

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UN SISTEMA DE RIEGO UBICADO EN CINTO – LOCUMBA

DESIGN OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM FOR AN IRRIGATION SYSTEM LOCATED IN CINTO – LOCUMBA

Luis Fernando Yucra Oha*

lfyucra@ucvvirtual.edu.pe - Universidad César Vallejo – Perú
<https://orcid.org/0009-0006-3961-4765>

Luis Angel Quispe Ccallomamani

laquispe@ucvvirtual.edu.pe - Universidad César Vallejo – Perú
<https://orcid.org/0009-0001-2353-8407>

***Autor de correspondencia**

Recibido: 03/04/2024 **Aceptado:** 03/06/2024 **Publicado:** 31/07/2024

Resumen

Este estudio se originó a raíz de la ineficiencia del sistema de riego en Cinto-Locumba, atribuida al uso de bombas convencionales alimentadas con diesel, lo que resulta en costos operativos elevados y contaminación ambiental. La justificación de esta investigación radica en la necesidad de reducir los costos asociados al riego mediante la adopción de una fuente de energía limpia y renovable. En consecuencia, se planteó el objetivo de diseñar un sistema de riego que emplee paneles solares con el fin de disminuir los costos en Cinto-Locumba. Este estudio se caracteriza por ser de tipo aplicado, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental. Los resultados revelan que un sistema fotovoltaico para una extensión de riego de 1.14 hectáreas requerirá 4 paneles de generación de 300 Wp cada uno para alimentar una bomba de 1HP. Este cambio reducirá los costos de riego de S/ 3,554.39/ha a S/ 263.16/ha, con un tiempo de retorno de la inversión de 2 años y 4 meses. Estos hallazgos respaldan la afirmación de Raza et al. (2022) de que los sistemas de riego con energía fotovoltaica resultan en ahorros significativos en los costos operativos. En última instancia, se concluye que el costo operativo del sistema fotovoltaico será inferior en un 92.60% en comparación con el sistema convencional, lo que demuestra su mayor rentabilidad.

Palabras claves: Costos, paneles solares, riego, Sistema fotovoltaico.

Abstract

This study originated from the inefficiency of the irrigation system in Cinto-Locumba, attributed to the use of conventional diesel-powered pumps, resulting in high operating costs and environmental pollution. The justification for this research lies in the need to reduce the costs associated with irrigation by adopting a clean and renewable energy source. Consequently, the objective was set to design an irrigation system that uses solar panels in order to reduce costs in Cinto-Locumba. This study is characterized by being applied, with a quantitative approach and a non-experimental design. The results reveal that a photovoltaic system for an irrigation area of 1.14 hectares will require 4 generation panels of 300 Wp each to power a 1HP pump. This change will reduce irrigation costs by S/ 3,554.39/ha to S/ 263.16/ha, with a return on investment time of 2 years and 4 months. These findings support the assertion of Raza et al. (2022) that PV irrigation systems result in significant savings in operating costs. Ultimately, it is concluded that the operating cost of the photovoltaic system will be 92.60% lower compared to the conventional system, which demonstrates its greater profitability.

Keywords: Costs, solar panels, irrigation, Photovoltaic system.

Introducción

El rápido agotamiento de las fuentes de energía tradicionales actuales, junto con el aumento constante de la demanda de energía y las preocupaciones ambientales, han provocado una intensa investigación en busca de tecnologías nuevas y más eficientes. El sol cubre la mayoría de las necesidades de uso de energía a nivel mundial, lo que hace que la energía solar sea una fuente de energía limpia y sostenible (Ibrahim & Aslan, 2023). La energía solar es la fuente de energía más abundante del mundo. La energía solar no es sólo una respuesta a la crisis energética actual, sino también una forma de energía respetuosa con el medio ambiente (Shinde & Wandre, 2015). La energía solar se recibe en la superficie de la tierra del sol y el uso de esta energía para generar energía eléctrica y calor no emite gases de efecto invernadero. La tecnología de la energía solar ha proporcionado varias formas de satisfacer las necesidades de los seres humanos, incluido el riego de la tierra. A pesar de tantas ventajas, los sistemas basados en la tecnología de energía solar no se han popularizado debido a la alta inversión inicial y la falta de disponibilidad de técnicos a nivel local (Singh et al., 2021). La tecnología de bombeo de agua fotovoltaica se considera una solución sostenible y económica para proporcionar agua para riego, lo que puede detener la degradación de los pastizales y promover la conservación de las tierras agrícolas (Miran et al., 2022). Actualmente, existe un potencial considerable y más justificado económicamente para hacer la conversión de energía solar más eficiente y hacer que la energía solar sea más atractiva para los consumidores implica la coordinación de todo el equipo desde la generación hasta el consumo (Shepvalova et al., 2020); además la importancia del coste y la eficiencia energética está aumentando gradualmente. La disminución de los recursos hídricos potable y agrícola, aumenta el interés por los sistemas de riego con energía fotovoltaica respetuosos con el medio ambiente (Kuzey et al., 2021).

En la última década, cada vez más sistemas de riego se han actualizado con aspersores o sistemas de riego por goteo, para aumentar la eficiencia en el uso del agua. Debido a esta razón, el consumo de energía por parte de los sistemas de riego aumentó drásticamente llevando a tal costo del consumo de energía, que hoy en día representa el costo más alto en la operación de un sistema de riego. Los sistemas de riego utilizados en la agricultura, son abastecidos con electricidad ya sea de la red nacional, ya sea mediante generadores eléctricos a gasolina o diésel, dependiendo de cuál resultó más económico en la ejecución del sistema (Bordeasu, 2022). La agricultura, como actividad primaria fundamental para el planeta, debe contribuir a la mitigación de las consecuencias de los problemas antes mencionados.

Sería entonces necesario un cambio de paradigma respecto de la actividad agrícola en general; debe convertirse no sólo en una actividad totalmente sostenible y más eficiente desde el punto de vista energético, sino también en una fuente de energía en lugar de un sumidero (Reca & López, 2018).

En el contexto peruano, el progreso de ciertas regiones depende críticamente de recursos fundamentales como electricidad, combustible y agua. Sin embargo, es importante destacar que la mayoría de estas áreas rurales carecen de acceso a la red eléctrica, lo que impone la necesidad de recurrir a fuentes de energía alternativas. La ausencia de suministro eléctrico conduce a la dependencia de combustibles derivados del petróleo para la generación de electricidad en estas localidades apartadas. Es relevante señalar que una de las ventajas inherentes a los sistemas de bombeo de agua operados con diésel radica en su facilidad de instalación (Peralta et al., 2019). La extracción de aguas subterráneas, a menudo realizada mediante motores de combustión interna y bombas hidráulicas, depende de combustibles fósiles, generando costos elevados y emisiones contaminantes. La alternativa de usar energía eléctrica se presenta como viable, pero requiere una inversión sustancial en un expediente técnico y la infraestructura correspondiente (Farfán & Campos, 2019).

El sistema de riego en Locumba exhibe ineficiencia y carece de una secuencia lógica, lo que resulta en una disminución en la producción de cultivos durante periodos de escasez de agua, provocando un uso ineficaz de este recurso vital. La falta de una planificación estructurada en el riego tiene implicaciones negativas para la sostenibilidad agrícola y plantea desafíos a largo plazo. En este estudio, se identificaron parcelas con sus propios pozos y reservorios, abarcando una superficie de 11,400 m², que presentaban condiciones óptimas para el diseño (poseían pozo y reservorio propios, así como una elevación adecuada). La utilización de bombas de agua alimentadas por combustibles fósiles conlleva problemas como altos costos operativos, contaminación ambiental, dependencia de recursos limitados y riesgos de seguridad. La adopción de un sistema fotovoltaico para alimentar las bombas representaría una solución efectiva al reducir significativamente los costos de riego, aprovechar la energía solar renovable y sostenible, disminuir el mantenimiento y el desgaste, proporcionar mayor autonomía y mitigar el impacto ambiental al eliminar emisiones y contaminantes atmosféricos.

Materiales y métodos

Esta investigación fue realizada tomando en cuenta datos encontrados en Cinto-Locumba, para lo cual se seleccionó un área de 11400 metros cuadrados, además se recopilaron datos de radiación solar en la zona, se tomaron en cuenta como la topografía del terreno y la existencia de un reservorio y pozo; de la misma forma se realizó el análisis la demanda de agua del cultivo de alcachofa, con los datos necesarios se realizó el cálculo de paneles solares, inversores y baterías; con todos estos datos finalmente se realizó el análisis económico esto con el fin de determinar la viabilidad o no del proyecto planteado.

Resultados y discusiones

Con miras al desarrollo de la presente investigación, se contempló que la muestra será equivalente a la población total, es decir, 11,400 m². Esta elección se fundamenta en el nivel de control que se ejerce sobre esta extensión, además de las características propicias que presenta para la concepción del sistema de riego, al contar con elementos como pozos y reservorios que resultan convenientes para el diseño propuesto.

Análisis del costo de riego convencional

Tabla 1
CAPEX del sistema de riego convencional

Concepto	Cantidad	Precio total (\$/.)
Motobomba de 1HP	1	429.0
Válvula check	1	65.9
Tubería PVC	2	48.2
Terminal HE	3	4.5
Válvula de paso	1	7.2
Unión PVC	1	10
Cinta teflón	2	4
Pegamento para PVC	1	12.5
Instalación del sistema	1	200
Otros		100

Con base en los valores presentados en la Tabla 1, los costos de inversión (CAPEX) para la implementación del sistema convencional de riego, que incluye la motobomba y sus accesorios, ascienden a S/. 891.30 soles. Aunque la inversión inicial para los sistemas de riego convencionales con bombas de agua que utilizan combustibles fósiles puede no ser prohibitiva, la problemática principal radica en los costos operativos a largo plazo, los cuales tienden a ser más elevados que los asociados con sistemas de bombeo de agua limpios y sostenibles.

Asimismo, se llevó a cabo una evaluación de los costos operativos (OPEX) del sistema de riego convencional que emplea motobombas de combustible, describiéndose en detalle en la Tabla 2.

Tabla 2
OPEX del sistema de riego convencional

Concepto	Valor	Observación
Volumen diario de agua necesario (a)	16210 litros	
Poder de descarga (b)	133 litros por minuto	
Tiempo necesario para almacenamiento de agua requerida (a/b)	2horas	
Tiempo de crecimiento de la alcachofa	120 días	
Cantidad de campañas al año de alcachofa	2	
Consumo de combustible (c)	0.40 gal/hora	Consumo típico de una motobomba de agua de gasolina.
Horas de operación anuales (d)	480.0 horas	Horas promedio de funcionamiento al año.
Costo de la gasolina (e)	S/ 18.50/galón	
Costo de mantenimiento anual (f)	S/. 500.00	Incluye cambios de aceite, filtros y reparaciones.
Vida útil estimada (años)	5 años	Años antes de necesitar una nueva bomba.
Costo total de combustible por año (a*b*c)	S/ 3,552.00	
Total (f+c*d*e)	S/ 4,052.00	

Con base en los datos presentados en la Tabla 4, los costos operativos para la operación del sistema convencional de riego destinado al cultivo de alcachofa en una extensión de 11,400 m² se estiman en S/. 4,052.00 anuales, equivalente a S/. 3,554.39 por hectárea. Considerando la información proporcionada por Agro Rural (2018), que sugiere una producción promedio de 12 toneladas por hectárea, el costo de riego al emplear un sistema convencional sería de S/. 296.20 por tonelada de alcachofa cultivada.

Una desventaja notable de los sistemas de riego convencionales es su elevado costo operativo y su dependencia de combustibles fósiles. Los sistemas de motobombas alimentadas por combustibles requieren la adquisición continua de gasolina o diésel, generando un gasto sostenido significativo, a diferencia de los sistemas de riego solar que aprovechan la energía gratuita y sostenible del sol. Además, los sistemas de motobombas, al depender de combustibles fósiles, presentan mayores emisiones de gases contaminantes, lo cual impacta negativamente en la sostenibilidad ambiental.

Cálculo del volumen y caudal de agua

Para el cálculo de la evapotranspiración se empleó la metodología planteada por Penman-Monteith.

Referencias Bibliográficas

- Buker, M., & Riffat, S. (2015). Building integrated solar thermal collectors - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, págs. 327-346.
- Chwiduk, D. (2014). *Solar Energy in Buildings*. The Netherlands: Elsevier.
- Global Solar Atlas. (2016). <https://globalsolaratlas.info>. (World Bank Group) Recuperado el 01 de Julio de 2019, de <https://globalsolaratlas.info/?c=-15.141067,-67.456055,7&s=-15.749963,-70.004883>
- Qu, M., Yin, H., & Archer, D. (2010). A solar thermal cooling and heating system for a building: Experimental and model based performance analysis and design. *Solar Energy*.
- Bordeasu, D. (2022). Study on the implementation of an alternative solution to the current irrigation system. *Acta Thecnica Napocensis*, 65(3), 593 – 602. <https://atna-mam.utcluj.ro/index.php/Acta/article/viewFile/1940/1539>
- Farfán, J., & Campos, A. (2019). Energía solar fotovoltaica para la explotación de agua subterránea. *UCV Hacer*, 8(1), 1–10. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7830717.pdf>
- Ibrahim, E. H., & Aslan, S. R. (2023). Solar photovoltaic water pumping system approach for electricity generation and irrigation: Review. *Diagnostyka*, 24(2), 1 – 7. <https://doi.org/10.29354/diag/165849>
- Kuzey, Ş., Şeker, C., Elweddad, M., & Güneşer, M. T. (2021). Designing an irrigation system using photovoltaic energy by considering crop type in Fergana Valley. *E3S Web of Conferences*, 304, 01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130401004>
- Miran, S., Tamoor, M., Kiren, T., Raza, F., Hussain, M. I., & Kim, J.-T. (2022). Optimization of Standalone Photovoltaic Drip Irrigation System: A Simulation Study. *Sustainability*, 14(14), 8515. <https://doi.org/10.3390/su14148515>
- Peralta, A. A., del Carpio, H. J., Zúñiga, J. C., Milón, J. J., & Braga, S. L. (2019). Experimental Study of a Photovoltaic Direct Current Water Pumping System for Irrigation in Rural-Isolated Region of Arequipa, Peru. *Journal of Solar Energy Engineering*, 141(4), 1–11. <https://doi.org/10.1115/1.4042724>
- Reca, J., & López, R. (2018). Design Principles of Photovoltaic Irrigation Systems. In *Advances in Renewable Energies and Power Technologies* (Vol. 1, pp. 295–333). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812959-3.00009-5>
- Shepovalova, O. V., Belenov, A. T., & Chirkov, S. V. (2020). Review of photovoltaic water pumping system research. *Energy Reports*, 6(April), 306 – 324. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.08.053>
- Shinde, V., & Wandre, S. (2015). Solar photovoltaic water pumping system for irrigation: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 10(22), 2267 – 2273. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9879>
- Singh, D. B., Mahajan, A., Devli, D., Bharti, K., Kandari, S., & Mittal, G. (2021). A mini review on solar energy based pumping system for irrigation. *Materials Today: Proceedings*, 43, 417–425. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.716>