Implementación de Bombeo Solar para la Transformación del Sector Agropecuario: Caso de Estudio Rancho "La Tortuga"

Implementation of Solar Pumping for the Transformation of the Agricultural Sector: Case Study Rancho "La Tortuga"

Erik E. Vázquez Fernández[1], Silva Machado Carlos Enrique[1], Cárdenas Vargas Carlos Guillermo[1], Antonio J. Pérez Campos [1]

[1]Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, erick_vazquez@ucol.mx

Resumen

En este trabajo se presenta el proyecto desarrollado para suministrar agua al rancho La Tortuga ubicado en la población de Villa Victoria en el Estado de Michoacán de Ocampo, esto a través del diseño, pruebas e implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico sin respaldo de energía. Finalmente se presentan los resultados obtenidos, tanto de las pruebas preliminares como de la implementación final del sistema, en las cuales se observa un comportamiento robusto y adecuado de este, cumpliendo el objetivo de suministrar agua de un afluente hídrico en una cota baja a un depósito ubicado en un plano elevando para realizar su distribución final por gravedad, empleándose en agua para riego y abrevaderos para ganado.

Palabras Clave: Requerimiento de agua, Riego por gravedad, Sistema de bombeo de agua, Arreglo fotovoltaico, Depósito elevado, Irrigación

Abstract

This paper presents the project developed to supply water to the La Tortuga ranch located in the town of Villa Victoria in the state of Michoacán de Ocampo, through the design, testing, and implementation of a photovoltaic pumping system without energy backup. Finally, the results obtained from both the preliminary tests and the final implementation of the system are presented, which show that it performs robustly and adequately, achieving the objective of supplying water from a low-lying water source to a reservoir located on higher ground for final distribution by gravity, for use in irrigation and cattle watering.

Keywords: Water requirement, Gravity irrigation, Water pumping system, Photovoltaic array, Elevated reservoir, Irrigation.

Recibido: 22/09/2025; Publicado 30/12/2025

Introducción

El uso de sistemas de bombeo solar fotovoltaico (SBFV) ha cobrado relevancia como una solución sostenible para el suministro de agua en zonas rurales y de difícil acceso, donde la infraestructura eléctrica convencional es limitada o inexistente. Diversos estudios han abordado esta problemática desde distintas perspectivas tecnológicas, proponiendo soluciones que mejoran la eficiencia, confiabilidad y autonomía de estos sistemas.

En [1], se presenta un convertidor DC-DC de alta eficiencia y bajo costo, diseñado específicamente para estaciones automáticas de bombeo fotovoltaico. Este enfoque se centra en la optimización de la conversión energética, logrando un rendimiento superior con mínimas pérdidas y bajo mantenimiento, lo cual es crucial para aplicaciones en entornos remotos.

Complementariamente, [2] introduce un sistema inteligente de diagnóstico de fallas basado en aprendizaje automático, capaz de mantener la operación del bombeo incluso ante fallas en sensores o variaciones solares, sin necesidad de baterías. Este sistema alcanzó una precisión superior al 95%, lo que lo hace ideal para zonas rurales con recursos técnicos limitados.

Por otro lado, [3] compara sistemas directos con aquellos que integran baterías de ion-litio, concluyendo que, aunque las baterías mejoran la autonomía, también incrementan la complejidad y el costo del sistema. Esta observación es relevante para proyectos donde la simplicidad y el bajo mantenimiento son prioritarios. En [4] y [5], se destacan soluciones basadas en IoT y microcontroladores para monitoreo y control en tiempo real, lo que permite optimizar el uso del agua y la energía en función de las condiciones ambientales. Estas estrategias han demostrado mejoras significativas en eficiencia operativa y sostenibilidad.

El estudio en [6] aborda el problema del sombreado parcial mediante una configuración TCT (Total Cross Tied), mejorando la eficiencia energética del sistema. Mientras tanto, [7] y [8] exploran el uso de controladores inteligentes y almacenamiento hidráulico para estabilizar la operación ante variaciones de carga y generación.

Además, [9], [10] y [11] refuerzan la viabilidad de los SPVPS en aplicaciones agrícolas, destacando su bajo costo, facilidad de implementación y beneficios socioambientales, como la reducción de emisiones y la mejora en la seguridad alimentaria.

En este contexto, el presente trabajo se enfoca en el diseño e implementación de un sistema de bombeo solar en el rancho "La Tortuga", ubicado en una zona montañosa de Villa Victoria, Michoacán. Dada la inaccesibilidad del lugar y la imposibilidad de utilizar energía convencional, se optó por un sistema fotovoltaico sin respaldo de energía para la alimentación del sistema de bombeo. La instalación se basa en un análisis detallado del terreno, incluyendo mediciones y reconocimiento de la fuente de agua, un río de caudal constante. Este proyecto busca integrar las mejores prácticas

identificadas en la literatura, adaptándolas a un entorno real con condiciones técnicas y geográficas específicas. El lugar en donde se implementará el sistema se define en la Tabla 1.

Tabla 1. *Lugar y requerimientos de implementación.*

Localidad	Villa Victoria, Chinicuila, Michoacán de Ocampo
Latitud y longitud	18.4526 / 103.2210
Temperatura	14°C
HSP	5 promedio anual
MSNM	680

Desarrollo

En la Figura 1 se muestra la altura la cual representa parte de la carga dinámica que el sistema de bombeo de agua deberá trabajar. Mostrando el lecho del río abajo y al fondo se localiza la pared de roca, y paralelamente a ella la tubería sigue la trayectoria hasta la parte superior de la montaña.

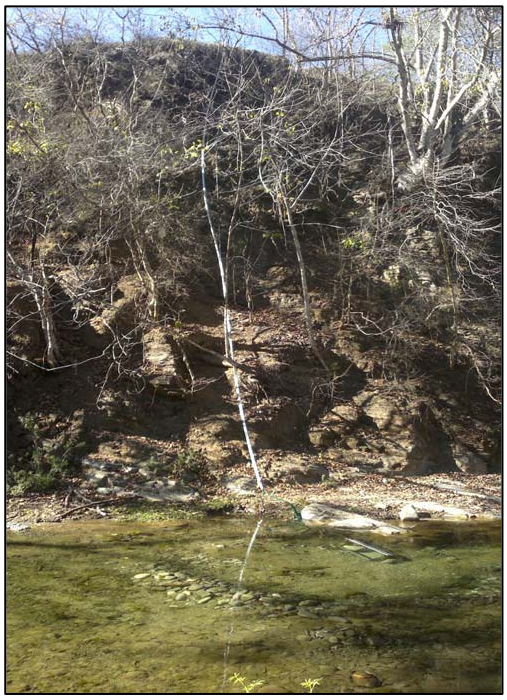

Figura 1. *Altura vista desde la fuente de agua, con el lecho del río abajo y la pared de roca al fondo.*

En la Figura 2 se observa la trayectoria de la tubería la cual, se seleccionó de PVC hidráulico para disminuir las pérdidas por fricción y está físicamente tendida al suelo.

Siguiendo dicha trayectoria se llega al lugar donde estará instaló el campo fotovoltaico, el cual se proyecta en un terreno plano. En cuanto al depósito de agua este se ubica en la parte más alta del terreno el cual se encuentra en la parte trasera de un sembradío de maíz. Ambos lugares se ilustran en la Figura 3.

Figura 2. *Fotografía tomada desde la parte superior de la montaña junto con la cuerda que se realizó la medición y simulando la trayectoria de la tubería.*

Figura 3. *Lugar donde se instalará el campo fotovoltaico y al fondo junto al cultivo de maíz el tinaco de almacenamiento.*

Asimismo, en la Figura 4 se muestra un detalle del afluente de agua, el cual posee un caudal suficiente para el riego proyectado la mayor parte del año, retirándose en la temporada de lluvias por el arrastre de piedras y troncos por la creciente, infiriéndose que el depósito de agua se llenaría por captación natural además de que el riego en la temporada no es requerido de manera continua solo se requiere el agua para abrevar ganado. De las Figuras anteriores se ilustra de mejor manera donde se pretende instalar el sistema fotovoltaico y la

bomba sumergible, así como también la trayectoria que sigue la tubería.

El paso siguiente fue hacer el cálculo de la carga dinámica total, ya que las gráficas de funcionamiento la requieren para la selección de la bomba apropiada [12]-[14].

Figura 4. *Detalle del afluente de agua.*

A. Cálculo de la Carga Dinámica del Sistema

Carga dinámica total (CDT) se muestra en la Ecs. (1).

$$CDT = (CE) + (CD) \quad \text{(Ec. 1)}$$

dónde:
CE, carga estática,
CD, carga dinámica.

La CE se muestra en la Ecs (2).

$$CE = \text{Nivel estático} + \text{Altura de descarga} \quad \text{(Ec. 2)}$$

La CD se calcula en base a dos métodos diferentes para dar certidumbre al diseño propuesto, con un Valor por omisión y Teoría de Manning, los cuales se describen a continuación.

Los datos medidos en el lugar de la instalación para calcular cada método se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. *Datos obtenidos en el sitio de implementación.*

Altura de descarga	4 m
Nivel estático	18.1 m
Carga estática (Ec. 1)	18.1+4= 22.1 m
Recorrido total (tubería)	38.1 m

B. Método de valor por omisión

La carga dinámica es aproximadamente el 2% de la distancia de recorrido del agua a través de la tubería. Por lo general el resultado es una estimación conservadora si se asume que los sistemas de bombeo solar típicos tienen flujos de menos de 1 L/s y las bombas recomendadas se conectan a tuberías de diámetro amplio.

Tomando en cuenta que la distancia de recorrido del agua son 38.1m, el equivalente al porcentaje que maneja la literatura es 0.762 m. En la Tabla 3 se muestran los resultados para el método 1.

Tabla 3. *Datos y resultados del método de valor por omisión.*

Distancia de recorrido de tubería	38.1 m
Carga dinámica (2% del recorrido de la tubería)	0.762 m
Carga estática (Tabla 1)	22.1 m
CDT = CD+CE	22.862 m

C. Selección de Sistema de Bombeo Fotovoltaico

A partir de estos cálculos de carga dinámica total se procedió a la selección del equipo.

Para la selección de equipos aparte de tomar en cuenta la carga dinámica total se hicieron cálculos a partir de la cantidad de metros cúbicos por hora necesarios para el llenado del depósito en dos días, con cinco horas de radiación solar por día para un requerimiento de 10,000 litros o 10 m^3.

Tomando como base que el requerimiento total de agua será cada tres días, la propuesta se enfoca en un sistema de bombeo que abastezca 5 m^3 por día, tomando como referencia 5 HSP con un régimen de descarga o Q de 1.25 m^3/h, o su equivalente 5.25 US GPM, el cual será empleado para seleccionar el sistema de bombeo.

En base a los requerimientos se consultaron diversos sistemas de bombeo, siendo el sistema 16 SQF 10 de la marca Grundfos [15] el más apropiado para la aplicación requerida. En la Figura 5 se muestra la curva característica de la bomba seleccionada tomando como entrada el caudal requerido y la CDT, la cual es una bomba sumergible que está fabricada en acero inoxidable, con una potencia de 1.8 HP, para grandes alturas y bajos caudales.

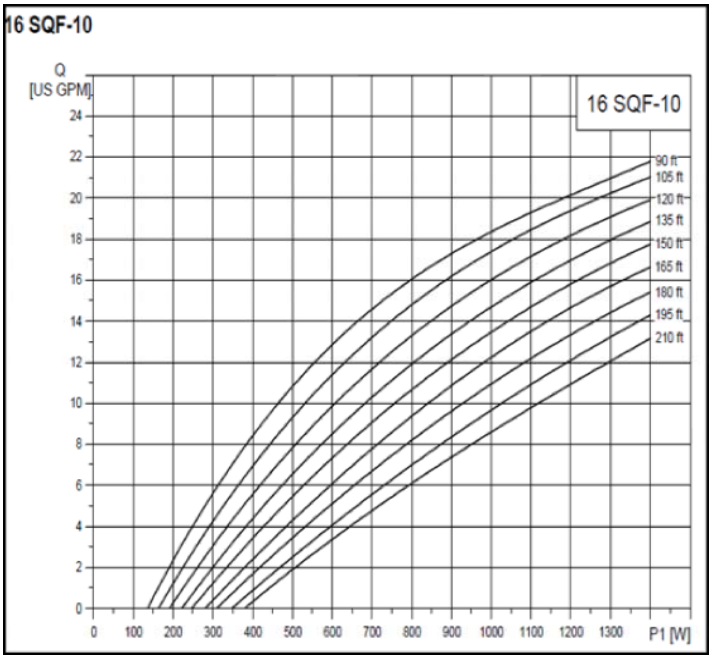

Figura 5. *Grafica de funcionamiento de la bomba caudal contra potencia en Watts.*

En la Figura 6 se muestra la bomba Grundfos sumergible seleccionada, en la cual se observa el cuerpo de impulsores que proporcionan la capacidad de trabajar con grandes alturas dinámicas.

Con motivo de tener un sistema automatizado, se hizo la selección de un controlador CU 200 de la familia SQFlex el cual se utiliza para el monitoreo del sistema con comunicación entre la bomba por el cable de que energiza a la misma [15]. Ésta es una comunicación de potencia y con esto no se necesitan más cableado entre la bomba y el controlador, y a través de este es posible encender, detener y reiniciar el sistema de bombeo con el botón de apagado/encendido.

Figura 6. *Detalle de la bomba sumergible 16 SQF-10.*

De igual manera, dentro del monitoreo del sistema, cuenta con diferentes tipos de alarmas según lo que vaya aconteciendo mientras el sistema de bombeo está funcionando, haciendo así más eficiente la utilización del sistema ya que se está monitoreando cualquier tipo de anomalía que pudiera afectarlo. A continuación, se mencionan los tipos de alarmas auxiliares con que cuenta el controlador seleccionado:

- Bomba en servicio, depósito lleno, sobre voltaje, sobre temperatura, sobrecarga, interruptor de nivel, reserva de agua, potencia de entrada.

Se contemplaron también los accesorios que se necesitan para el correcto funcionamiento y anclaje del sistema, tales como un interruptor de nivel, así como también un ancla y caja protectora la cual tiene la bomba dentro de una fosa, que se construyó con una máquina pesada para la protección y operación de la bomba. Así como cable, tubería, base de los paneles y demás materiales necesarios para la construcción, instalación y puesta en marcha. El interruptor de nivel se utiliza para monitorear el nivel en el depósito enviando una señal al controlador haciendo que la bomba se detenga cuando se tenga el nivel de agua requerido en el depósito.

Es importante mencionar que el equipo seleccionado fue adquirido por el usuario y proporcionado al Grupo de Trabajo de Energías Alternativas (GEA) de FIME para la integración del sistema y posterior implementación en el Rancho La Tortuga. A continuación, se realizaron las pruebas a los equipos seleccionados para atender los siguientes requerimientos:

- Probar el sistema de bombeo a diferentes alturas para determinar el caudal que proporciona en condiciones de operación similares.
- Determinar que tecnología de módulos fotovoltaicos es la que proporciona el mejor desempeño al sistema de bombeo.
- Integración y pruebas finales del sistema en su conjunto debido a que no es posible acudir a la zona de implementación a realizar adecuaciones por rezones diversas.

En la Figura 7 se muestra el controlador CU 200.

Figura 7. *Controlador CU 200 SQFlex.*

Resultados

Con base a lo anterior, se desarrollaron tres pruebas para cubrir los requerimientos, en la Tablas 4, 5, y 6 se ilustran los datos recabados de cada prueba.

Tabla 4. *Resultados de la primera prueba.*

Prueba 1	
Corriente	5 A
Voltaje	100 V
Panel	Monocristalino
# Celdas	96
Altura alcanzada	13 metros

La primera prueba se llevó a cabo en la azotea de los cubículos de profesores de tiempo completo de la FIME a las 12 horas del día. Se utilizó manguera de 1" de ancho y 60 m de largo como medio de transporte del agua desde el depósito hasta la altura establecida en la Tabla 1, siendo el objetivo el determinar cómo se comporta la bomba sumergible alimentada directamente a través de un módulo fotovoltaico, obteniendo un desempeño satisfactorio por lo que se formuló la segunda prueba con nuevos requerimientos.

La segunda prueba fue hecha en el edificio de la Delegación de Coquimatlán, donde se utilizó el mismo campo solar fotovoltaico de la primera prueba. Se optó por utilizar este edificio para aumentar la carga dinámica a vencer por la bomba, y de esta manera estimar el caudal del sistema de bombeo fotovoltaico, tomando como referencia en los siguientes requerimientos:

- Llenar un depósito de 1100 lts. ubicado en la azotea del edificio.
- Altura neta de 20 m.
- Manguera de 60 m y 1" de diámetro.

Tabla 5. *Datos obtenidos de la segunda prueba.*

Prueba 2	
Corriente	5 A
Voltaje	100 V
Módulo tipo	Monocristalino
# Celdas	96
Cantidad	2
Altura alcanzada	20 metros
Hora	12:00 h
Caudal	33 lts/min

Los datos de la Tabla 7 muestra el equipo utilizado para alimentar la bomba y el caudal obtenido durante la prueba, por lo que el llenado del depósito se realizó en aproximadamente 35 minutos, lo cual es acorde a lo planteado como requerimiento objetivo del sistema.

Para la tercera prueba se utilizaron dos módulos fotovoltaicos monocristalinos de 60 celdas conectados en serie. En esta prueba se implementó el uso del controlador CU 200 y el interruptor de nivel, utilizando el mismo edificio por lo que los datos obtenidos del caudal fueron similares, sin embargo, se comprobó que el controlador operó de manera estable, lo anterior debido a que los módulos de 96 celdas entregan una corriente baja y esta oscila por debajo del umbral de operación con lo cual el controlador se protege y desconecta la bomba, sin embargo, con los módulos de 60 celdas al ser la corriente mayor la oscilación de la corriente se mantiene dentro del umbral operativo del controlador por lo que el sistema de bombeo tiene una mejor respuesta a la incertidumbre que presenta la irradiación solar durante el día, lo anterior debido a que el sistema esta propuesto para que opere sin respaldo de energía por lo que la intermitencia que se presente por la fluctuación de la irradiación se vería reflejada en el desempeño del sistema.

Tabla 6. *Datos de la tercera prueba.*

Prueba 3	
Corriente	8 A
Voltaje	80 V
Módulo tipo	Monocristalino
# Celdas	60
Altura alcanzada	20 m
Cantidad	2
Hora de prueba	12:00 h
Caudal	33 lts/min

Una vez que los resultados de la operación del sistema de bombeo fotovoltaico cumplieron los requisitos de diseño, se procedió a preparar todo el sistema para ser trasladado a la comunidad de Villa Victoria en Michoacán para ser instalado.

A. Implementación del SBFV en Villa Victoria.

El GEA se trasladó al Rancho La Tortuga en la comunidad rural de Villa Victoria, Municipio de Chinicuila en Michoacán, el cual tiene como requerimiento principal de trabajo el obtener el agua de un río cercano y subirlo a un plano de trabajo de un depósito de agua para que a su vez esta sea distribuida por gravedad tanto a la zona de riego de maíz como al establo en donde abreva ganado mayor y menor. Es importante mencionar que el río es la fuente más cercana y viable de obtener el agua, y que su traslado a la zona en que colocó el depósito

de agua implica un gran esfuerzo para el usuario por la orografía, por lo que la CDT se incrementó y por ende Q disminuyó, sin embargo, quedo dentro de los parámetros de operación del sistema de bombeo Grundfos, los cual se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. *Sistema de bombeo fotovoltaico implementado en Villa Victoria.*

Equipo / Parámetro	Características	Observaciones
Módulos FV	240W@50V / 8A	Monocristalinos (2)
Bomba sumergible	16 SQF-10	Grundfos
Controlador	CU 200 SQF	Esquema de monitoreo
Nivel de agua	CU 200	Interruptor
Base de SFV	Base de aluminio	2 MSF y controlador
Calibre de cable	Calibre 10	20 m de longitud del circuito
Caída de tensión	1.35V/1.68%	Esta dentro del 2%
Q registrado	31.39 lts/min	Coincide con el calculo
V. requerido inicial	5 m^3/día	*Uso cada tercer día 10m^3
CDT	22.862 m	Calculado
HSP	5 promedio anual	Intermitente sin respaldo de energía

Como observación final, es importante mencionar que el sistema de bombeo fotovoltaico tenía como objetivo el suministrar agua a un deposito de 10 m^3, sin embargo, el usuario recibió un apoyo para adquirir un depósito de 100 m^3, por lo que los requerimientos se modificaron, no obstante, el desempeño del sistema fue el previsto.

Figura 8. *SBFV operando en el Rancho La Tortuga.*

En las Figuras 1, 2, 3 y 4 se muestran detalles de la instalación en Villa Victoria y en la Figura 8 se muestra la operación del sistema de bombeo fotovoltaico en el Rancho La Tortuga, observándose como el agua del río se deposita en la membrana de captación de agua al terminar la jornada de implementación del sistema, con lo cual se complementó el proyecto y se cumplió el requerimiento de dotar de agua al usuario.

Conclusiones

El desarrollo e implementación del sistema de bombeo solar fotovoltaico en el rancho “La Tortuga” demostró ser una solución técnica y económicamente viable para el abastecimiento de agua en zonas rurales de difícil acceso. El objetivo de suministrar los 5m3 diarios de agua de un afluente hídrico a un depósito elevado fue logrado a partir del análisis topográfico, la selección adecuada de la bomba Grundfos 16 SQF-10 y el diseño de un sistema eficiente de alimentación fotovoltaica, capaz de elevar agua a una altura de 23 m con un caudal de 31.39 l/min, utilizando módulos fotovoltaicos monocristalinos de 60 celdas.

Las pruebas experimentales previas a la instalación permitieron validar el rendimiento del sistema bajo diferentes configuraciones, destacando la importancia del controlador CU 200 y el interruptor de nivel para la automatización y protección del sistema. La elección de módulos fotovoltaicos con características óptimas de voltaje y corriente aseguró una captación suficiente de energía, incluso en condiciones variables de irradiación.

Comparado con estudios previos, este trabajo confirma los hallazgos de [1] y [9] respecto a la eficiencia energética y bajo mantenimiento de sistemas bien dimensionados. Además, se alinea con [2] y [4] en cuanto a la importancia de la automatización y monitoreo para mejorar la confiabilidad operativa. A diferencia de [8], que destaca la autonomía adicional que ofrecen las baterías, este sistema prescinde de almacenamiento químico, reduciendo costos y complejidad, lo cual es coherente con las recomendaciones de [10] para entornos rurales.

Finalmente, este proyecto no solo valida técnicamente la viabilidad de los SBFV, sino que también aporta evidencia práctica sobre su impacto positivo en la gestión sostenible del agua, la reducción de emisiones y la mejora de la productividad agrícola, tal como lo señalan [5] y [11]. La experiencia adquirida refuerza la necesidad de continuar promoviendo soluciones energéticas limpias, autónomas y adaptadas a las condiciones locales, apoyadas por investigación aplicada y políticas públicas que faciliten su adopción. Finalmente, este proyecto consolida los trabajos de apoyo directo a los sectores social y productivo a través de la vinculación de la FIME con estos, consolidando proyectos que potencian la actividad económica en las zonas rurales.

Referencias

[1] J.V.M. Caracas, G. de Carvalho Farias, L.F.M. Teixeira y L.A. de Souza Ribeiro, "Implementation of a High-Efficiency, High-Lifetime, and Low-Cost Converter for an Autonomous Photovoltaic Water Pumping System," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 50, no. 1, pp. 631–641, enero-feb. 2014. doi: 10.1109/TIA.2013.2271214.

[2] Rouabah, B., Toubakh, H., Djemai, M., Ben-Brahim, L., & Ghandour, R. (2023). Fault diagnosis-based machine learning and fault tolerant control of multicellular converter used in photovoltaic water pumping system. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, *11*, 39013–39023. https://doi.org/10.1109/access.2023.3266522

[3] Orts-Grau, S., Gonzalez-Altozano, P., Gimeno-Sales, F. J., Balbastre-Peralta, I., Marquez, C. I. M., Gasque, M., & Segui-Chilet, S. (2021). Photovoltaic water pumping: Comparison between direct and lithium battery solutions. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, *9*, 101147–101163. https://doi.org/10.1109/access.2021.3097246

[4] Hamouda, M., Elsherbiny, H., Zaky, A. A., Odinaev, I., Bureš, V., & Abdel Menaem, A. (2025). Improved efficiency and reliability of a single-stage solar water pumping system. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, *13*, 26991–27006. https://doi.org/10.1109/access.2025.3538333

[5] Maity, R., Sudhakar, K., & Razak, A. A. (2024). Agri-solar water pumping design, energy, and environmental analysis: A comprehensive study in tropical humid climate. *Heliyon*, *10*(21), e39604. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39604.

[6] Gadiraju, H. K. V., & National Institute of Technology Goa, Department of EEE NIT Goa. (2022). Improved performance of PV water pumping system using dynamic reconfiguration algorithm under partial shading conditions. CPSS transactions on power electronics and applications, 7(2), 206–215. https://doi.org/10.24295/cpsstpea.2022.00019

[7] Lou, N., Zhang, Y., Wang, Y., Liu, Q., Li, H., Sun, Y., & Guo, Z. (2020). Two-stage congestion management considering virtual power plant with cascade hydro-photovoltaic-pumped storage hybrid generation. IEEE access: practical innovations, open solutions, 8, 186335–186347. https://doi.org/10.1109/access.2020.3030637

[8] Xu, Y., Li, C., Wang, Z., Zhang, N., & Peng, B. (2018). Load frequency control of a novel renewable energy integrated micro-grid containing pumped hydropower energy storage. IEEE access: practical innovations, open solutions, 6, 29067–29077. https://doi.org/10.1109/access.2018.2826015

[9] Habib, S., Liu, H., Tamoor, M., Zaka, M. A., Jia, Y., Hussien, A. G., Zawbaa, H. M., & Kamel, S. (2023). Technical modelling of solar photovoltaic water pumping system and evaluation of system performance and their socio-economic impact. Heliyon, 9(5), e16105. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16105

[10] View of recent advances in solar-powered photovoltaic pumping systems for drip irrigation. (s/f). Internationalrasd.org. Recuperado el 16 de junio de 2025, de https://journals.internationalrasd.org/index.php/jee/article/view/1968/1311.

[11] Rumbayan, M., Nelwan, A. F., Pang, D., Kindangen, J. I., & Putro, M. D. (2024). Simulation of photovoltaic water pumping system in Sam Ratulangi University. E3S web of conferences, 530, 05001. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453005001.

[12] J. M. Amador, Dimensionado de Instalaciones Solares Fotovoltaicas, Madrid España: Paraninfo, 2012.

[13] M. P. Aparicio, Energía Solar Fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada, Barcelona, España: Marcombo, 2001.

[14] F. B. Manuel, energía Solar. Sistemas Térmicos para acs, Madrid España: Liber Factory, 2010.

[15] G. España, «Catálogo de Guía de Productos Grundfos SQFlex. Sistemas de abastecimiento de agua basado en energías renovables,» Bombas Grundfos España S.A., Madrid, España, 2010.

Semblanza Autores

Erik Eduardo Vázquez Fernández, Dr. en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, Profesor de Tiempo Completo y encargado del área de energías renovables en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad de Colima.

Carlos Enrique Silva Machado, Ing. Mecánico Electricista por la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad de Colima.

Carlos Guillermo Cárdenas Vargas, Ing. Mecánico Electricista por la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad de Colima.

Antonio Jacob Pérez Campos, estudiante de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad de Colima.