

# POTENCIALIDADES DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR PARA EL ABASTO DE AGUA EN ZONAS AISLADAS

Por Ing. Alexander Leyva Valdespino\* y Téc. George Aguilera Proenza\*\*

Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (Cubasolar), Holguín, Cuba.

\* <https://orcid.org/0000-0002-3867-345X>

E-mail: cubasolar.holguin1@gmail.com, valdespino78@nauta.cu

\*\* <https://orcid.org/0000-0001-7484-2997>

## Resumen

La investigación muestra las potencialidades de la energía solar para garantizar el abasto de agua en comunidades aisladas. Se utiliza como caso de estudio una comunidad del municipio Báguanos de la provincia Holguín. Se tuvieron en cuenta variables como: potencialidades de las fuentes renovables de energía (FRE) en las comunidades, el estado y calidad del agua, el estado y calidad del suelo, así como los efectos de los fuertes vientos sobre los paneles solares. Los resultados obtenidos demostraron la factibilidad de la utilización de este tipo de energía en zonas aisladas

*Palabras clave: energía solar, comunidades aisladas, energía renovable.*

---

## POTENTIALITIES OF THE APPLICATION OF SOLAR ENERGY FOR WATER SUPPLY IN ISOLATED AREAS

### Abstract

The research shows the potentialities of the solar energy to guarantee water supply in isolated communities. A community of the Báguanos municipality in Holguín province is used as a case study. The following variables were taken into account: potentialities of the renewable energy sources (REF) in the communities, the state and quality of the water, the state and quality of the soil, as well as the effects of the strong winds on the solar panels. The results obtained demonstrated the feasibility of using this type of energy in isolated communities.

*Keywords: solar energy, isolated communities, renewable energy.*

---

## I. Introducción

La demanda global de agua aumenta el 1 % anual desde la década de los 80 y se espera que continúe aumentando a un ritmo similar hasta 2050, siendo los sectores industrial y doméstico los mayores consumidores (Durin y Margeta, 2014). Esto implica un aumento del estrés hídrico, en particular, en áreas donde este tipo de recurso es escaso o los servicios de agua son deficientes (Unesco, 2019). En los últimos años, se observa una

creciente migración de la población de las zonas rurales hacia las urbanas. Esta problemática rural conduce a cambios en los patrones de consumo de agua, alimentos y energía (Unesco, 2014).

En Cuba, esta situación se comporta de manera similar, con el agravante del clima, el cual ha modificado los patrones de lluvia y modifica los ecosistemas.

Chandel *et al.* (2015) y Muhsen *et al.* (2017) exponen una revisión del estado y las aplicaciones de las tecnologías de

sistemas de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica. Según el estudio, las principales conclusiones son:

- La tecnología fotovoltaica para el bombeo de agua es una alternativa fiable y económicamente viable a las bombas eléctricas y de diésel para el riego de cultivos agrícolas.
- El bombeo de agua mediante energía solar fotovoltaica destinado a instituciones y suministros de agua urbanos, rurales y comunitarios, es otro elemento factible, pero que aún no se utiliza ampliamente. Los poblados de difícil acceso, sin red eléctrica, también necesitan atención especial. Estos sectores aún dependen de la electricidad convencional o del sistema de bombeo a base de diésel, lo que genera mayores costos recurrentes para los usuarios.
- Teniendo en cuenta los altos costos de instalación de las bombas solares para agua, especialmente para grandes riegos y suministros, se requieren mayores incentivos de los gobiernos para hacer que esta tecnología sea una alternativa más atractiva al bombeo de agua mediante diésel y electricidad.
- Los factores que afectan el rendimiento y las técnicas de mejora de la eficiencia, el uso de módulos fotovoltaicos altamente eficientes, incluidos los módulos bifaciales, y la degradación del generador fotovoltaico, constituyen tópicos que deben continuar siendo investigados ya que permiten reducir el costo, mejorar el rendimiento y aumentar la vida útil del sistema de bombeo.

La producción de electricidad en las islas del Mediterráneo actualmente depende, en gran medida, de los combustibles fósiles importados. Kougiyas *et al.* (2016) expone un enfoque integrado para aumentar la participación de los sistemas solares fotovoltaicos en el mix energético a través de instalaciones en la superficie disponible cerca de la infraestructura de agua existente. Usando el Sistema de Información Geográfica (SIG) se procesaron las características técnicas de cada ubicación, se calculó la capacidad de potencia y la producción de electricidad correspondiente.

Reca *et al.* (2016) analizan la rentabilidad de los sistemas fotovoltaicos para el riego de cultivos de invernadero mediterráneos, donde se propone un sistema fotovoltaico de bombeo directo independiente y se desarrolla un modelo de simulación del sistema con el fin de obtener un diseño económicamente óptimo y evaluar su factibilidad.

Las tecnologías de energía renovable pueden hacer una contribución importante al acceso universal, tanto a la energía como al agua de manera sostenible. Jones y Olsson (2017) describen cómo la energía solar fotovoltaica y la eólica tienen un enorme potencial para suministrar agua limpia, en particular en áreas sin conexión a la red.

Wibowo y Chang (2020) exponen que las áreas remotas generalmente carecen de servicios básicos como agua potable. Utilizan como caso de estudio una región de Indonesia

donde, teniendo en cuenta la baja población, la accesibilidad geográfica deficiente y la falta de electricidad, proponen un sistema de tratamiento de agua a pequeña escala capaz de producir agua dulce y limpia con aplicaciones solares térmica-fotovoltaicas.

Syahputra y Soesanti (2021) presentan los sistemas de energía renovable basados en las tecnologías microhidráulica y solar fotovoltaica para áreas rurales, con un estudio de caso en Yogyakarta, Indonesia. El resultado final de este estudio es la capacidad de generación de energía hidroeléctrica y solar más óptima basada en el cálculo del costo de capital, las ventas de la red, el costo de la energía y el valor neto actual.

El desarrollo económico de Cuba ha estado marcado por la dependencia al uso del petróleo y sus derivados, los cuales mayoritariamente deben ser importados, lo que incorpora gastos en transportación y fletes; agregándose a esto, el férreo bloqueo impuesto por los Estados Unidos que imposibilita no solo las transacciones económicas directas, sino que limita el comercio con terceros países.

Es por ello necesario identificar las potencialidades de empleo de las FRE para equipar a las comunidades aisladas y en especial al municipio Báguanos, objeto de este estudio. De esta forma, se solucionan problemas vitales como el abasto y la potabilización del agua, tarea que cobra una gran importancia y denota un gran compromiso y responsabilidad con los impactos ambientales, la protección del medio ambiente y el futuro de comunidades.

## II. Materiales y métodos

Se identificaron y caracterizaron las variables: potencialidades de las FRE en las comunidades, estado y calidad del agua, y estado y calidad del suelo. A partir de su análisis, se planteó un plan de trabajo para el empleo de estos recursos en las comunidades objetos de intervención. El objetivo del trabajo es la mejora de la calidad de vida de los pobladores, al utilizar no solo los sistemas de abasto de agua para el consumo humano, sino que derivado de los estudios de las variables antes mencionadas, se puedan aprovechar en los cultivos y en aumentar la masa animal.

El proceso de trabajo se estratificó en las etapas siguientes:

- Identificar las potencialidades de las FRE, específicamente, la energía eólica para el abastecimiento de agua a los pobladores de la comunidad, partiendo de un molino de viento existente.
- Posibilidad de bombeo de agua con energía fotovoltaica desde un pozo existente en la comunidad.
- Valorar, de forma general, la eficiencia energética de las FRE identificadas.

## III. Resultados y discusión

### Valoración del potencial de empleo de las FRE

La valoración del potencial de empleo de las FRE se realizó a partir de los recursos renovables disponibles en el área que abarca la comunidad Manantialito del municipio Báguanos (Figura 1).



Fig. 1. Potencial del empleo de las FRES en la comunidad objeto de estudio.

### Energía solar fotovoltaica

Para determinar las posibilidades de empleo de la energía solar fotovoltaica se valoraron más de 15 áreas de la comunidad con posibilidades, estimándose que existe potencial para instalar sistemas fotovoltaicos con una potencia pico total de 1000 kWp. Una de las áreas más adecuadas, ubicada al sur de la comunidad, tiene un área total de unos 630 m<sup>2</sup> que se puede aprovechar para instalar hasta 21 kWp de potencia en paneles fotovoltaicos.

### Energía solar térmica

La energía solar térmica no puede ser aprovechada para el abastecimiento de agua a la comunidad. No obstante, desde el punto de vista energético, sí puede contribuir en la calidad de vida de sus pobladores, por lo que se realizó un análisis para su aplicación.

Se estimó factible, dada la tecnología disponible en nuestro mercado, el empleo de la energía solar térmica para suministro de agua caliente a las labores domésticas; proponiéndose la instalación de un equipo por vivienda, tanto del tipo de tubos al vacío, comercializados en la red de tiendas de Copextel, como los compactos de importación.

### Energía eólica

La estación meteorológica más cercana es la ubicada en el campus José de la Luz y Caballero de la Universidad de Holguín, de cuyos datos tomamos que la velocidad del viento oscila entre 2,97 y 3,94 m/s. Aunque no se cuenta con registros precisos sobre la velocidad de los vientos en la zona donde se encuentra ubicado el pozo, se toman como referencia los del mapa del potencial eólico de la provincia Holguín (Figura 2).

A partir del análisis de los datos disponibles, se considera que el pozo se encuentra ubicado en una zona de vientos muy inestables, entre muy pobres y pobres, con velocidades que bajo condiciones meteorológicas normales nunca superarán los 5 m/s.

Sin embargo, para la comunidad Manantialito, existen condiciones geográficas (por encontrarse el pozo existente y el molino de viento entre dos pequeñas colinas) que provocan un canal de viento (Alturas de Maniabón) que permiten vientos moderados y velocidades de arranque de un molino tradicional a 4,8 m/s. Partiendo de estos niveles de viento, el molino nunca podría abastecer a la comunidad, dado que necesita mayores velocidades y aun así solo garantiza unos 8000 L/día, siendo insuficiente.

Para el caso de los generadores eólicos de electricidad, considerando su aprovechamiento para dotar de energía eléctrica una electrobomba sumergible u horizontal, con estas velocidades se puede descartar su empleo (dado que su factor de penetración y capacidad sería muy bajo).

La mejor variante es utilizar una aerobomba que produce la fábrica de bombas Alejandro Arias Medina, de la Empresa Metalúrgica de Camagüey, de segunda generación denominada «CITA Steere». Esta es capaz de arrancar con vientos de 2 m/s. Se caracteriza por tener un costo de hasta un 50 % inferior al de las aerobombas importadas.

### Energía hidráulica

Este tipo de fuente renovable de energía también fue evaluado, no se encontraron en las áreas de la comunidad saltos de agua ni arroyos con caídas que permitan utilizar este tipo de energía limpia. Debe tenerse en cuenta que las

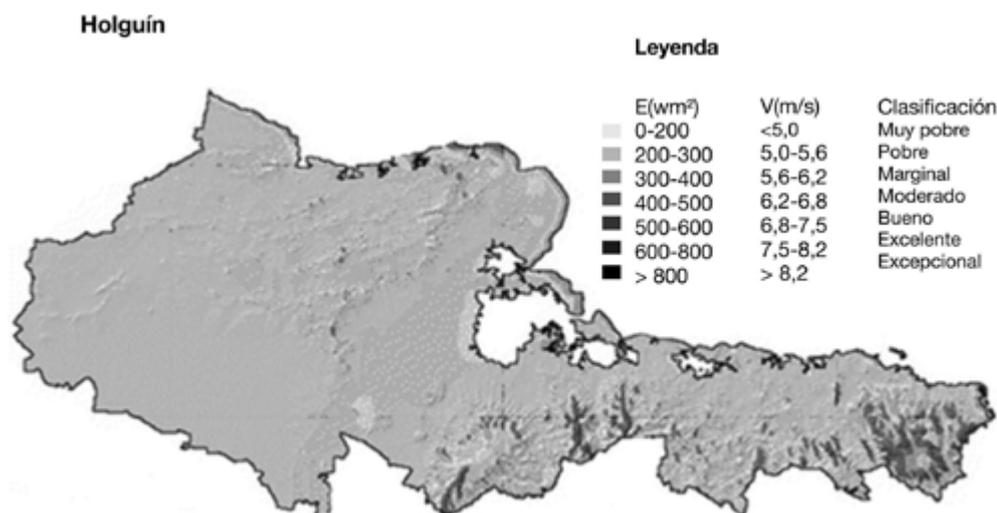


Fig. 2. Mapa del potencial eólico de la provincia Holguín.

variables meteorológicas de precipitación indican que los niveles de lluvia han disminuido, por lo que los arroyos que posee la comunidad están totalmente secos y sólo se activan intermitentemente en los periodos de lluvias.

### Energía de la biomasa

Se analizó el potencial de animales que posee la comunidad, a fin de utilizar la energía derivada del proceso de digestión anaerobia (uso del biogás); pero la comunidad no cuenta con animales que permitan el empleo de este tipo de FRE.

En cuanto a la biomasa forestal, se determinó que existe un potencial estimado de 18 hectáreas de bosques, con niveles de árboles maderables, pero de utilizarse este tipo de energía, estas áreas se devastarían dada la necesidad energética del sistema de bombeo de un gasificador de leña.

### IV. Conclusiones

Partiendo de los análisis realizados en la comunidad Manantialito, se estima que tiene gran potencial de energía solar fotovoltaica para instalar unos 1000 kWp, de estos, unos 588 kWp en áreas próximas al pozo existente. Sin embargo, no pueden ser utilizados dado el alto costo de la tecnología y el consumo energético del sistema de abasto de agua.

Para la alternativa de fuente energética que garantice el sistema de bombeo y la potabilización del agua, se propone la utilización de la energía solar fotovoltaica a través del bombeo alimentado con paneles solares (bombeo fotovoltaico).

Resulta interesante la utilización de otras FRE, como los calentadores solares en las viviendas de la comunidad para tareas domésticas y otras actividades, reduciendo los consumos de portadores energéticos de origen fósil o de lenta recuperación como la leña de los bosques.

### V. Bibliografía

- Cabrera Martínez Ihosvany (2004). Sistemas fotovoltaicos para el bombeo de agua. *Energía y Tú*, 27, ISSN 1028-9925. <http://www.cubasolar.cu/wp-content/uploads/2019/03/Energia27.zip>
- Centro Integrado de Tecnologías del Agua (CITA) (2000). Evaluación de molinos de viento Veleta y Delta F-8.
- Chandel, S. S., Nagaraju Naik, M. y Chandel, R. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1084-1099. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.083>
- Decreto Ley No 345. Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía. 28 de noviembre de 2019. GOC-2019-1063-095.
- Durin, B., y Margeta, J. (2014). Analysis of the Possible Use of Solar Photovoltaic Energy in Urban Water Supply Systems. *Water*, 6(6), 1546-1561. <https://www.mdpi.com/2073-4441/6/6/1546>
- Gaisma. (14 de julio de 2019). *Sunrise, sunset, dawn and dusk times around the World*. <https://www.gaisma.com/en/location/holguin.html>
- González Martínez, P., Sarduy Valedón, L. y Puente Borrero, F. (2012). Molino de viento camagüeyano CITA Steere. *Energía y Tú*, 60, ISSN 1028-9925. <http://www.cubasolar.cu/wp-content/uploads/2019/03/Energia60.zip>

- González Martínez, P. J., Puente Borrero, F. R.I y Aguilar Pérez, J. (2012). *Informe técnico de validación del molino de viento camagüeyano CITA Steere en condiciones reales de explotación*. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y Centro Integrado de Tecnología del Agua (CITA).
- Jones, L. E., y Olsson, G. (2017). Solar Photovoltaic and Wind Energy Providing Water. *Global challenges (Hoboken, NJ)*, 1(5), 1600022-1600022. <https://doi.org/10.1002/gch2.201600022>
- Kougias, I., Bódis, K., Jäger-Waldau, A., Moner-Girona, M., Monforti-Ferrario, F., Ossenbrink, H., y Szabó, S. (2016). The potential of water infrastructure to accommodate solar PV systems in Mediterranean islands. *Solar Energy*, 136, 174-182. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.07.003>
- Moreno Figueredo, C. et al (2007). *Diez preguntas y respuestas sobre energía eólica*. Editorial Cubasolar, La Habana, ISBN 978-959-7113-34-8.
- Muhsen, D. H., Khatib, T., y Nagi, F. (2017). A review of photovoltaic water pumping system designing methods, control strategies and field performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 70-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.129>
- Reca, J., Torrente, C., López-Luque, R., y Martínez, J. (2016). Feasibility analysis of a standalone direct pumping photovoltaic system for irrigation in Mediterranean greenhouses. *Renewable Energy*, 85, 1143-1154. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.056>
- Syahputra, R., y Soesanti, I. (2021). Renewable energy systems based on micro-hydro and solar photovoltaic for rural areas: A case study in Yogyakarta, Indonesia. *Energy Reports*, 7, 472-490. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.01.015>
- Unesco. (2014). *The United Nations World Water Development Report 2014—Water and Energy*.
- Unesco. (2019). *The United Nations World Water Development Report—Executive Summary*.
- Wibowo, A. I., y Chang, K.-C. (2020). Solar energy-based water treatment system applicable to the remote areas: Case of Indonesia. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 10(2), 347-356. <https://doi.org/10.2166/wash-dev.2020.003>

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

**Contribución de cada autor:** Alexander Leyva Valdespiño, conceptualización, curación de datos, investigación y supervisión; George Aguilera Proenza, análisis formal, supervisión, investigación, redacción-borrador original, revisión y edición.

Recibido: 4 de septiembre de 2022

Aprobado: 26 de septiembre de 2022