

# El bombeo solar fotovoltaico en países en desarrollo hacia una euforia racional

**Francisco del Pozo Campos**

Graduado en Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III Madrid.

Especialista en agua saneamiento y energía. Oxfam UK.

fpozo28@hotmail.com

## Resumen

El bombeo de agua es un componente clave para el éxito de un proyecto de abastecimiento o regadío. Un bombeo es la combinación de la bomba en sí y una fuente de energía que la mueve. En los últimos diez años el uso de energía renovable del sol para bombeo se ha generalizado en los países del llamado “Sur”. Un sinnúmero de gobiernos locales, ONGs y otros agentes de desarrollo los están usando. La verdad es que bien diseñados y con unos usuarios organizados funcionan excelentemente durante años sin usar combustible y apenas mantenimiento. El sistema tiene un coste total por litro de agua mucho más adaptado a las economías rurales de subsistencia comparado con bombes con combustible fósil. En este artículo analizamos algunos de los aspectos a tener en cuenta para este sistema signifique un cambio perdurable en el abastecimiento de agua rural.

*Palabras clave: bombeo, energía solar fotovoltaica, sostenibilidad, abastecimiento rural, riego.*

## Abstract

Pumping water is a key component to the success of a water supply project or irrigation. A pumping station is a combination of the pump itself and a source of energy that moves it. In the last ten years the use of renewable energy from the sun for pumping has been used massively in the so call “South”. Local governments, NGOs and other development agents are using them. The truth is that well-designed with an organized community; they work perfectly for years with no fuel and little maintenance. The system has a total cost per liter of water much more adapted to rural subsistence economies compared with fossil fuel. In this article we will go over some of the aspects to be considered for this system to be a permanent change in the rural water supply.

*Keywords: pumping, solar photovoltaic energy, sustainability, rural supply, irrigation.*

## 1. Qué es un bombeo solar fotovoltaico

Este nombre no se refiere más que a un sistema sencillo que usa paneles solares fotovoltaicos para extracción directa de agua de una fuente de agua. A partir de ahora nos referiremos a él cómo bombeo solar. Un bombeo solar sencillo se compondría de:

- Bomba eléctrica de agua. Convierte la energía eléctrica en movimiento de agua impulsada por la tubería.

*DisTecD. Diseño y Tecnología para el Desarrollo*

*2017, 4, desde pág. 24 - hasta pág. 32*

*ISSN: 2386 – 8546*

- Paneles solares en sus soportes (campo solar). Convierten la energía del sol en energía eléctrica.
- Unidad de control/regulador/inversor. Toma la corriente eléctrica de los paneles solares y la adapta para que la bomba de agua funcione lo más eficientemente posible.
- Tanque o balsa de almacenamiento de agua. Sirve evidentemente para almacenar agua cuando no hay sol y regular las diferencias entre la producción de agua del bombeo solar y los hábitos de uso de agua de los usuarios del sistema.

Como un bombeo solar proporciona agua en función de la radiación solar en cada momento, la cantidad de agua que extrae de un pozo varía a lo largo del día y de las estaciones del año. La radiación solar es bastante bien conocida y predecible en casi cada punto del globo. Por ello somos capaces de modelar y diseñar bombes solares que produzcan un mínimo hasta en las épocas con menos sol. Los bombes solares para usos agropecuarios son especialmente convenientes. Cuantas más nubes y lluvia hay, menos agua necesitan tanto los cultivos como los animales.

Los bombes solares sencillos más comunes se muestran en las figuras 1 y 2.

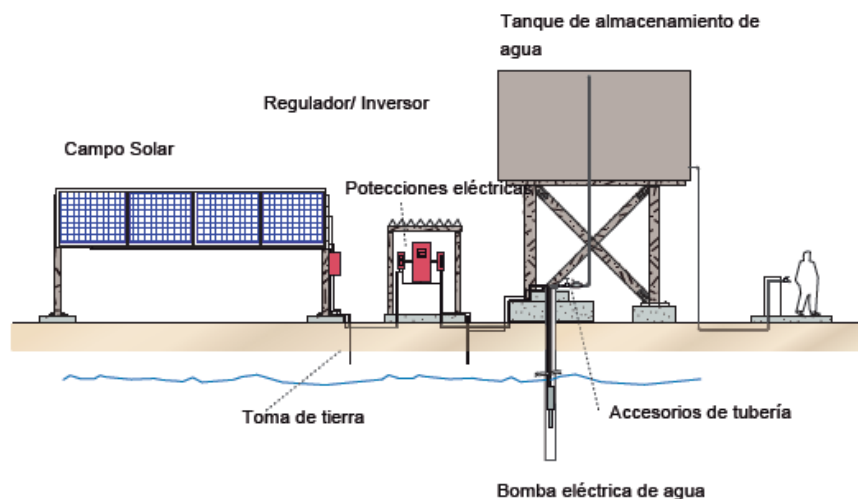


Figura 1. Bombeo con bomba sumergible desde un sondeo para abastecimiento de agua potable.

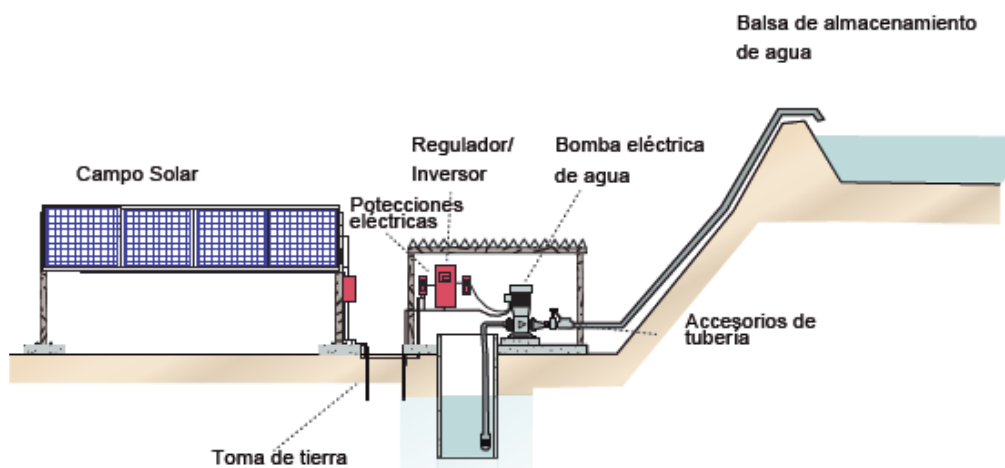


Figura 2. Bombeo con bomba de superficie desde pozo o río para riego o abrevadero de animales.

## 2. Aplicación en cooperación al desarrollo

Tal día como hoy hace casi cuarenta años, el padre Vespieren instaló el primer sistema en Nabasso (Mali) [1]. La visión del padre resultó ser una pequeña revolución solar en mitad de la sabana semidesértica maliense. Su bombeo aún rudimentario, proporcionaba agua sin necesidad de esfuerzo manual o combustible. El padre también se dio cuenta en aquellas primeras experiencias que con respecto al abastecimiento tradicional, el sistema requería, sin embargo, una organización comunitaria más compleja.

Desde aquella experiencia pionera el uso de bombeo solar para regadío y abastecimiento de agua potable se ha multiplicado. Gracias a la bajada del precio de los módulos fotovoltaicos y a la demanda para riego en UE, EEUU y Australia, la industria ha desarrollado equipos de bombeo específicos más baratos y eficientes. En zonas rurales de estas zonas, se ha ampliado su uso para agricultura y piscinas. En países del llamado Sur global, numerosas agencias, ONGs y gobiernos lo están empleando para abastecimiento de agua y regadío. Un proyecto pionero de lucha contra la sequía en la región de África del Oeste impulsó el Programa Regional Solar. Esta iniciativa promovió la instalación de más de 820 bombes solares hasta 2010 [2] en Burkina Faso, Cabo Verde, Gambia, Guinea Bissau, Nigeria, Senegal y Mali. En África del Este y del Sur también se está generalizando su uso en proyectos de cooperación y para abastecimiento de campos de refugiados. Sólo hasta 1998 se estima que había 60.000 unidades de bombeo fotovoltaico instaladas en el mundo [3].

## 3. Mitos y realidades

### 3.1 Hay una creencia muy extendida de que los bombes solares tienen un coste de mantenimiento cero

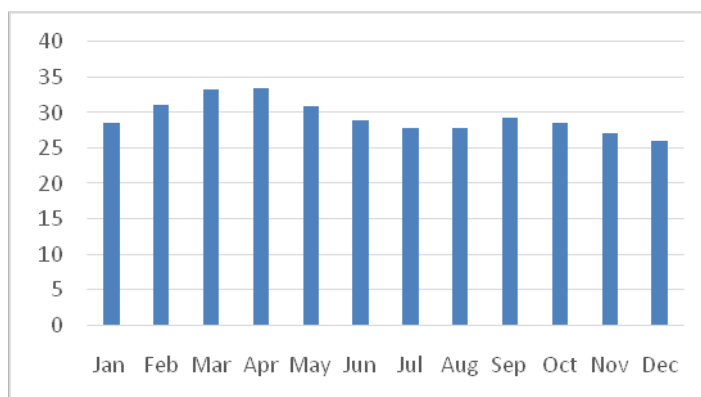
Es obvio que una bomba que usa energía solar funciona aparentemente gratis. Evidentemente ésta es la diferencia principal con los bombes que usan un generador diésel, que requiere más mantenimiento y combustible a diario. Pero esto de que es gratis es una ilusión. La realidad es que captar la energía solar requiere cuidado, si no se limpian los paneles frecuentemente, en cuestión de semanas acaban dando menos energía. Sólo la limpieza y la seguridad para que no los roben requieren mano de obra y tiene evidentemente un coste. A esto hay que añadirle las visitas anuales de técnicos especializados y la sustitución de equipos cada 5 - 7 años [4].



**Figura 3. Instalación solar cayendo poco a poco en el olvido. Las sombras y la maleza comienzan a cubrir los paneles. Niel, Sur Sudan (Oxfam GB).**

### 3.2 Existe el mito de que en invierno un bombeo solar no produce agua

El sentido común nos dice en la época de lluvias y en invierno baja mucho la cantidad de agua bombeada. Pero la tecnología de paneles y bombas solares hace que sea posible bombear agua incluso con luz indirecta de un día nublado. También se diseña el número de paneles para el mes de menos sol. Todo eso hace que dispongamos del caudal mínimo incluso en la época con menos irradiación.



**Figura 3. Variación anual de producción diaria de un bombeo solar diseñado para 30m<sup>3</sup>/día de media en una latitud tropical. Normalmente en países tropicales la diferencia entre el mes que más bombea respecto al que menos es de un 30%. En climas templados esta diferencia suele superar el 50%. Datos sacados de simulaciones y pruebas reales de bombas solares del fabricante Grundfos [5].**

### 3.3 Se suele creer que la inversión inicial es prohibitiva comparado con bombeos convencionales

En los años 80 y 90 los bombeos solares requerían una inversión del orden de 20 veces más de su equivalente diesel. Gracias a las mejoras tecnológicas de los paneles y equipos de bombeo solar y el *boom* de las renovables la cosa ha cambiado. Los bombeos solares se han ido abaratando sustancialmente. Dependiendo del coste del diésel la inversión en solar se suelen amortizar en menos de 4 años.

### 3.4 Es normal escuchar que sólo vale para caudales pequeños

Es cierto que cuando empezaron los bombeos solares eran más bien pequeños e ineficientes. Se usaban para caudales pequeños en chalets, granjas, colegios y centros de salud en lugares remotos. Actualmente se pueden encontrar bombas solares de gran capacidad y eficiencia para abastecer comunidades medianas y grandes proyectos de riego.



**Figura 4. Bombeo superficial de 600m<sup>3</sup> al día en Kaya camp en Sur Sudan (Oxfam GB).**

### 3.5 Tendencia a ser robados

Los paneles pueden ser robados con facilidad. Un generador es pesado para llevarlo a casa. Los paneles solares son ligeros y una fuente pequeña pero inmediata de energía. Con un solo panel uno puede hacer funcionar un televisor con una batería de coche y un pequeño inversor *made in China*. Esto hace que los paneles solares sean muy valorados en comunidades rurales donde la pobreza energética es grande. Por ello es muy probable que durante la vida útil del sistema alguien tenga la tentación de robarlos para usos propios. Por otro lado ya no es un elemento ni tan caro ni tan difícil de conseguir, los venden en mercados rurales de los lugares más remotos.



**Figura 5. Panel robado encima de un depósito a 9 m de altura Guinea Bissau (AIDA asociación).**

### 3.6 Instalar equipos solares incrementa la brecha tecnológica

Los sistemas de bombeos solares en lugares remotos, siendo mucho más comunes que antes, pueden seguir pareciendo tecnología muy compleja a ojos de los usuarios. Aunque los equipos solares sean sencillos y maduros, son un salto tecnológico considerable en muchos lugares donde trabajan los agentes de desarrollo o humanitarios.

Desde mi punto de vista los generadores y otra maquinaria diesel, aun siendo ruidosos y sucios son todavía una tecnología más cercana y más madura.

Las personas que van a ser los usuarios finales en estos lugares suelen tener unos conocimientos muy amplios de su entorno y un modo de vida adaptado a donde habitan, pero saben poco de electrónica de potencia y paneles solares. Esto, evidentemente está cambiando con la introducción de móviles, ordenadores y pequeñas equipos con paneles solares en los lugares más alejados, pero la brecha tecnológica es una realidad. Esta brecha tecnológica se hace evidente a la hora del mantenimiento. En países en vías de desarrollo existen todavía poca disponibilidad de repuestos y talleres capaces de reparar equipos de energías renovables.

## 4. ¿Cuándo el bombeo solar está de nuestro lado?

Varias preguntas generales que deberías hacerte para tener una idea de la viabilidad de un bombeo solar.

#### **4.1 ¿La comunidad está motivada?**

Son proyectos innovadores que van a cambiar los usos, costumbres de la comunidad y requerirán un pago mínimo por los servicios de abastecimiento del agua. La gestión de la innovación es vital para que la sociedad que va a emplear dicho sistema se adapte y supere un proceso transitorio de cierta inestabilidad. Cuanto mayor es la innovación y el cambio en las costumbres, mayor es el riesgo de rechazo de la misma. Una innovación solo será aceptada fácilmente si mejora a ojos de los beneficiarios sus condiciones preexistentes y no cambia excesivamente su organización social. Dichas mejoras en las condiciones habitualmente son independientes a las mejoras en salud pública. El éxito de la introducción de un pago por servicios está vinculado a la percepción de la necesidad evidente de pagar dicho mantenimiento diario y a la confianza en la institución que lo gestiona. La falta de ese pago suele desencadenar un deterioro del mantenimiento y posterior robo o no sustitución del equipo al estropearse.

#### **4.2 ¿La entidad gubernamental responsable del agua está motivada para apoyar en la gestión de este tipo de proyectos?**

No es eficaz ni justo dejar esta infraestructura en manos exclusivas de la comunidad. La entidad de agua competente u otra entidad de apoyo tendrían que asumir el rol del apoyo técnico y económico. En contextos con debilidad institucional esto no es fácil y, que estas entidades pasen de un apoyo testimonial a un apoyo real en muchos países es difícil. Tener una estrategia de inclusión de las instituciones competentes es importante. Si no es posible es mejor plantearse otra alternativa menos tecnológica como los pozos tradicionales o las bombas manuales.

#### **4.3 ¿Existe en la zona alguien capaz de realizar el mantenimiento?**

El bombeo solar no puede ser mantenido exclusivamente por los usuarios. Desgraciadamente no se pueden arreglar siempre con un destornillador, martillo y un poco de inventiva. Requiere cada año que personal especializado lo revise, re programe el inversor o cambie lo que está roto. Si la organización o empresa especializada más cercana está a 500 Km por caminos de tierra, lo mismo se tendría que plantear el uso de otra tecnología. Normalmente hay empresas solares en las capitales regionales. Pero en ocasiones no les es rentable hacer mantenimiento a menos que sea a precios muy altos. Como cualquier otro servicio en el sector privado, su viabilidad depende del número de clientes atendidos, es decir, será necesario un número mínimo de instalaciones solares en una zona. De otro modo esta empresa no podrá mantener técnicos especializados, ni vehículos, ni stock de repuesto si no tiene un negocio más o menos estable.

#### **4.4 ¿Hay suficiente sol y espacio para ponerlos?**

Las zonas donde se desarrollan la mayoría de los proyectos de cooperación son tropicales y ecuatoriales, en las que la radiación solar la mayor parte del año es excelente. En latitudes templadas o en zonas montañosas la radiación solar baja en invierno. Esto no tiene porque descartar esta tecnología, pero requiere estudio cuidadoso y algo más de inversión.

Otro de los inconvenientes de la energía solar fotovoltaica es que requiere más espacio físico comparado con la alternativa diesel. En muchos lugares donde hay limitación de espacio o hay problemas con la propiedad de la tierra quizás la alternativa solar sea simplemente inviable. Una combinación híbrida de energía solar y generador diésel es bastante normal y suele dar muy buen resultado cuando las necesidades de agua son altas.



#### ***4.5 ¿La fuente tiene suficiente agua a una profundidad aceptable?***

El bombeo solar saca mucha agua en unas pocas horas a mediodía comparado con una bomba manual. Asegúrate que la capacidad de la fuente es suficiente para soportar ese caudal. También un bombeo solar está limitado por la inversión que es razonable en paneles solares. Cuando el nivel freático agua está por debajo de los 100 m en relación al terreno es necesario instalar muchos paneles para sacar muy poca agua.

#### ***4.6 ¿La calidad del agua sea aceptable?***

Los bombes fotovoltaicos son más viables cuando son sencillos. El tratamiento el agua suele requerir energía, lo que complica la cosa. Por ejemplo si es preciso instalar un sistema de cloración en un abastecimiento de agua potable, será necesario un pequeño equipo solar independiente con baterías para alimentar la bomba de dosificación. Cuando los usuarios finales son animales o plantas (requieren menor calidad de agua) o en proyectos de riego y abrevaderos la sencillez está asegurada.

#### ***4.7 ¿Si el sistema de riego no requiere mucha presión?***

Cualquier sistema de riego se puede adaptar a funcionar con energía. Por lo general, un riego por goteo o por canal abierto se puede solarizar fácilmente porque no requiere mucha presión. El riego por aspersión requiere, sin embargo, más presión y que funcione fuera de las horas centrales del día. Esto hace necesario usar baterías u otros equipos complicados.

#### ***4.8 Centralización del abastecimiento***

En comunidades con heterogeneidad de etnias o religiones, la sustitución de un abastecimiento descentralizado, por ejemplo, pozos tradicionales o bombas manuales, por un bombeo centralizado, puede generar conflictos serios en la comunidad. También la centralización requiere modelos de gestión más avanzados. Juntar a comunidades rivales en un mismo punto de agua puede ser un juego arriesgado. Por otro lado, bien estudiado y abiertamente dialogado con la comunidad compartir una fuente de agua puede favorecer el dialogo y reducir los conflictos entre diferentes grupos étnicos.

#### ***4.9 ¿La población se va a quedar allí mucho tiempo?***

En entornos humanitarios las poblaciones refugiadas se mueven a causa de la fluctuación de los conflictos o movimientos de reasentamiento. La volatilidad de las poblaciones suele dificultar la decisión de invertir en equipos de bombeo solar. La realidad es que según la ACNUR el tiempo medio de residencia en un campo de refugiados es 10 años. Por ello el bombeo solar está siendo cada vez más utilizado.

#### ***4.10 Movilidad del bombeo***

Muchas explotaciones agrarias usan pequeñas motobombas portátiles de gasolina para riego y abrevadero de animales. La versatilidad de una motobomba y el riesgo de robo hacen inviables los bombeos solares convencionales. Existen algunas iniciativas prometedoras de pequeños bombeos solares portátiles en carros con ruedas pero aún no se han generalizado.



Figura 6. Bombeo de agua portatil para riego Low cost portable solar pump in Keduogou Senegal [7].

## 5. Euforia y futuro

Si pensamos en entornos rurales en países en desarrollo sin acceso a red eléctrica, la tecnología solar es más conveniente comparado con los bombeos con generadores diésel. Esto podría hacernos suponer que la tecnología solar tiene un futuro irrefutable en estos contextos tanto para usos agrícolas como para abastecimiento de agua potable. Si a eso le sumamos la subida del precio del combustible y la presión para paliar el cambio climático se puede llegar a creer que el bombeo solar es la única opción razonable. Pero la realidad es que tras 25 años de implementación de bombeos solares el resultado es desigual y apenas supera el aprobado. A los cinco años de la instalación entre 1 de cada 4 sistemas no funcionaban según un estudio de 3.000 sistemas en países en vías de desarrollo [8]. El mismo resultado desigual ha ocurrido entre los 70 y los años 90, cuando las ONGs en bloque se lanzaron a la instalación masiva de bombas manuales como panacea para abastecimiento rural [9]. En muchas aldeas los bombeos solares yacen como “elefantes blancos” olvidados junto a las bombas manuales abandonadas que vinieron a sustituir mientras, y la población camina hacia el río como siempre ha hecho.



Figura 7. Bombeo con los paneles desaparecidos en Bolama Guinea Bissau (AIDA asociación).



### 5.1 El día después de la puesta en marcha de un bombeo sabemos tres cosas

- Que dentro de unos 5 años la bomba y el regulador estarán al final de su vida útil.
- Que si nadie limpia y cuida los paneles en 6 meses su rendimiento será mínimo y puede que hasta sean robados.
- Que el coste de reposición de los equipos puede ascender hasta los 4.500 euros; siendo esta cantidad mucho dinero para una comunidad rural y para sus estructuras locales.

### 5.2 ¿Qué va a hacer que aumenten las opciones de supervivencia de un bombeo solar?

- Que haya sido correctamente diseñado e instalado acorde a unos mínimos estándares de calidad [1].
- Que para los/as usuarios/as sea una instalación útil y mejore su vida sustancialmente.
- Que de alguna manera exista una estructura de gestión local: que canalice la necesidad de los/as usuarios/as, la gestión de cuotas y el mantenimiento diario.
- Que de alguna manera una institución del gobierno especializada en servicios de agua y de confianza apoye en la gestión de la instalación [6].
- Que exista una empresa solar especializada presente en la zona y que proporcione mantenimiento a precios y en unos tiempos razonables [6].
- Que los “actos de Dios” y otros eventos difícilmente predecibles como la inestabilidad política no se ceban en el bombeo.

## 6. Referencias

- [1] POZO SAURA, Fernando, 2007. *Contribución al diseño de procedimientos de control de calidad para sistemas de bombeo fotovoltaico* [en línea]. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid [Consulta: abril de 2017]. Disponible en: <http://oa.upm.es/1608/>
- [2] <http://www.cilss.bf/prs>
- [3] Short TD, Oldach R. *Solar powered water pumps: the past, the present and the future*. Journal of Solar Energy Engineering, 2003-125-1- pps. 76-82
- [4] <https://www.lorentz.de/>
- [5] <http://product-selection.grundfos.com/sizing-by-application.html>
- [6] Lecciones aprendidas de una experiencia de bombeo fotovoltaico en Marruecos. NNE5 2000.35 pp 54 57 [Consulta: abril de 2017].  
Disponible en: [http://138.4.46.62:8080/ies/ficheros/1\\_36\\_lessons\\_e.pdf](http://138.4.46.62:8080/ies/ficheros/1_36_lessons_e.pdf)
- [7] Low Cost Solar Pumping System. En: *YouTube* [vídeo en línea]. [Consulta: abril de 2017].  
Disponible en: <https://youtu.be/bPvPJuvLw9Q>
- [8] ARNALICH, S., 2008. *La instalación de un sondeo* [en línea]. Arnalich, Water and hábitat [Consulta: abril de 2017]. Disponible en: <http://www.arnalich.com/es/libros.html>
- [9] UNESCO, 2015. *Water for sustainable a world, The United Nation World Water Development Report* [Consulta: abril de 2017]. Disponible en: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-water-for-a-sustainable-world/>