iluminación en los parques de recreación de Ecuador pueden variar según una serie de factores, incluido el tamaño del parque, el tipo de actividades que se llevan a cabo y las regulaciones locales como las normas INEN 069 y CONELEC 008/11, establecen valores desde 25 luxes y con los niveles de uniformidad lumínica general que deben superar el 40% según CONELEC (2011) y el INEN (2016).

6. Conclusiones

Se realizó el análisis de la investigación, el cual tuvo un enfoque cualitativo, siendo el tipo de investigación exploratoria y su técnica bibliográfico – documental, a partir de la base de datos Scopus, mediante Big Data se obtuvo un análisis de concurrencia con VOSviewer, a través de la cual se alcanzó información fehaciente para identificar los autores predominantes que apalancan el objeto de estudio de la investigación. Las palabras claves resultantes fueron: celdas fotovoltaicas, iluminación, sistema fotovoltaico y energías renovables.

Los aportes que se presentan de la referencia bibliográfica mencionan que la energía solar fotovoltaica es la mejor alternativa de estos tiempos, ya que en primera instancia se desea reducir el impacto producido por las energías fósiles que producen afectaciones al calentamiento global, sin embargo, al ser un sistema confiable, seguro y natural aún tiene sus desventajas y son los altos costos de implementación.

Un sistema fotovoltaico presenta ventajas en la iluminación de zonas rurales como una solución efectiva y amigable con el medio ambiente, que puede mejorar la calidad de vida de las personas, contribuye a la seguridad, el disfrute de los espacios públicos y mejorara el desarrollo sostenible de las comunidades en los sectores rurales del país.

El uso de una lámpara fotovoltaica en sustitución de una lámpara tradicional proporciona un importante ahorro energético. Al aprovechar la energía solar y evitar la dependencia de la red convencional existente, las lámparas fotovoltaicas son eficientes y sostenibles, lo que reduce significativamente el consumo de electricidad lo que se traduce en ahorros económicos a largo plazo.

La investigación es un aporte bibliográfico como punto de partida en el área de energías renovables y en especial de sistemas fotovoltaicos, teniendo en cuenta la información arrojada por la base de datos de Scopus la cual se procesó mediante Big Data con el software VosViewer. A su vez analizados a través de bibliometrix obteniendo una nube de palabras más utilizadas en los artículos, lo que garantiza una base de datos confiable, para investigaciones futuras y sus aplicaciones en estos campos de estudio.

Referencias

- Aaswath, P., Wei, L., Shanhui, F.: Generating Light from Darkness. *Joule* 3(11), pp. 2679-2686 (2019).
- Antunes, A. A. (2004). Sistemas XYZ. In Sousa A. J. (Ed.), *Tecnologias Internet*. Editora Xxxpto.
- Ariae (asociación iberoamericana de entidades reguladoras de energía), <https://www.ariae.org/>, last accessed 2023/05/25.
- Banda, D., Pena, R., Gutierrez, G., Juarez, E., Visairo, N., & Nunez, C.: Feasibility assessment of the installation of a photovoltaic system as a battery charging center in a mexican mining company. 2014 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC), pp. 3-8 (2014).
- Barragán, E., Zalamea, E., Terrados, J., Vanegas. P.: Factores Que Influyen En La Selección de Energías Renovables En La Ciudad. EURE. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, vol. 45, no. 134, pp. 259-277. (2019).
- Barzola, J., Montes, M.: Performance Analysis of Hybrid Solar/H₂/Battery Renewable Energy System for Residential Electrification. *Energy Procedia* 158, pp. 9-14 (2019)
- Catalán, H.: Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México. *Problemas del desarrollo*, 52(204), 59-83 (2021).
- Consejo Nacional De Electricidad, Regulación No. CONELEC 008/11, pp. 10-13, CONELEC, Quito, Pichincha, (2011).

- Dalmazzo, E., Valenzuela, B. & Espinoza-Brito, L.: Producción de energía renovable no tradicional en América Latina: economía y políticas públicas. *Apuntes Revista de Ciencias Sociales* 44(81), pp. 67–87 (2017).
- Empresa Eléctrica Quito, <http://www.eeq.com.ec/>, last accessed 2022/07/22.
- Foronda, L., Trejos, L. & González, D.: Evaluación de herramientas computacionales para análisis de sistemas fotovoltaicos. *Ingeniería y Competitividad*, 24(2). (2022).
- Getachew, B., Getnet T.: Feasibility study of small Hydro/PV/Wind hybrid system for off-grid rural electrification in Ethiopia. *Applied Energy* 97, pp. 5-15 (2012).
- Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W., Dunlop, E. D., Levi, D. H. Y Ho-Baillie, A. W. Y. (2016): “Solar cell efficiency tables (version 49)”, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 25, n° 1, pp. 3-13.
- Ibarra, M.: Decentralized renewable hybrid mini-grids for sustainable electrification of off-grid coastal áreas. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), pp. 15–25 (2022)
- Instituto Ecuatoriano De Normalización (INEN), Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE) 069, INEN, Quito, Pichincha, (2016).
- Karekezi, S., & Kithyoma, W. (2002). Renewable energy strategies for rural Africa: is a PV-led renewable energy strategy the right approach for providing modern energy to the rural poor of sub-Saharan Africa?. *Energy policy*, 30(11-12), 1071-1086.
- Manju, S., & Sagar, N. (2017). Progressing towards the development of sustainable energy: A critical review on the current status, applications, developmental barriers and prospects of solar photovoltaic systems in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 298-313.
- Ministerio de electricidad y energía renovable, <https://info.undp.org/docs/>, last accessed 2015/05/10.
- Mondal, M. A. H. (2010). Economic viability of solar home systems: Case study of Bangladesh. *Renewable Energy*, 35(6), 1125-1129.
- Mora, G.: Características energéticas de una placa fotovoltaica, por variación de ángulo de inclinación, frente a la radiación solar en Ecuador. *Yachana Revista Científica*, pp. 2-4 (2015).
- Panguloori, R., Mishra, P., & Kumar, S.: Power distribution architectures to improve system efficiency of centralized medium scale PV street lighting system. *Solar Energy* 97, pp. 405–413 (2013).
- Pesantez, J.-P., Ríos-Villacorta, A., & González-Redrován, J.: Integración de Sistemas Solares Fotovoltaicos en el Sector Camaronero Intensivo y Extensivo del Ecuador: Caso de Estudio en la Provincia de El Oro. *Revista Politécnica* 47(2), pp. 7–16 (2021).
- Qiu, C., Yi, Y. K., Wang, M., & Yang, H. (2020). Coupling an artificial neuron network daylighting model and building energy simulation for vacuum photovoltaic glazing. *Applied Energy*, 263, 114624.

- Schmid, A. L., & Hoffmann, C. A. A. (2004). Replacing diesel by solar in the Amazon: short-term economic feasibility of PV-diesel hybrid systems. *Energy Policy*, 32(7), 881-898.
- Vargas, C., Jesús, G., Katherine, R., & Alberto, R.: Sistema de Iluminación Fotovoltaico en el Alumbrado Público Gestionado a través de una Plataforma Cloud/GIS. *Revista Politécnica* 39(1), pp. 59-66 (2017).