

ESTUDIO DE PLANTA FOTOVOLTAICA SOBRE EL CANAL DE RIEGO SAN JUAN DE HERRERA EN REPÚBLICA DOMINICANA

Maldonado Alviarez Luz Elena

Programa de Doctorado en Desarrollo Sostenible / Programa de Doctorado en Energías Renovables y Eficiencia Energética.

Universidad Simón Bolívar, Venezuela / Universidad de Zaragoza, España

Maldonado José Luciano

Instituto de Estadística Aplicada y Computación

Universidad de Los Andes

Mérida-Venezuela

maldonadoluzelena20@gmail.com, jlmaldonaj@gmail.com

RESUMEN.

En este estudio se analizaron varios canales de riego en República Dominicana, seleccionando el canal de riego San Juan de Herrera, que conecta los municipios de Juan de Herrera y San Juan de la Maguana, como sitio para la instalación de una planta fotovoltaica de 5 MW. Esta planta ocuparía una longitud de 5.8 kilómetros sobre el canal de riego y se conectaría a la subestación San Juan mediante una línea de transmisión de 69 kV de 4,7 kilómetros. El diseño propuesto teóricamente es óptimo y altamente productivo, lo que lo hace atractivo para su implementación, especialmente porque ayudaría a reducir la dependencia de combustibles fósiles y a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático y al desarrollo de una matriz energética más sostenible en República Dominicana.

Palabras clave: Diseño de Plantas fotovoltaicas sobre canales de riego, canales de riego, energías renovables, sostenibilidad.

ABSTRACT.

In this study several irrigation canals in the Dominican Republic were analyzed, selecting the San Juan de Herrera irrigation canal, which connects the municipalities of Juan de Herrera and San Juan de la Maguana, as a site for the installation of a 5 MW photovoltaic plant. This plant would occupy a length of 5.8 kilometers over the irrigation canal and would be connected to the San Juan substation through a 4.7 km length and 69 kV transmission line. The proposed design is optimal and highly productive, which makes it attractive for implementation, especially because it would help reduce dependence on fossil fuels and reduce greenhouse gas emissions, thus contributing to the mitigation of climate change and the development of a more sustainable energy matrix in the Dominican Republic.

Keywords: Design of photovoltaic plants on irrigation canals, irrigation canals, renewable energies, sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

Los paneles fotovoltaicos sobre canales de riego representan una tecnología relativamente nueva que ha ganado atención en los últimos años. Esta técnica aprovecha los canales de riego existentes como plataforma para la instalación de paneles solares, generando energía limpia y renovable sin ocupar tierras adicionales. El proyecto pionero en esta tecnología fue el "Canal Solar Power Project" en la región de Gujarat, en el oeste de la

India [1]. Inaugurado en abril de 2012, este proyecto aprovechó 750 metros de longitud de los canales de Narmada para la instalación de paneles solares y la generación de energía eléctrica limpia. El proyecto tiene una capacidad de 1 MW con un costo, para la época, de 2.5 millones de dólares americanos, y cuya iniciativa representó un hito en la integración de energía solar con infraestructuras existentes, favoreciendo a 1600 familias. Además, se determinó que la instalación de esta planta evita la evaporación de hasta nueve millones de litros de agua al año, al actuar como protectora para las aguas que recorren estos canales, lo que resulta en un impacto significativo en la conservación del agua en la región [1]. En el estado de Gujarat, las áreas atravesadas por el río Narmada son principalmente agrícolas, dependiendo en gran medida de estas aguas tanto para el riego como para el consumo humano. Sin embargo, las altas temperaturas de la región provocan una alta tasa de evaporación, lo que resulta en una escasez de agua en muchas zonas y en la contaminación del agua restante debido al crecimiento de algas favorecido por la luz solar directa [2]. Por lo tanto, los paneles solares, al bloquear la luz solar hacia el agua del canal de riego, impiden el crecimiento de algas, mejorando así la calidad del agua disponible para el riego y el consumo humano.

Otro de los proyectos pilotos, actualmente, en ejecución, es el proyecto Nexus en California, el cual es el primer proyecto sobre un canal de riego en Estados Unidos, del que se inició su construcción en octubre del 2022 y se espera que esté culminado a finales del 2024. Este proyecto es parte de una colaboración entre el Departamento de Recursos Hídricos de California (DWR) y la Universidad de California, Merced, que, en total propone, englobar una cobertura de paneles solares de 6500 km de canales de riego para una producción de 13 GW de energía solar, trayendo como principal beneficio el ahorro de 286 mil millones de litros por año de agua por evaporación. En una primera fase, que se encuentra actualmente en construcción, se está implementando una planta de 2 MW de energía solar en dos localidades de California, para un total de 1.75 km de canal de riego, la cual abastecerá a más de 1500 familias [3]. California experimenta sequías cada vez más frecuentes y severas debido al calentamiento global, siendo el año 2021 catalogado como uno

de los más secos del siglo [4]. En este contexto, el proyecto Nexus cobra especial relevancia al promover el uso de energías renovables y la conservación del agua. Este proyecto no solo busca generar electricidad de manera más limpia, sino que también ofrece otros beneficios. Por un lado, contribuye a la protección de la vida silvestre y del ecosistema, en general, al reducir la evaporación del agua en los canales de riego, además de evitar la necesidad de utilizar tierras de cultivo, lo que representa un ahorro de aproximadamente 32 hectáreas de tierra cultivable [4]. Igualmente, se estima que el movimiento del agua en los canales ayuda a enfriar los paneles solares cerca de 12°C, lo que aumenta su eficiencia y producción de energía [4].

Por otra parte, en España, específicamente en Navarra, se está considerando la instalación de paneles solares sobre canales de riego como una propuesta innovadora. Este proyecto busca cubrir aproximadamente 57 km de canales de riego para obtener una capacidad instalada de 160 MWp. La inversión prevista para este proyecto es de 147 millones de euros, y donde el Banco Europeo de Inversiones (EIB) asumiría el 90% de esta inversión [5]. Entre los objetivos de ese proyecto se tiene que, en primer lugar, se busca reducir las emisiones de CO₂ y la huella de carbono, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático. En segundo lugar, se pretende establecer un eje de autoconsumo que fomente la sostenibilidad energética en la Comunidad Foral. Y, en tercer lugar, se busca dotar a Navarra de soberanía energética, lo que podría proporcionar estabilidad en los costos energéticos, tanto para las comunidades de regantes como para la industria y toda la ciudadanía navarra [5].

En República Dominicana, la infraestructura de riego está compuesta por una red de canales que suministran agua a las zonas agrícolas. Se estima que el país cuenta con una infraestructura que está formada por 2.033,92 km de canales principales, 1.757,40 km de canales secundarios, 1.575,61 km de drenajes y 14 presas principales [6]. Estos canales son gestionados por diferentes entidades, incluyendo el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), las asociaciones de regantes y otras organizaciones relacionadas con la agricultura y el riego. La red de canales de riego desempeña un papel crucial en la agricultura dominicana, permitiendo el cultivo de una amplia variedad de productos y contribuyendo a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico del país [7]. Los canales de riego en República Dominicana se distribuyen por varias regiones del país, especialmente en aquellas áreas donde la agricultura es una actividad económica importante. Actualmente, existen 300 canales de riego en todo el territorio nacional. Algunas de las zonas con una red de canales de riego significativa son Monsieur Bogaert, Marcos A. Cabral, José Joaquín Puello, Ysura y Aglipo I [8].

Aprovechando la infraestructura existente de los canales de riego, ha surgido esta novedosa idea de instalar paneles solares sobre estos canales para aprovechar al máximo el espacio

disponible. Esta innovadora propuesta no solo busca generar energía limpia y renovable, sino que también tiene el potencial de ofrecer beneficios adicionales. Al colocar paneles solares sobre los canales de riego, se puede reducir la evaporación del agua, lo que resulta en un uso más eficiente de este recurso vital. Además, la sombra proporcionada por los paneles puede ayudar a proteger parte de los cultivos del exceso de calor, lo que podría mejorar los rendimientos agrícolas. Esta iniciativa demuestra cómo la combinación de infraestructuras puede conducir a soluciones creativas y sostenibles para abordar los desafíos energéticos y agrícolas [9]. La ejecución de este estudio tuvo como objetivo principal desarrollar un diseño para la implementación de una planta fotovoltaica sobre el canal de riego San Juan de Herrera. En este canal, con una longitud de 5.8 kilómetros, se podría instalar una planta fotovoltaica de 5 MW, la cual se podría interconectar a la subestación eléctrica San Juan, que se encuentra a 4.7 kilómetros del canal de riego, lo que la convierte en un sitio estratégico para la generación de energía solar.

Durante el estudio se evaluaron y revisaron los impactos ambientales, sociales, económicos, técnicos y de sostenibilidad asociados con la futura implantación de la planta fotovoltaica. Se consideraron aspectos clave como la posible reducción de emisiones de carbono y el aprovechamiento de un recurso energético limpio y renovable. En el caso de los impactos sociales, se tiene en cuenta aspectos como la generación de empleo local y el fomento del desarrollo económico en la zona. Desde un punto de vista técnico, se estudió la viabilidad del proyecto en términos de diseño, ingeniería e interconexión de la planta para una futura implantación exitosa y sostenible.

Este trabajo está organizado en las secciones siguientes: Introducción, Canales de Riego en República Dominicana, Sistema Eléctrico de República Dominicana, Diseño y Análisis de la planta fotovoltaica sobre el canal de riego San Juan de Herrera, Ubicación de la Planta, Diseño técnico y simulación de la planta, Análisis de impacto de la implementación de la planta y Conclusiones.

2. CANALES DE RIEGO EN REPÚBLICA DOMINICANA

Los canales de agua, con los que cuentan los países, son infraestructuras fundamentales que juegan un papel crucial en la distribución y suministro de agua, tanto para el consumo humano como para la producción agrícola y pecuaria. Los canales permiten llevar el agua desde fuentes como ríos, lagos o embalses hacia diversas áreas, garantizando un suministro adecuado para las necesidades hídricas, por ejemplo, de los cultivos. En el caso de República Dominicana, que es un país agrícola, cuenta con aproximadamente 300 canales de riego para abastecer de agua a los predios agrícolas y a las comunidades [8], y donde el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos es el órgano responsable de la administración del sistema de esos canales de riego.

Entre los canales de riego más destacados de República Dominicana, se encuentra el Yaque del Sur-Azua, así como el Temporero de San Juan de la Maguana, que aprovecha los caudales del río San Juan [10]. En el río Yaque del Norte se han construido importantes canales como el de La Herradura en Santiago, el de Navarrete y el de Villa Vásquez, estimándose que el canal de La Herradura es el más extenso del país. En los ríos Mao, Amina y Guayubín, afluentes del Yaque del Norte, se han construido tres canales que riegan tierras en Valverde y Guayubín [10]. Otros ríos que han sido canalizados son el Haina en el Distrito Nacional, el Nigua en San Cristóbal, el Baní en Peravia, Tábara y Jura en Azua, Las Cuevas en Padre Las Casas, y Majagual y Barrero en Neiba [10].

3. SISTEMA ELÉCTRICO DE REPÚBLICA DOMINICANA

El sistema eléctrico de República Dominicana está compuesto por una combinación de generación de energía pública y privada, la cual proviene, principalmente, de plantas termoeléctricas que utilizan combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo. También, hay plantas hidroeléctricas, eólicas, solares y de biomasa, que representan un menor porcentaje de generación de energía en el país, para las cuales se busca incrementar su capacidad de instalación y de producción en los próximos años. A lo largo de los años, el sistema eléctrico dominicano ha enfrentado desafíos relacionados con la eficiencia y la calidad del servicio. Se han realizado esfuerzos para mejorar la infraestructura y la gestión del sector, pero aún persisten problemas, como la falta de inversión en mantenimiento y la alta dependencia de los combustibles fósiles [11]. En la actualidad, el sistema eléctrico nacional interconectado (SENI) de República Dominicana, cuenta con líneas de transmisión de 345 kV, 230 kV, 138 kV, 69 kV, 34.5 kV y de 12.5 kV. En la búsqueda de las mejoras del sector, se promulgó la Ley No. 57-07, sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía, que establece el marco legal para promover y regular el uso de energías renovables en el país. Esta Ley tiene como objetivo principal diversificar la matriz energética nacional, fomentar el uso eficiente de la energía y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo económico del país [12].

4. DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA SOBRE EL CANAL DE RIEGO SAN JUAN DE HERRERA

Para realizar el diseño de la planta fotovoltaica sobre el canal de riego San Juan de Herrera fue necesario realizar los siguientes estudios:

4.1. Ubicación específica de la Planta Fotovoltaica

El canal de riego San Juan de Herrera, ubicado en la República Dominicana, tiene una longitud aproximada de 7 kilómetros, y

conecta los municipios de Juan de Herrera y San Juan de la Maguana [13]. Este canal es de gran importancia para la agricultura de la región, ya que proporciona agua para el riego de cultivos, contribuyendo así al desarrollo agrícola de la zona. La subestación eléctrica más cercana al municipio Juan de Herrera es la Subestación San Juan, ubicada en la ciudad de San Juan de la Maguana. Esta subestación forma parte del sistema eléctrico nacional interconectado (SENI), y es responsable de recibir, transformar y distribuir la energía eléctrica que se genera en la zona o que se transmite desde otras áreas.

La distancia entre el extremo sur del canal de riego San Juan de Herrera y la subestación San Juan es de 4.7 km. Esta conexión podrá realizarse mediante una línea de transmisión de 69 kV, que conecte la planta fotovoltaica del canal con el sistema eléctrico nacional interconectado.

4.2. Diseño técnico y simulación de la planta fotovoltaica

Como ya se ha mencionado, el canal de riego San Juan de Herrera tiene una longitud de 7 km, aproximadamente. La implementación de la planta fotovoltaica de 5MW, sobre este canal, ocupará una longitud de 5.8 km. Para este diseño, se consideraron paneles bifaciales de 600 W cada uno, montados sobre estructuras fijas que se colocarán sobre el canal de riego. Es importante señalar que, tanto para los módulos como para las estructuras, se deben considerar tecnologías del tipo flotante. Esto implica seleccionar materiales antioxidantes que garanticen la durabilidad de la instalación. Este enfoque es crucial debido a la exposición constante de la infraestructura al agua y a las condiciones ambientales del canal de riego.

Los paneles bifaciales de 600 W tienen un ancho de 1.2 metros por 2.47 metros, y el canal tiene un ancho, aproximado, de 4,5 metros, por lo que se pueden instalar 4 paneles de forma vertical, uno al lado del otro, los cuales se estarían distribuyendo a lo largo del canal de riego desde el municipio Juan de Herrera hasta el municipio San Juan de la Maguana sobre 5.8 km. Esta instalación contará con inversores tipo centralizados, que permitirán convertir la energía DC generada por los paneles fotovoltaicos a energía AC. La salida de los inversores centralizados es de 34.5 kV que, posteriormente, se conectarán a una subestación elevadora ubicada en el extremo sur del canal, para elevar la tensión desde 34.5 kV a 69 kV. Finalmente, la línea de transmisión de 69 kV, de 4.7 km de longitud, se estará interconectando a la Subestación San Juan, e inyectará 5 MW de energía eléctrica renovable al sistema eléctrico nacional interconectado (SENI).

Para cuantificar la energía producida por la planta fotovoltaica propuesta, así como para validar el diseño, se procedió a realizar una simulación de esta planta a través del software PVsyst, que es un paquete, específico, para el diseño, la simulación y el análisis de sistemas de energía solar fotovoltaica. Este software

permite modelar sistemas fotovoltaicos completos, desde la ubicación geográfica y la configuración del módulo solar hasta el análisis de la producción de energía, e incluso medir el rendimiento económico. El software tiene en cuenta factores como la inclinación de los paneles solares, la orientación, la sombra, la eficiencia de los módulos, entre varios elementos clave para proporcionar estimaciones precisas de la producción de energía y el rendimiento financiero del sistema [13]. Los resultados de esa simulación, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de producción de la planta fotovoltaica propuesta (Fuente: propia)

Parámetros	Resultados para el primer año
Producción del Sistema [MWh/año]	8.505
Producción Específica [kWh/kWp/año]	1.679
Proporción de rendimiento (PR)	80.74%

Para este novedoso proyecto, la producción estimada para el primer año es de 8.505 MWh/año, resultado eficiente y óptimo para la propuesta. La producción anual de energía en megavatios-hora (MWh/año) de una planta fotovoltaica, representa la cantidad total de electricidad que se espera que se genere en un año [14]. En cuanto a la producción específica kWh/kWp/año, para el primer año resultó en 1.679 kWh/kWp/año, y la proporción de rendimiento (PR) fue de 80,74%, valores que se encuentran dentro de los rangos eficientes de producción de las plantas fotovoltaicas [15]. Adicionalmente, como producciones normalizadas kWh/kWp/día y de proporción de rendimiento (PR), para los 12 meses del primer año, se obtuvo los resultados que se muestran en la Figura 1.

En las gráficas de la Figura 1, se observa, con respecto a las producciones normalizadas, que los meses con mayor producción son marzo y abril, seguidos por los meses de septiembre y octubre. Con respecto a la proporción de rendimiento, los meses de enero y febrero son los que presentan un menor rendimiento, llegando a 72% y 74% respectivamente, y a partir del mes de marzo hasta diciembre, este rendimiento sube y se mantiene alrededor de 80%. A raíz de estos resultados, es importante señalar que las plantas fotovoltaicas óptimas y eficientes presentan una proporción de rendimiento mayores al 75%, por lo que el diseño propuesto es una muy buena opción para generar parte de la energía eléctrica que requiere la región [15].

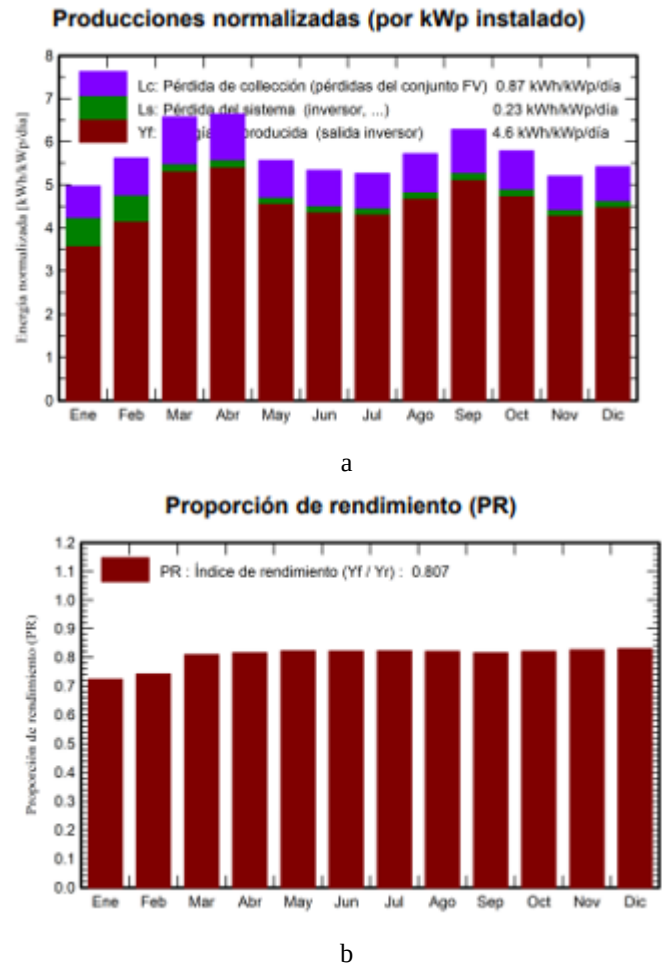


Figura 4: a) Gráficas de Energías normalizadas y b) PR en el primer año.
 Fuente: propia

4.3. Análisis de impacto de la implementación de la planta fotovoltaica

Este estudio muestra que el impacto de la construcción de la planta diseñada es siempre de beneficio, es decir, no se encuentran efectos negativos adicionales a los que pudo presentar el canal de riego para el momento de su construcción. A continuación, se destacan los beneficios más relevantes que ofrece la instalación de esta planta fotovoltaica sobre el canal de riego San Juan de Herrera:

- **Aprovechamiento de espacios:** la planta utilizará, para la generación de electricidad, áreas infrautilizadas, maximizando, de esta manera, el uso de terrenos y evitando ocupar tierras potencialmente agrícolas. Es importante señalar que las tierras entre los municipios Juan de Herrera y San Juan de la Maguana, son utilizadas mayormente para la producción de habichuelas, caña de azúcar, ají, maní, algodón, café, tabaco, arroz, plátano,

maíz y cacao; siendo la agricultura la principal fuente de ingresos de esos municipios. Del mismo modo, también, existe la producción de crianza de chivos y vacas para la comercialización de carne y lácteos. Por lo tanto, con la implantación de la planta propuesta, no se estaría alterando el área de la principal fuente de producción de las zonas mencionadas [16].

- Reducción de la evaporación del agua: Los paneles solares de la planta propuesta producirán sombra, lo que tendrá el efecto positivo de reducir la evaporación del agua en los canales, representando para este caso de estudio una reducción aproximada de 45 millones de litros de agua al año, lo que, también, favorece al ecosistema que está formado principalmente por 83 especies de aves, siendo 21 de ellas endémicas del país, 40 especies de reptiles y 8 especies de mamíferos [16].

- Generación de energía renovable: Esta planta fotovoltaica producirá electricidad a partir de la luz solar, una fuente de energía renovable y limpia, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

- Beneficios para la comunidad: La instalación de esta planta fotovoltaica sobre el canal de riego San Juan de Herrera generará empleo local y contribuirá al desarrollo económico de la comunidad de los municipios, elevando la calidad de vida de los 17.279 habitantes de Juan de Herrera y de los 169.032 habitantes de San Juan de la Maguana [16].

- Mejora en la eficiencia del riego: Al contar con esta instalación de generación de electricidad sobre el canal, se podrán instalar sistemas de riego automatizados, trayendo como consecuencia mejoría en la eficiencia del riego y se podrá optimizar el uso del agua en la agricultura y en la ganadería.

Al estudiar la implementación de la planta fotovoltaica sobre el canal de riego San Juan de Herrera, a partir del análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas), se identificaron los siguientes aspectos:

- Fortalezas: es posible utilizar de manera eficiente las áreas, disminuir la evaporación hídrica, generar energía eléctrica renovable, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, generar empleo y contribuir a la transición energética del país.

- Oportunidades: por medio de apoyo con incentivos gubernamentales, a través de la Ley No. 57-07, sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía, la planta fotovoltaica podría impulsar el desarrollo de la infraestructura sostenible e integrarse con sistemas de riego automatizados,

mejorando la eficiencia del riego en la agricultura local y a la vez dinamizando la economía del lugar.

- Debilidades: entre las principales debilidades se pueden resaltar los costos iniciales de construcción, que son elevados, pero que a mediano y largo plazo se podrían considerar como aceptables. Por otro lado, la dependencia de las condiciones climáticas es un factor que podría resultar contraproducente, debido a los cambios del clima a nivel mundial, que, en algún momento, en el futuro, podría afectar negativamente la inversión.

- Amenazas: en cuanto a las amenazas de la no realización o construcción de la planta fotovoltaica, está el hecho que puedan ocurrir cambios en las políticas energéticas o de incentivos gubernamentales, o en general, en las directrices del gobierno, que afecten la viabilidad del proyecto.

Es importante destacar que, como se puede apreciar en el análisis FODA de la planta fotovoltaica sobre el canal de riego San Juan de Herrera, se identifican más fortalezas y oportunidades, lo que demuestra que el proyecto tiene una base sólida para el éxito. Sin embargo, no se deben subestimar las debilidades y amenazas identificadas, y abordarlas como desafíos que conlleven a asegurar, a largo plazo, la viabilidad y sostenibilidad al proyecto. En general, este tipo de análisis resalta la importancia de planificación estratégica integral que tome en consideración todos los aspectos relevantes para el desarrollo y operación de la planta fotovoltaica sobre el canal de riego San Juan de Herrera en República Dominicana.

5. CONCLUSIONES

Esta propuesta de instalación de una planta fotovoltaica sobre el canal de riego San Juan de Herrera, en República Dominicana, es una iniciativa para aprovechar terrenos infrautilizados, a la vez que permitirá generar energía renovable, y reduce la presión sobre los ecosistemas naturales. Del mismo modo, una planta de esta naturaleza, contribuye a la mitigación del cambio climático al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, y la evaporación del agua por millones de litros al año. Las pruebas y simulaciones realizadas, de la planta diseñada, muestran que el diseño, y por lo tanto la selección de los equipos que componen la planta son óptimos, puesto que la producción estimada de energía para el primer año resultó de 8.505 MWh/año, así como la producción específica de 1.679 kWh/kWp/año, con una proporción de rendimiento (PR) del 80.74%, valores que corresponden a un sistema altamente productivo y eficaz, a lo largo de todo el año. Adicionalmente, al rendimiento técnico de la planta innovadora propuesta, se logran beneficios colaterales muy relevantes como son la generación de empleo y el desarrollo económico en las comunidades cercanas a los canales de riego, mejorando la calidad de vida de los habitantes y fomentando un crecimiento económico sostenible, así como, también, una

reducción estimada de 45 millones de litros de agua al año por disminución de la evaporación, favoreciendo la optimización del uso del agua en la agricultura, la ganadería, en el consumo humano y en los ecosistemas locales. Sin embargo, esta innovación, también, presenta desafíos, como son el hecho de que los costos iniciales, de construcción y puesta en funcionamiento, son altos, además, de que hay una fuerte dependencia de las condiciones climáticas del lugar para la generación de energía y la posibilidad de la no aprobación de los incentivos gubernamentales, que podrían impactar negativamente en la viabilidad de la propuesta.

6. REFERENCIAS

- [1] J. LÓPEZ (2021). Paneles solares que generan energía y protegen el agua en la India [Online]. Available: <https://hipertextual.com/2021/01/paneles-solares-energia-agua-india>
- [2] SFERA PROYECTO AMBIENTAL (2022). Paneles solares en canales para evitar la evaporación. Available: <https://sferaproyectoambiental.org/2022/02/07/paneles-solares-en-canales-para-evitar-la-evaporacion/>
- [3] A. FERNANDEZ (2022). Cubrir canales de riego con paneles solares es una gran idea y no solo para producir energía. [Online]. Available: <https://www.motor.es/futuro/paneles-solares-canales-riego-202289443.html>
- [4] N. PALOU (2022). Cubrir canales con placas solares para ahorrar agua y generar electricidad, la solución para mitigar la sequía. [Online]. Available: <https://www.lavanguardia.com/natural/20220307/8105530/canales-solares-california-agua-sequia-calentamiento-global-proyecto.html>
- [5] R. DÍAZ (2022). Cubrir canales de agua con paneles solares, una idea sostenible que llega a España. [Online]. Available: <https://www.informacion.es/medio-ambiente/2022/03/18/cubrir-canales-agua-paneles-solares-63983125.html>
- [6] ALTOL (2016). ¿Qué es una canal de riego y con qué capacidad cuenta nuestro país?. [Online]. Available: <https://www.altolrd.com/canal-riego-capacidad-cuenta-pais/>
- [7] CLASIFICADOR DE ORGANISMOS DEL ESTADO DOMINICANO. (2024). Ministerio de ambiente y Recursos Naturales [Online]. Available: <https://map.gob.do/COEDOM/Home/Details/154?Ruta=2>
- [8] M. POLANCO (2018). La RD tiene 300 grandes canales. [Online]. Available: <https://www.elcaribe.com.do/panorama/dinero/la-rd-tiene-300-grandes-canales/>
- [9] G. GARCÍA (2023). Este canal recubierto de paneles solares almacena su energía en baterías de flujo de hierro [Online]. Available: https://www.hibridosyelectricos.com/coches/este-canal-recubierto-paneles-solares-almacena-su-energia-en-baterias-flujo-hierro_68429_102.html
- [10] RED PÚBLICA DOMINICANA (2017). Hidrografía Dominicana. [Online]. Available: <https://www.redpublicadominicana.com/dominicana/hidrografia/>
- [11] MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (MEM)(2023). Matriz energética por tipo de combustible en República Dominicana. [Online]. Available: <https://eldinero.com.do/221459/combustibles-fosiles-mantienen-espacio-en-la-generacion-electrica/matriz-energetica-por-tipo-de-combustible-en-republica-dominicana/>
- [12] LEY NO. 57-07 SOBRE INCENTIVO AL DESARROLLO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA Y DE SUS RÉGIMENES ESPECIALES (2018). [Online]. Available: <https://www.hacienda.gob.do/wp-content/uploads/2018/11/Ley-57-07-sobre-Energia-Renovable.pdf>
- [13] P. TATUK (2015) División Territorial 2025. [Online]. Available: <https://www.lmd.gob.do/transparencia/phocadownload/Publicaciones/Division-Territorial-2015.pdf>
- [14] KHAN D. (1996). The Codebreakers. The Story of Secret. Published by Scribner/Macmillan Library Reference USA/Simon & Schuster, Inc. Pages 1, 6-64.
- [14] L. FORONDA, L. TREJOS & D. GONZÁLEZ (2022). Evaluación de herramientas computacionales para análisis de sistemas fotovoltaicos. Revista Ingeniería y Competitividad, vol. 24, No. (2), Available: <https://doi.org/10.25100/iyv.v24i02.11516>
- [15] F. BARQUÍN (2019) Análisis de la ponderación de los diferentes parámetros en la producción de las instalaciones fotovoltaicas según PVsyst [Online]. Available: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/101950/TFG-2468-BARQUIN%20VIDAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [16] M. De la Cruz (2021). Análisis urbano y propuestas de desarrollo sostenible para el Municipio Juan de Herrera, San Juan. [Online]. Available: https://issuu.com/milaysi/docs/grupo_7_-_urbanismo_i_-_trabajo_final_4#google_vignettepdf