

Análisis del estado del arte de la implementación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable en el departamento de la Guajira.

Daniel Eduardo Ariza F, Estudiante del programa de Ingeniería Industrial, Yuly Patricia Orjuela, Estudiante del programa de Ingeniería Industrial, Ing. Luisa Fernanda Alcalá Zárata, Magister en Ingeniería Administrativa – Magister en innovación, Ing. Oscar Emmanuel Granados Delgado, Magister en Ingeniería Mecánica

¹Universidad Santo Tomás, Sede Bogotá, Colombia, danielariza@usantotomas.edu.co
yulyorjuela@usantotomas.edu.co, luisaalcala@usantotomas.edu.co, oscar.granadosd@gmail.com

Abstract. La Guajira is a region belonging to the Colombian Caribbean that relies energetically on thermoelectric plants, since the transport of energy to remote areas and difficulties of access is very expensive, in 2017 a study was developed in which it was found that people living in a certain area of Uribia north of La Guajira which is considered a secluded area of the country only 26% of that population had electricity while that the remaining 74% did not have such service, thus creating problems with the refrigeration of their perishable food, insecurity late at night and early morning among other problems. Thanks to its geographical location, environmental and climatic conditions, La Guajira in general is a good source of clean or alternative energies. The objective of this research is to know and understand the state of the art of electrification, its access, degree of use, and especially the implementation of clean, renewable energies that are environmentally friendly, in the remote and hard-to-reach rural areas of La Guajira, taking into account the limitations of the area, budgets, environmental elements, among others.

Keywords Clean or alternative energies, thermoelectric plants, optimization.

Resumen - La Guajira es una región perteneciente al Caribe colombiano que depende energéticamente de plantas termoeléctricas, ya que el transporte de la energía a las zonas apartadas y con dificultades de acceso es muy costoso, en el 2017 se desarrolló un estudio en donde se encontró que las personas que viven en cierta zona de Uribia al norte de La Guajira la cual es considerada una zona apartada del país solo el 26% de dicha población contaban con energía eléctrica mientras que el 74% restante no tenían dicho servicio, generando así problemas con la refrigeración de sus alimentos perecederos, inseguridad a altas horas de la noche y madrugada entre otros problemas. Gracias a su ubicación geográfica, condiciones ambientales y climatológicas, La Guajira, en general, cuenta con buenas fuentes de energías limpias o alternativas. El objetivo de esta investigación es conocer y comprender el estado del arte de la electrificación, su acceso, grado de utilización, especialmente la implementación de energías limpias, renovables que sean amigables con el medio ambiente, en las zonas rurales apartadas y de difícil acceso de La Guajira, teniendo en cuenta las limitaciones de la zona, presupuestos, elementos medioambientales, entre otras.

Palabras claves - Energías limpias o alternativas, plantas termoeléctricas, optimización.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.107>
ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

I. INTRODUCCIÓN

En el Caribe del norte colombiano se ubica el departamento de La Guajira, con una superficie de 20,848km² lo que corresponde al 1,8% del territorio nacional, lo conforman 15 municipios y 142 centros de población los cuales están distribuidos en tres subregiones: Alta Guajira, Media Guajira y Baja Guajira. Posee la mayor diversidad étnica y concentra el 20% de la población indígena en Colombia. Está caracterizada por su clima cálido, seco e inhóspito, con altas temperaturas las cuales pueden ir entre 28°C hasta 38°C, cuentan con intensidad alta de vientos lo que provoca niveles de evaporación elevados; tiene una población de 1'040.157, datos del 2018 según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística [1] (DANE) los cuales representan el 2% de la población total del país con una densidad de 49 *personas/km²*

Sus límites geográficos son el Mar Caribe en el norte; en el este el Mar Caribe y Venezuela; en el sur el departamento del Cesar y una parte del departamento del Magdalena y al oeste se encuentra el Mar Caribe y otra parte del departamento del Magdalena [2]

Gracias a la ubicación geográfica, las condiciones ambientales y climatológicas, La Guajira es considerada una región rica en fuentes de energías limpias o alternativas por las que el Gobierno Nacional está apostando, teniendo en cuenta que dentro del Plan Nacional de Desarrollo (PND) [3] se encuentra consignado pasar de generar 22.4 MW a 1.500 MW de energía eléctrica en todo el país para el año 2020 por medio de Fuentes no convencionales de energías renovables tales como la eólica y la solar o fotovoltaica.

La Guajira presenta diversas falencias en cuanto a la cobertura del sistema de energía eléctrica,

especialmente en zonas rurales apartadas debido a la deficiencia de redes de transmisión. Del mismo modo, existe una gran dependencia en cuanto a las fuentes de energías térmicas (plantas termoeléctricas) las cuales generan energía con altos costos e impactos negativos al medio ambiente.

En un estudio realizado en el año 2017 llamado “Uso de electricidad de las comunidades indígenas según el umbral de subsistencia en La Guajira, Colombia” [4] se observan resultados interesantes en cuanto al acceso y uso de la electricidad en comunidades indígenas rurales al norte de La Guajira, de los 381 hogares entrevistados (en una ranchería indígena Wayúú), el 74% manifestó no tener acceso al servicio de energía eléctrica y los que tienen acceso al servicio manifestando una mala percepción de la calidad de este servicio.

II. MARCO TEÓRICO

El sol es una gran fuente de energía, pero aún con el crecimiento que ha tenido la tecnología en este mundo globalizado, no se aprovecha de la mejor manera. La radiación solar, en comparación con otros métodos de captación y transformación de energía tiene ventajas significativas a pesar de sus limitaciones en cuanto a variabilidad y potencia, entre las cuales cobran importancia especial el carácter renovable o incluso inagotable por su misma naturaleza y el bajo impacto ambiental.

Por otro lado, la implementación de la energía solar enfrenta diversas dificultades, siendo la más significativa los altos costos de implementación y la variabilidad asociada a la ausencia de luz solar, lo cual se encuentra totalmente fuera del alcance del hombre. Adicionalmente, se identifica la baja potencia y eficiencia en cuanto a la infraestructura y tecnología de generación de energía

Pero, para su utilización, es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia, lo que conllevan a la necesidad de almacenamiento para su posterior aprovechamiento. La baja densidad de potencia resulta en que es una fuente extensiva: para mayor potencia, mayor extensión de equipos de conversión. La ingeniería solar precisamente se ocupa de asegurar el suministro confiable de energía para el usuario teniendo en cuenta estas características.

La energía solar se transforma en la naturaleza en otras formas de energía, como biomasa y energía eólica, pero también se puede manifestar en otros tipos de energía como calor y electricidad. Las aplicaciones más difundidas en Colombia son el calentamiento de agua —para uso doméstico,

industrial y recreacional (calentamiento de agua para piscinas)— y la generación de electricidad a pequeña escala. Otras aplicaciones menos difundidas son El secado solar de productos agrícolas y la destilación solar de agua de mar u otras aguas no potables.

Actualmente, la energía solar ha tenido un aumento en su aceptación en los últimos años, gracias a la creciente conciencia acerca del cambio climático y a la búsqueda constante de mejorar el acceso a la energía eléctrica, su cobertura y su calidad; por dicha razón es importante analizar el estado actual de su implementación en Colombia, más específicamente en La Guajira. Así mismo, es de gran importancia la constante búsqueda de la reducción de los costos para la generación de energía solar tales como los materiales y equipos que se necesitan para implementar dicha tecnología.

Colombia es un país que depende en gran medida de la energía hidroeléctrica y los combustibles fósiles. Por dicha razón, la generación de energía se encuentra sujeta a gran variabilidad según los cambios climáticos y fenómenos naturales; un ejemplo de dichos factores son los periodos largos de sequía que en muchos casos generan una disminución en la disponibilidad de las fuentes hídricas. Por otro lado, los periodos de abundantes precipitaciones ocasionan todo tipo de inundaciones y generan un gran aumento en los caudales de los ríos ocasionando problemas en el funcionamiento de muchas hidroeléctricas. Por lo tanto, toma mayor importancia la implementación de energías alternativas como lo es la solar [5]

Los principales retos que afronta la implementación de la energía solar en Colombia se relacionan con la falta de ayuda financiera y el alto precio de los equipos, haciendo que dicha implementación sea de altos costos [6]. Adicionalmente, existen otras barreras que impiden el desarrollo y crecimiento de las energías renovables las cuales son la falta de capital humano, las políticas que se encuentran centralizadas y enfocadas en las tecnologías convencionales y la falta de incentivos por parte del gobierno nacional [7]

La implementación de energía solar tiene como ventajas la posibilidad de brindar acceso a la electricidad sin conectarse a las redes convencionales; por otro lado, maximizar el uso de la electricidad generada por el sistema fotovoltaico, ayuda a reducir la huella ecológica ya que la acumulación de esta durante el día puede utilizarse durante la noche, utilizar la electricidad de la red reduce las emisiones de dióxido de carbono.[8]

“Ley 1715 de 2014 [9], artículo 1o: la presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.” [10]

Por otro lado, la energía solar tiene ciertas desventajas, las cuales consisten en factores asociados por el clima, la radiación solar y la eficiencia de las celdas fotovoltaicas. En primera instancia, la ausencia de sol en días nublados o lluviosos y en las noches representan un reto importante a la hora de implementar este tipo de energía, donde la solución sencilla es la implementación de sistemas de almacenamiento de energía (baterías o acumuladores), que a su vez representan un porcentaje alto en el valor de la inversión en equipos e implementación inicial del sistema [11]

Las celdas fotovoltaicas presentan una baja eficiencia, por lo que se debe buscar una relación entre costo-eficiencia óptima a la hora de seleccionar el tipo de celdas a utilizar. Es importante resaltar que las eficiencias más altas corresponden a un valor máximo de 27% aproximadamente, el cual se da en celdas cristalinas, mientras que en las comerciales más comunes se observan valores entre el 5% y el 10% de eficiencia en la conversión de energía solar.

Según el mapa de energía solar en la región Caribe, el cual fue desarrollado gracias a datos extraídos de la Meteorología de superficie de la NASA y energía solar [12] la región caribe tiene un potencial de generación promedio anual de energía fotovoltaica de alrededor de 1554.47 KWh/kwP y un rendimiento que ronda en el 79.63%.

Una posibilidad que se utiliza para la implementación de los sistemas fotovoltaicos domésticos a un menor costo es la instalación de paneles sin sistemas colectores de energía, lo que representa que el sistema solo opera durante los momentos de sol, pero con la desventaja que no se cuenta con energía en los momentos de sombra o en las noches, donde es esencial.

Según diversos estudios e investigaciones realizadas con el fin de conocer el potencial energético presente en el departamento de La Guajira y a su vez las diversas implicaciones derivadas del clima, se hace uso de software especializado para análisis de datos estadísticos, los cuales son suministrados por la Unidad de Planificación Minera y Energética de Colombia, donde se especula que para el 2050 La Guajira sería uno de los más importantes proveedores de la demanda energética del país [2]

El método teórico, basado en el modelo de equilibrio detallado, se aplica a dispositivos con 2 a 6 uniones bajo diferentes condiciones de iluminación. Como resultado se demostró que los picos en la distribución de la eficiencia ocurren para valores recurrentes de energía en el espectro de altas frecuencias, correspondiente a la absorción atmosférica en el espectro solar. Destacando que las altas eficiencias de conversión tienen lugar para una amplia distribución de la combinación de energía del espectro, lo que hace que la elección de los materiales para el dispositivo sea más flexible. Por lo tanto, con base en los resultados generales, proponen más de cien candidatos a material semiconductor III-V, II-VI y IV para la fabricación de dispositivos altamente eficientes [13]

La implementación de la generación de energía fotovoltaica tiene una característica muy importante, la cual consiste en la simultaneidad, la cual se traduce como la posibilidad de producir y consumir la energía al mismo tiempo. Dicha característica es una gran ventaja, pues indica un gran ahorro al disminuir emisiones futuras y al mismo tiempo reduce las pérdidas ocasionadas por las redes de transmisión y transporte de la energía.

III. METODOLOGÍA

El presente estudio tiene como propósito analizar y comprender los aspectos y criterios relacionados al estado del arte de la energía solar, su acceso, grado de utilización y especialmente su uso en las zonas rurales apartadas y de difícil acceso de La Guajira.

La metodología para seguir es realizar una recopilación de bibliografía usando palabras claves tales como energía, solar, fotovoltaica, celdas, tecnología, desarrollo, proyecto, rural, Colombia. Con dichas palabras, se realizan diversas ecuaciones de búsqueda tanto en inglés como en español y se lleva a cabo un análisis bibliográfico de artículos, revistas y documentos en general.

Las bases de datos tales como Science Direct, Dialnet, Nature, Scopus, Google Académico, entre muchas otras, fueron fuentes valiosas de información gracias a la implementación de las

ecuaciones de búsqueda. Entre los índices usados para priorizar la información adquirida se usaron, por ejemplo, el número de citas, coincidencias con la palabra Colombia y en algunos casos la inclusión del término “La Guajira” como término clave en la búsqueda.

Una vez relacionados los términos “Colombia” y “La Guajira”, se redujeron significativamente los resultados obtenidos en las búsquedas, los cuales se analizaron con la herramienta Voyant Tools, con la cual se identificaron palabras que se repetían de manera frecuente en dichos artículos y cómo esas palabras estaban relacionadas entre sí. De manera ilustrativa se presenta una gráfica donde se muestra la información arrojada por el instrumento usado. Voyant es una herramienta diseñada para facilitar la lectura e interpretación de estudiantes y académicos la cual nos permite mostrar el total de palabras, su léxica, distribución textual y entre otras posibilidades los cuales se compara entre varios documentos; esta herramienta identifica cuales son los términos más frecuentes, el número de veces que estos aparecen y refleja las concordancias de cada palabra y su repetición gráfica al respecto.

A continuación, se muestra la ilustración de las palabras que más se repiten en los documentos comparados; las palabras que se encuentran con un tamaño más grande son las que se repiten con más frecuencia y van disminuyendo su tamaño por la misma razón. En la segunda imagen la herramienta TermsBerry la cual es la segunda imagen que se observa en el documento está destinado a combinar el poder de visualizar términos de alta frecuencia con la utilidad de explorar cómo esos mismos términos coexisten (es decir, hasta qué punto aparecen cerca unos de otros).

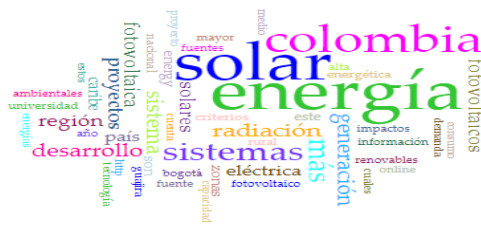


Imagen 1: (Palabras destacadas de búsqueda con la herramienta Voyant Tools)

El resultado obtenido por Voyant Tools, permitió a través de los términos claves identificados, la posibilidad de acotar la búsqueda y a su vez, valorar y filtrar la información adquirida. De esta manera, se logra alinear el análisis y minería de datos con el objetivo de la investigación.

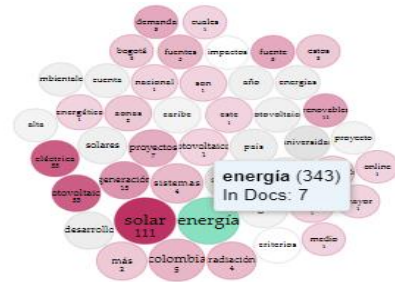


Imagen 2: Relaciones entre palabras. Herramienta Voyant Tools.

Se analizan finalmente 18 artículos entre los cuales la relación más fuerte arrojada por Voyant tools se da con el término energía, el cual se relaciona con fuentes, solar, fotovoltaica, generación, sistemas, entre otros. Mostrando de una manera gráfica y sencilla que los resultados de filtrar los documentos analizados se encuentran relacionados con los objetivos de la investigación y su terminología.

El siguiente paso, es realizar una lectura crítica de los documentos seleccionados, los cuales suman una cantidad de 8 posteriormente a los filtros y valoraciones aplicadas. Seguidamente se busca clasificar, ordenar e identificar relaciones y patrones que conlleven a encontrar información valiosa para la investigación.

IV. RESULTADOS

Colombia produce suficiente energía para cubrir su demanda, sin embargo, el país depende en primera medida de la generación de energía hidráulica ya que esta posee la tercera mayor capacidad hidroeléctrica instalada en América del Sur, con alrededor de 11.725 MW, y de manera secundaria por los hidrocarburos.

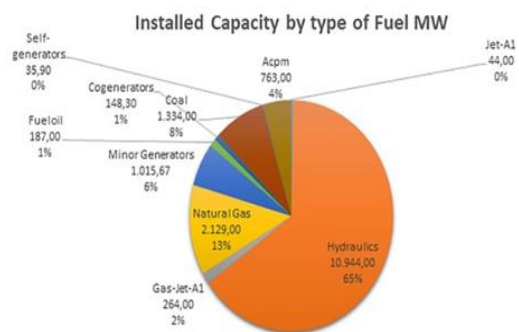


Imagen 3. Capacidad instalada por tipo de combustible MW

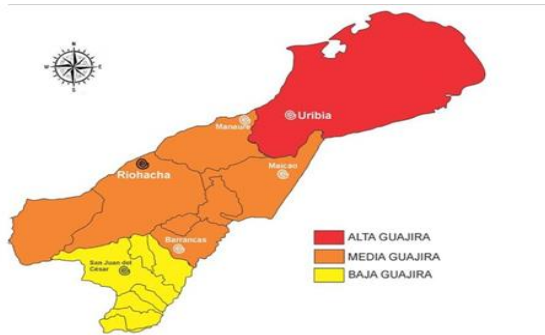


Imagen 4. Subregiones del departamento de La Guajira, Colombia. [2]

Indicadores de cobertura en servicios públicos por municipios

Municipio	Indicador	Año				
		2011	2012	2013	2014	2015
Albania	Índice de cobertura eléctrica	61	85	85	85	
Barrancas	Índice de cobertura eléctrica	97	88	91	91	
Dibulla	Índice de cobertura eléctrica	96	77	71	71	
Distracción	Índice de cobertura eléctrica	75	79	82	82	
El Molino	Índice de cobertura eléctrica	86	94	94	94	
Fonseca	Índice de cobertura eléctrica	98	100	100	100	
Hatonuevo	Índice de cobertura eléctrica	96	87	90	90	
La Jagua del Pilar	Índice de cobertura eléctrica	84	93	94	94	
Maicao	Índice de cobertura eléctrica	98	98	98	98	
Manaure	Índice de cobertura eléctrica	21	35	37	37	
Riohacha	Índice de cobertura eléctrica	98	95	96	96	
San Juan del Cesar	Índice de cobertura eléctrica	99	99	99	99	
Uribia	Índice de cobertura eléctrica	14	13	19	19	
Urumita	Índice de cobertura eléctrica	63	79	84	84	
Villanueva	Índice de cobertura eléctrica	90	96	97	97	

Imagen 5. Indicadores de cobertura en servicios públicos por municipios.

Según datos del DANE, aproximadamente un 45,2% en La Guajira es población rural principalmente en municipios como Uribia con un 92,8%, Dibulla con un 83,8% y en menor medida Distracción y Manaure con más del 50%. Por otro lado, al analizar los índices observados en la imagen 5, el municipio con menor índice de cobertura de energía eléctrica es Uribia con apenas un 19%, Manaure con un 37% y Dibulla con un 71%, los cuales han sido mencionados anteriormente por poseer en mayor medida población rural.

La Guajira alta es la que tiene a la población Wayuu, principalmente en el municipio de Uribia el cual presenta un índice muy bajo de cobertura de energía eléctrica, adicionalmente por encontrarse en la zona geográficamente más desértica se observa un problema asociado al sistema de transporte y acceso a la energía. Por otro lado, en la media Guajira se encuentran los municipios de Dibulla y Manaure los cuales se ven afectados por los bajos índices de cobertura de energía eléctrica.

Para el año 2017 la capacidad instalada de generación de energía en La Guajira era aproximadamente de 304,42 MW dentro de los

cuales el 94% corresponden al carbón y el 6% restante corresponde a una instalación de aerogeneradores. La falta de conexión a la red conlleva a que La Guajira consuma más energía de la que produce, por lo que se hace necesario suplir dicha demanda a través de redes de transporte de energía aumentando en gran medida los costos asociados a dicho medio de producción.

La radiación promedio anual en la Guajira, según información obtenida de la UPME, oscila entre los 5,5 y los 7,0 KWh/m2. La capacidad instalada de energías renovables no convencionales especialmente las de sistemas eólicos y solares excluyendo a las grandes hidroeléctricas es de 28,1 MW los cuales se esperan que representen hasta el 14 % de la capacidad total de generación de energía en el 2030.



Imagen 6. Plantas solares en La Guajira

Se evidencia la existencia de 2 plantas solares en La Guajira, siendo la primera un proyecto de potencial nominal de 9,9 MW ubicada en Mingueo corregimiento de Dibulla y una segunda en Cuestecitas con un potencial nominal de 600 MW. Existe una tercera planta, la cual corresponde al parque Jepirachi en el municipio de Uribia que gracias a vientos de alrededor de 9,8 metros por segundo mueve 15 aerogeneradores de 1,3 MW cada uno generando una capacidad instalada de potencia nominal total de 19,5 MW.

A pesar de las plantas de generación de energía por métodos no convencionales existentes en el departamento de La Guajira, se observa un crecimiento en cuanto a los proyectos relacionados con este tipo de energías que se encuentran en desarrollo pero que en muchos casos no se encuentran conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y obedecen en gran parte de ellos a sectores privados.

La UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética) [14] posee información valiosa relacionada al desarrollo de los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS), en los cuales busca identificar e implementar estrategias de desarrollo de energía rural considerando las

V. ANÁLISIS DE DATOS

características de cada región. Es así como según PERS-Guajira, actualmente hay 22 proyectos de energía renovable en la subregión de la Guajira alta, 21 en la Guajira media y uno en la Guajira baja, para un total de 44. Es importante recalcar que dos (2) de los proyectos son de tecnología solar térmica, cinco (5) son tecnología solar-eólica y 36 son de tecnología solar fotovoltaica.

Por otro lado, un (1) proyecto híbrido es tecnología solar-fotovoltaica-eólica y un (1) proyecto es tecnología eólica. Es necesario resaltar que no todos estos proyectos contribuyen al SIN, y son en su mayoría enfocados al autoconsumo autónomos o privados aislados de la red eléctrica. [2]

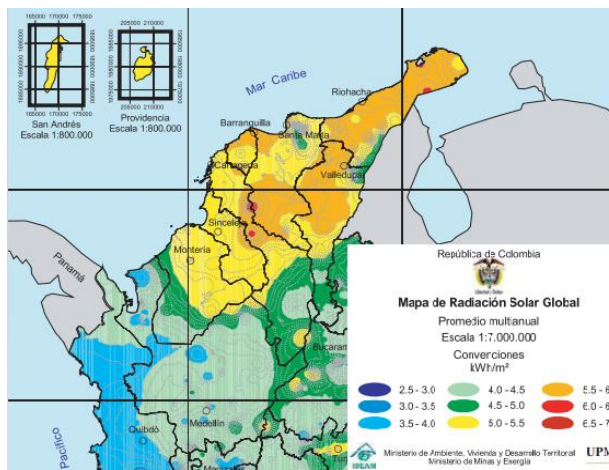


Imagen 7: Mapa de radiación solar global en Colombia..

Resulta interesante cómo se desarrollan diversas alternativas en cuanto a las instalaciones de generación de energía con proyectos híbridos que permiten la adaptación ante diversas condiciones climatológicas, geográficas y características propias de una región. Por lo tanto, los sistemas híbridos o mixtos suponen soluciones ante las desventajas de los sistemas de producción de energía no convencionales ya mencionadas con anterioridad en el presente documento.

Un ejemplo de este tipo de sistemas es el observado en Nazaret y Puerto Estrella (La Guajira), el cual “consiste en un sistema híbrido de batería solar-Diesel para la generación de electricidad a partir de 1200 módulos fotovoltaicos con una capacidad de 320 kWp y ocho seguidores solares con una capacidad instalada total de 100 kWp.” (Carvajal-Romo, Valderrama-Mendoza, Rodríguez-Urrego, Rodríguez-Urrego, 2019)

La diversificación en las fuentes de generación de energía alternativa es necesaria para evitar problemas relacionados con cambios climáticos o fenómenos naturales, tales como el fenómeno del niño, nombre popular dado a fuertes sequías que se presentan en ciertos periodos de tiempo en Colombia, los cuales generan una disminución en la producción energética la cual depende enormemente del sector hidroeléctrico, pero que en el caso de La Guajira, la energía producida corresponde en un 94% al carbón como fuente y solo un 6% a fuentes de energías renovables alternativas como la energía eólica.

La radiación promedio anual en la Guajira, según información obtenida de la UPME y representada en la imagen 5, oscila entre los 5,5 y los 7,0 KWh/m². siendo dicho índice uno de los más altos a nivel Colombia, y a su vez, muestra el gran potencial que tiene la región en cuanto a la implementación de sistemas fotovoltaicos para la generación de energías limpias. Adicionalmente, se observa que la proyección según la capacidad de la Guajira es que para 2030 los sistemas de generación de energías renovables no convencionales representen al menos un 14%, y para 2050 sólo la energía solar fotovoltaica podría representar más del 40% de la demanda nacional de energía eléctrica si el gobierno colombiano decidiera implementar la instalación sistemática de paneles solares en el departamento de la Guajira [2]

Sin embargo, el hecho de que gran parte de dichos proyectos sean para autoconsumos o privados aislados de la red eléctrica, dejan en evidencia que no existe un plan de diversificación en cuanto a la oferta de energía eléctrica, sino que, por el contrario, los proyectos son aislados y obedecen a esfuerzos pequeños y destinados a cumplir una demanda específica de cierto sector.

Como se observa entonces, la capacidad de implementar sistemas fotovoltaicos a bajo costo se encuentra muy limitada por los altos costos de las celdas de dichos sistemas y demás herramientas y tecnologías necesarias para llevar a cabo dichos proyectos, pero se encuentra la posibilidad de poner en práctica los sistemas híbridos capaces de reducir costos asociados al mantenimiento y la implementación del proyecto, pero que generan beneficios adicionales al hacerlos sostenibles y amigables con el medioambiente, permitiendo la electrificación en comunidades rurales apartadas.

Las posibilidades de implementar la energía fotovoltaica a bajo costo, se relacionan directamente con la ausencia de sistemas de almacenamiento. Sin

embargo, es necesario tener en cuenta costos asociados a mantenimientos del sistema de almacenamiento, reemplazo de baterías desgastadas o inutilizadas, que pueden reducirse al aplicar sistemas híbridos. Desde sistemas que combinan energía fotovoltaica con hidrocarburos para funcionar en días nublados o en horario nocturno, hasta sistemas híbrido solar-Diésel, que hacen uso de baterías solares-Diesel para generar electricidad en caso de fallas con el sistema fotovoltaico.

Por otro lado, la energía solar abre nuevas posibilidades, dado que tiene gran potencial de uso en temas como potabilización de agua, cocinas solares, entre otros. Al respecto, es importante señalar que en muchas zonas rurales e incluso urbanas en Colombia, especialmente en La Guajira, la calidad del servicio de agua es de mala calidad y los entes gubernamentales locales indican que no es del todo apta para el consumo humano directo, teniendo que usar métodos como hervir el agua para que pueda ser consumida por el ser humano (Barajas Forero, 2016).

Por lo tanto, las energías alternativas y renovables no se limitan solo a la producción energética o electrificación, sino que abre un camino de nuevas posibilidades para lograr mayor viabilidad en la implementación de dichos proyectos. Esto se logra mediante la generación de beneficios a partir del aprovechamiento de los efectos secundarios de sus implementaciones como lo son la temperatura emitida por los paneles solares, el movimiento en el caso de la energía eólica, entre otras.

V. CONCLUSIONES

Aunque La Guajira presenta bajos índices de nubosidad durante el año, el uso de sistemas híbridos permite no solo un mayor impacto y mejor equilibrio en los métodos de producción de energía en comunidades rurales o apartadas, sino que permite reducir costos futuros en cuanto a mantenimientos e intervalos de tiempo donde el sistema no podrá generar energía suficiente a causa del clima. Adicionalmente, reduce las emisiones e impactos ambientales, al hacer uso de la radiación solar como fuente de energía limpia, renovable y alternativa.

La energía en La Guajira depende de combustibles fósiles para su generación, y a nivel Colombia depende en gran medida de las hidroeléctricas por lo que existe una necesidad clara de diversificar y generar energía a partir de fuentes renovables y

alternas a las convencionales. Los índices de radiación solar en La Guajira y la velocidad de los vientos facilitan la implementación de las energías limpias, pero hasta el momento solo cuenta con dos parques solares y uno eólico que no representan una porción significativa de la energía consumida en La Guajira.

Dados los altos costos de implementación para las energías limpias como la solar y la eólica, se identifica la necesidad de apoyo por parte del Estado para que dichos proyectos puedan ser llevados a las zonas rurales y/o apartadas en La Guajira, las cuales poseen índices bajos de acceso a la energía eléctrica en comparación con la media en La Guajira y a nivel nacional. Por otro lado, dicha necesidad se evidencia aún más al comprender que el problema más grande de dichas zonas es el alto costo del transporte de la energía, el cual sería superado con fuentes de producción aisladas o no conectados a las redes eléctricas nacionales.

Lo que se puede observar en La Guajira es una oportunidad de cambio y gran éxito a futuro, puesto que, se podría suplir las necesidades energéticas del país aprovechando al máximo sus magníficas condiciones para la generación de energía eólica y solar; adicionalmente, existe una alternativa para disminuir el problema que se está viviendo con el calentamiento global y así mismo combatir la pobreza, desnutrición y mortalidad que se ve a gran escala en este departamento.

Para el Departamento de La Guajira el potencial fotovoltaico de la región casi triplica la demanda nacional con sus condiciones y perspectivas actuales. Si el gobierno colombiano decidiera llevar a cabo un esquema de instalaciones de paneles solares en el departamento, para 2050 se esperaría tener 40% más de electricidad producida, que la demanda nacional (Carvajal-Romo, Valderrama-Mendoza, Rodríguez-Urrego, Rodríguez-Urrego, 2019).

Para finalizar, se menciona la posibilidad de hacer más viables los proyectos de producción de energías limpias por medio de usos alternativos de los elementos derivados del funcionamiento del mismo, como lo es la temperatura en el caso de los paneles solares que permiten la potabilización del agua, cuyo problema afecta en gran proporción a La Guajira donde incluso las grandes ciudades y municipios que cuentan con acueducto no tienen agua apta para el consumo humano.

VI. REFERENCIAS

- [1] DANE, "Censo Nacional de Población y Vivienda 2018," *DANE, publicacion para todos*. p. 66, 2018, Accessed: May 18, 2022. [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018>.
- [2] G. Carvajal-Romo, M. Valderrama-Mendoza, D. Rodríguez-Urrego, and L. Rodríguez-Urrego, "Assessment of solar and wind energy potential in La Guajira, Colombia: Current status, and future prospects," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 36, no. February, p. 100531, 2019, doi: 10.1016/j.seta.2019.100531.
- [3] DNP, "Plan nacional de Desarrollo 2014-2018," 2014. Accessed: Jul. 30, 2018. [Online]. Available: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND2014-2018 Tomo 1 internet.pdf>.
- [4] E. Ojeda Camargo, J. E. Candelo, and A. Santander Mercado, "Electricity use of indigenous communities according to the subsistence threshold in La Guajira, Colombia," *Espacios*, vol. 38, no. 57, 2017.
- [5] J. A. Vélez-Henao and C. M. Garcia-Mazo, "Marginal technology based on consequential life cycle assessment. The case of Colombia," *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, no. 90, pp. 51–61, Jan. 2019, doi: 10.17533/UDEA.REDIN.N90A07.
- [6] A. R. López *et al.*, "Solar PV generation in Colombia - A qualitative and quantitative approach to analyze the potential of solar energy market," *Renew. Energy*, vol. 148, pp. 1266–1279, 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.10.066.
- [7] L. A. Melo-Becerra, J. E. Ramos-Forero, and P. O. Hernández-Santamaría, "La educación superior en Colombia: situación actual y análisis de eficiencia," *Rev. Desarro. y Soc.*, no. 78, pp. 59–111, 2017, doi: 10.13043/dys.78.2.
- [8] O. Pupo-Roncallo, J. Campillo, D. Ingham, K. Hughes, and M. Pourkashanian, "Renewable energy production and demand dataset for the energy system of Colombia," *Data Br.*, vol. 28, p. 105084, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.DIB.2019.105084.
- [9] El Congreso de Colombia, "LEY 1715 del 13 de Mayo 2014," 2014. <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23517/22602-11506.pdf> (accessed May 18, 2022).
- [10] M. . Peláez Pineda, C; Granada Ramírez, "Análisis De Viabilidad Para La Implementación De La Energía Solar En La Planta De Confección Diseños Con Estilo De Dosquebradas," *Univ. Tecnol. Pereira*, pp. 1–63, 2019.
- [11] A. Boretti and S. Castelletto, "Cost of wind energy generation should include energy storage allowance," *Sci. Rep.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–13, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-59936-x.
- [12] M. F. Ariza Taba, M. Mwanza, N. S. Çetin, and K. Ülgen, "Assessment of the energy generation potential of photovoltaic systems in Caribbean region of Colombia," *Period. Eng. Nat. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, 2017, doi: 10.21533/pen.v5i1.76.
- [13] D. N. Micha and R. T. Silveiras Junior, "The Influence of Solar Spectrum and Concentration Factor on the Material Choice and the Efficiency of Multijunction Solar Cells," *Sci. Rep.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-56457-0.
- [14] "UPME." <https://www.l.upme.gov.co/Paginas/default.aspx> (accessed May 18, 2022).