




Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua


Design of the electrical generation system using photovoltaic panels to enhance the operation of a water suction pump


Autores:

Ronny Joel Angulo Guerrero 
Universidad Técnica Luis Vargas Torres
Ciudad: Esmeraldas
País: Ecuador
Correo electrónico: ronny.angulo@utelvt.edu.ec

Carlos Joa Verá Lozano 
Universidad Luis Vargas Torres
Ciudad: Esmeraldas
País: Ecuador
Correo electrónico: carlos.joa.vera@utelvt.edu.ec

Josías Miguel Farfán Bone 
Universidad Técnica Luis Vargas Torres
Ciudad: Esmeraldas
País: Ecuador
Correo electrónico: josias.farfan@utelvt.edu.ec

Karen Katherine Caicedo González 
Universidad Técnica Luis Vargas Torres
Ciudad: Esmeraldas
País: Ecuador
Correo electrónico: karen.caicedo@utelvt.edu.ec

Filocles Alejandro Copete Torres 
Universidad Técnica Luis Vargas Torres
Ciudad: Esmeraldas
País: Ecuador
Correo electrónico: copetealejandro015@gmail.com

Citación/cómo citar este artículo:

Angulo, R., Vera, C., Farfán, J., Caicedo K. y Copete, F. (2022). Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua: Revista Social Fronteriza 2(6) pp 30 -49 DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7259680>

Enviado: septiembre 28, 2022 **Aceptado:** octubre 27, 2022 **Publicado** noviembre 5, 2022



Ronny Angulo, Carlos Vera, Josías Farfán, Karen Caicedo, Copete Filocles. Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua

Resumen

Este artículo surge de la necesidad de dar solución a problemas en donde el agua sea escasa o no haya un suministro del fluido cerca para captarlo en las cantidades que se requiere, por lo que se diseña un sistema de bombeo alimentado mediante energía solar para un pozo profundo, utilizando para su energización paneles solares fotovoltaicos y para su control en el tanque de agua un electro nivel que indicará el nivel de llenado, el fluido estará en un reservorio disponible para su utilización. El diseño fotovoltaico será autónomo y suplirá toda la demanda energética que requiere el sistema de bombeo, lo que se busca es que mediante el diseño del sistema de bombeo se especifique cuáles son los mejores componentes que garanticen el funcionamiento, buscando abastecer del fluido a las zonas rurales.

Palabras claves: Agua, energía solar, fotovoltaico, sistema de bombeo.



Abstract

This article arises from the need to solve problems where water is scarce or there is no fluid supply nearby to capture it in the quantities required, so a pumping system powered by solar energy for a well is designed. deep, using photovoltaic solar panels for its energization and for its control in the water tank an electro level that will indicate the filling level, the fluid will be in a reservoir available for use.

The photovoltaic design will be autonomous and will supply all the energy demand required by the pumping system, what is sought is that through the design of the pumping system, the best components that guarantee operation are specified, seeking to supply the fluid to the areas rural.

Keywords: Water, solar energy, photovoltaic, pumping system.

.



Introducción

El presente artículo tiene como fin el diseño de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica debido a que en ciertas zonas industriales rurales no cuentan con energía eléctrica aquello dificulta y escasea el fluido debido a las sequias que se pueden presentar en ciertas temporadas del año o de la arquitectura del sector donde se requiera agua para el consumo humano u otros fines.

Teniendo en cuenta que el sistema de bombeo se estudia y se plateara para la zona rural, debido a que son sitios donde escasea el fluido y también de energía eléctrica, se da la necesidad de energizar el sistema de bombeo a través de energía solar fotovoltaica, buscando promover indirectamente el uso de energías no convencionales.

Ahora bien, la intención del estudio es proporcionar el diseño de un sistema de bombeo autónomo y haciendo uso de energías renovables para su accionamiento, con el motivo de almacenar el agua en un tanque, buscando el abastecimiento del agua en las temporadas secas del año para.

La eficiencia energética es un tema que involucra problemas constantes en las diferentes instalaciones industriales, pero también, mientras nos inmiscuimos en este tema se encuentran constantemente términos que en la actualidad no son tan nuevos como biomasas, alternativas energéticas, restricciones energéticas, eficiencia energética, energías geotérmicas y demás energías limpias que actualmente ya se encuentran en nuestras manos para poder generarlas y utilizarlas además que son gratuitas ya que son energías que parten de la propia naturaleza entre ellas la más conocida y anhelada es la fotovoltaica (Arellano Bastidas , 2015 pág. 20).

Las energías fotovoltaicas tienen una relevancia poco nueva ya que en 1890 el ingeniero más representativo en el área de la electricidad llamado Nicola Tesla argumentó que si tuviéramos la capacidad de almacenar la energía que el sol irradia hacia la tierra en el desierto del Sahara tendrías la energía suficiente para poder satisfacer todos los requerimientos energéticos de todo el mundo de esta y muchas generaciones venideras (Arellano Bastidas, 2015 pág. 21)



Ronny Angulo, Carlos Vera, Josías Farfán. Karen Caicedo, Copete Filocles. Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua

Metodología

La investigación proyectiva es un tipo de estudio de indagación científica que consiste en buscar soluciones a distintos problemas, analizando de forma integral todos sus aspectos y proponiendo nuevas acciones que mejoren una situación de manera práctica y funcional. Además, describe cuáles serán las características de un aparato, diseño, o propuesta que permita lograr los objetivos para cambiar un fenómeno.

Proceso Metodológico

Fase 1

Exploratoria: En esta primera fase se exploran los estudios anteriores y proyectos aplicados con respecto a sistemas de bombeo con Paneles solares fotovoltaicos o similares con el fin de observar y obtener información detallada del tema de estudio.

Fase 2

Descriptiva: Debido al manejo inadecuado de los recursos naturales y lejanía de algunas comunidades se evidencia la necesidad de la accesibilidad a la calidad y suministro básico de servicios públicos como energía eléctrica y agua potable, por lo cual la propuesta del sistema que se hace en este proyecto se podría realizar a gran escala para contribuir a una posible solución de estas problemáticas en cualquier Lugar del País.

Fase 3

Explicativa: En esta fase se realizan los debidos cálculos como demanda de agua, caudales, velocidad, volumen del tanque, presión, tuberías, pérdidas de energía, entre otras que se requieren para el sistema de bombeo de agua por extracción mediante fuente de energía solar fotovoltaica.

Fase 4



Proyectiva: Se realiza el diseño del sistema de extracción de agua por bombeo mediante fuente solar fotovoltaica para potenciar el funcionamiento de una bomba, tomando en cuenta las variables y las características.

Fase 5.

Confirmatoria: Se hace la descripción general del diseño del sistema, el cual se basa en la propuesta del diseño de un sistema de extracción de agua donde su eje temático son las energías renovables, Debido a que usa como fuente de energía la luz del sol contribuyendo a la mitigación de impactos ambientales negativos que generan las energías convencionales, confirmando su viabilidad.

Fase 6

Evaluativa: Se muestran los alcances del diseño final, así mismo se recomiendan acciones que se pretendan mejorar o cambiar respecto al esquema de bombeo por extracción con fuente de energía solar fotovoltaica para una posterior aplicación a escala real.

Metodología Mixta

Obez. R, Avalos. L, Steier.Mm.(2018). lo definen como la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno, y señala que éstos pueden ser conjuntados de tal manera que las aproximaciones cuantitativa y cualitativa conservan sus estructuras y procedimientos originales

Resultados y Discusión

Configuraciones típicas de bombeo.

Los elementos de un sistema de bombeo FV se han de diseñar para operar conjuntamente acoplados, maximizando el rendimiento global del sistema. Es posible adoptar distintas soluciones para bombear un determinado volumen de agua a una determinada altura en función de los rangos de potencia (producto altura por caudal) requeridos en una aplicación específica. A pesar de que se instalan bombas



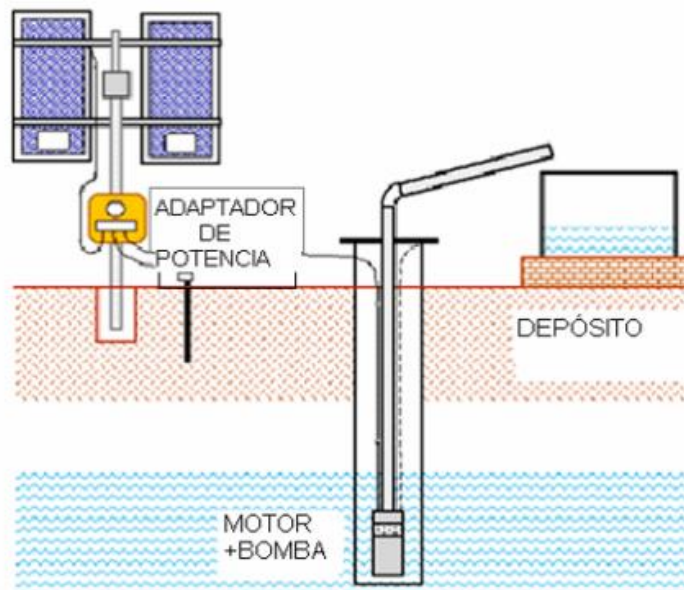
Ronny Angulo, Carlos Vera, Josías Farfán. Karen Caicedo, Copete Filocles. Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua

de superficie y flotantes, la configuración más habitual, es una motobomba sumergible instalada en un pozo de sondeo.

Figura 1. Elementos de un sistema de bombeo FV

Fuente: Autor.

La configuración de un sistema de bombeo FV viene determinada por la definición del tipo de generador FV, tipo de bomba y tipo de motor; así como tipo de



acondicionamiento de potencia. Se pueden distinguir los siguientes tipos de sistemas de bombeo FV.

Sistemas de pequeña potencia (50-400 Wp).

Utilizan principalmente un motor DC accionando una bomba centrífuga o de desplazamiento positivo. Entre el generador FV y el motor se instala un convertidor DC/DC para mejorar su acoplo. En general son aplicaciones en el rango de los 150 m³ /día. Los componentes fundamentales de estos sistemas son:

- Generador Fotovoltaico



- Convertidor DC/DC (opcional)
- Motor DC • Bomba • Depósito de almacenamiento (opcional).

Sistemas de mediana potencia (400-1500 Wp). Compuestos básicamente por una bomba centrífuga sumergible multiestado accionada por un motor AC de inducción y un inversor AC/DC de frecuencia variable y con SPMP. Son sistemas caracterizados por su elevada fiabilidad y amplia utilización desde las primeras instalaciones de bombeo FV. Su ciclo hidráulico está en el rango de 150 a 1.500 m³ /día. Los componentes fundamentales de estos sistemas son:

- Generador Fotovoltaico
- Convertidor DC/AC
- Motor AC
- Bomba
- Depósito de almacenamiento (opcional).

Con motor DC sin escobillas.

Sistemas formados por un motor DC sin escobillas operando una bomba helicoidal de desplazamiento positivo. El mayor rendimiento del motor DC sin escobillas, comparado con motores DC o AC de inducción, y el mayor rendimiento de las bombas helicoidales respecto de las centrífugas permiten obtener un sistema de mayor rendimiento global. No obstante, su introducción en el mercado es muy reciente y todavía han de demostrar su fiabilidad de operación y experimentar una disminución de costes.

Con convertidores de frecuencia.

Un nuevo tipo de sistemas de bombeo FV basado en la utilización de convertidores de frecuencia (FC) estándar industriales. El número de sistemas de bombeo FV que han demostrado tanto un elevado grado de fiabilidad como buen rendimiento de operación no son muy numerosos: muchos tienen diseños especiales (como puede ser por ejemplo la utilización de motores trifásicos a 68V) y resultan caros



Ronny Angulo, Carlos Vera, Josías Farfán. Karen Caicedo, Copete Filocles. Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua

comparados con el coste del bombeo convencional. Además, existe una limitación en cuanto a la potencia disponible (los mayores no superan los 1600Wp). Los volúmenes de agua demandados, especialmente para aplicaciones de riego agrícola, son cada vez mayores lo que implica a su vez un aumento de la potencia instalada de los sistemas. La utilización de convertidores de frecuencia de tipo industrial, alternativos a los inversores especiales usados hasta ahora en aplicaciones de bombeo FV, junto con bombas centrífugas sumergibles y motores AC de inducción ofrecen una solución viable, eficiente y económica. El acoplo de cada uno de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico (generador, motor, bomba) puede adoptar diferentes configuraciones dependientes de la tecnología de los productos disponibles en el mercado y de las especificaciones y necesidades particulares de cada aplicación.

Las cuatro configuraciones más comúnmente instaladas son:

1. Motobomba sumergible, con motor DC o AC y bomba centrífuga multiestado. El número de estados es función de la altura requerida.
2. Motobomba sumergible de desplazamiento positivo.
3. Motobomba flotante con motor DC y bomba centrífuga.
4. Unidades motor-bomba instaladas en la superficie. Las bombas pueden ser centrífugas o de desplazamiento positivo. Los sistemas de bombeo con motores AC incluyen un inversor. Las bombas centrífugas con motores DC suelen acoplarse directamente al generador FV, mientras que las bombas de desplazamiento positivo con motores DC suelen acoplarse al generador FV mediante un convertidor DC/DC.

Dimensionado de un sistema de bombeo fotovoltaico.

El dimensionado de sistemas de bombeo fotovoltaico se puede abordar mediante diferentes métodos, dependiendo su complicación, del número de variables consideradas y del grado de optimización en la obtención de los resultados. En general, existen tres pasos que es necesario seguir: • Evaluación de la energía hidráulica necesaria.

- Análisis del recurso fotovoltaico.



Ronny Angulo, Carlos Vera, Josías Farfán. Karen Caicedo, Copete Filocles. Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua

m• Definición de los equipos necesarios.

El método de dimensionado expuesto a continuación está basado en cálculos sobre valores medios mensuales de la energía hidráulica necesaria y de la radiación solar disponible, así como en las definiciones de rendimiento pico del subsistema motor bomba y rendimiento energético diario. Una vez determinadas las energías medias mensuales se calcula el balance energético de cada mes para obtener el mes en el cual la demanda de agua es mayor en relación con la energía solar disponible.

Este mes será el mes de dimensionado. El dimensionado de los elementos del sistema se calcula para satisfacer la demanda en este mes de dimensionado que es el mas desfavorable asegurando un excedente de agua en el resto del año. Al diseñar un sistema de bombeo hay dos importantes aspectos que deben tener en cuenta:

- La selección de los componentes del sistema es crucial para proporcionar al sistema un bajo mantenimiento, larga vida útil y alta fiabilidad.
- El acoplo de los componentes del sistema requiere un elevado conocimiento y experiencia, y de él dependerá el rendimiento final del sistema. Para poder continuar en el proceso hemos de suponer que se ha realizado un estudio previo del sondeo de donde se extraerá el agua. Algunas de los puntos a comprobar serán:
 - Fiabilidad del sondeo: teniendo en cuenta tiempos de reposición del agua, abatimientos, épocas de lluvia.
 - Calidad del agua
 - Etc.

Determinación de necesidades hidráulicas. En primer lugar, hay que conocer el volumen de agua diario medio mensual necesario para satisfacer la demanda de la aplicación. Las diferentes demandas pueden ser:

- Agua para consumo humano.
- Agua para consumo de animales domésticos.
- Agua para riego de cultivos.



Ronny Angulo, Carlos Vera, Josías Farfán. Karen Caicedo, Copete Filocles. Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua

Prototipo De Sistema De Bombeo Fotovoltaico

Consumos diarios mínimos (l/un.)	
Habitante Urbano	50
Habitante Rural	30
Escolar	5
Paciente Ambulatorio	5
Paciente Hospitalizado	60
Ablución	2
Camello (una vez por semana)	250
Cabra y oveja	5
Vaca	20
Caballos, mulas y burros	20

Tabla. 1

Para seleccionar el sistema adecuado hay que tener en cuenta el tipo de consumo que se va a realizar. El consumo diario depende mucho del contexto. Idealmente se puede realizar medidas y discutir con la población. En caso de que no sea posible, pueden servir para orientarse los valores mínimos de la tabla 1

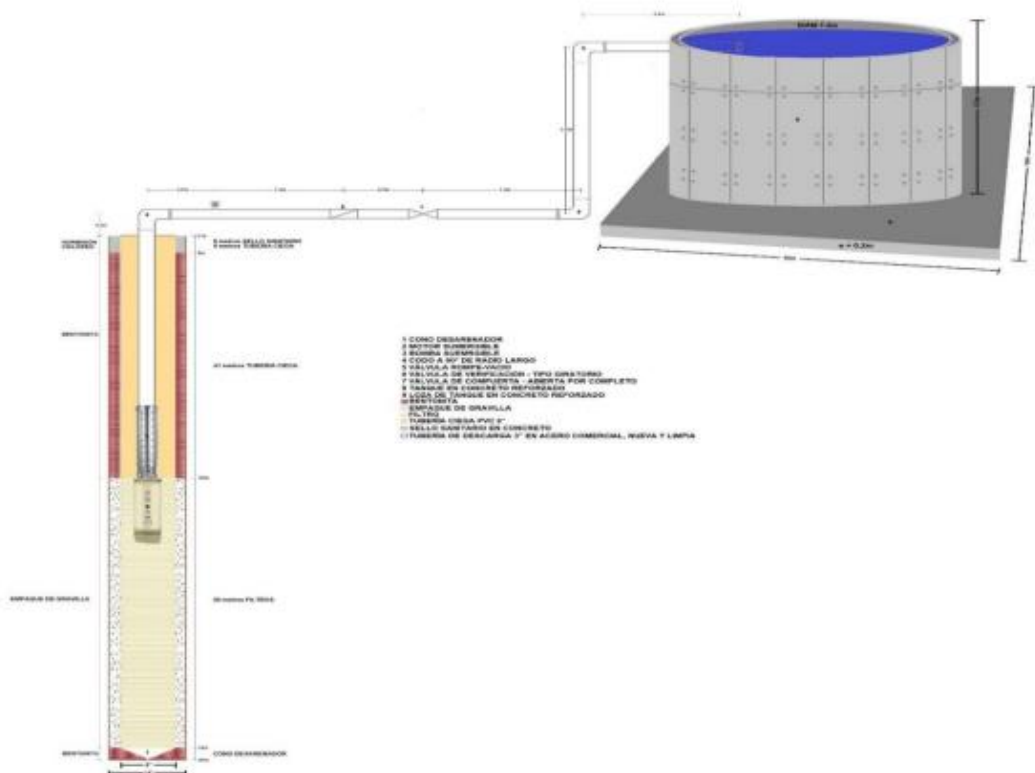
Filtro de grava

El filtro de grava es muy provechoso cuando hay materiales uniformes y con gran cantidad de finos y también si la rejilla es demasiado pequeña, Vélez afirma respecto al material del filtro que, “El material del filtro debe consistir de granos redondeados, limpios y de tamaño uniforme (materiales lavados de ríos), lo que incrementa la porosidad y permeabilidad del material. Son preferibles materiales con más partículas silíceas que calcáreas” Para tal fin, nuestro filtro de grava, el espesor del filtro de grava debe ser al menos de 76mm y no debe exceder los 200mm, dicho esto nuestro filtro de grava estará a 76.2mm. A continuación, mostraremos la clasificación de las arenas según su diámetro.

Con el fin de calcular el filtro de grava, cuando se esté perforando el pozo se debe determinar metro a metro el perfil estratigráfico de la explotación del subsuelo, con la finalidad de establecer la curva granulométrica exacta del mismo, para este



proyecto estableceremos el diámetro medio ($D_{50} = D_m$) con base al informe geoelectrico de la zona. De manera análoga el tamaño efectivo (TE) Llanca expone que “Es el parámetro que relaciona la finura de la arena con la permeabilidad; en este, el 90% del tamaño de la arena es más grueso y el 10% más fino, o sea que el tamaño efectivo correspondiente a la abertura del tamiz que retiene el 90% del material (D_{90}), lo cual quiere decir que el 10% de las partículas de la arena tiene un diámetro inferior al tamaño efectivo”. Una vez establecida la curva granulométrica se determina el coeficiente de uniformidad que es la relación de material que retiene la



abertura del tamiz correspondiente al 90% y 40%.

Figura 2.

Fuente: Autor.

Estimación de la pérdida total de energía y la carga total sobre la bomba Es indispensable fijar las pérdidas que generan los componentes en el sistema, debido a que es un complemento para calcular la carga total sobre la bomba y posterior a ello la potencia de esta. En consecuencia, los investigadores desarrollaron el siguiente



diseño del pozo profundo, con el fin de tener claridad en las medidas y tipos de acoplamiento en los tramos de la tubería.

A continuación, se presenta la ecuación general de la energía y su posterior desarrollo debido a que hay pérdida y ganancia de energía, con el fin de describir, cuantificar e identificar la pérdida de energía y la carga total sobre la bomba que generan los distintos componentes que comprenden el sistema de bombeo.

$$p_1 \gamma + z_1 + v_1^2 / 2g + h_A - h_R - h_L = p_2 \gamma + z_2 + v_2^2 / 2g \quad (\text{Ecuación 1})$$

Diseño Del Sistema Solar Fotovoltaico Para El Sistema De Bombeo

El diseño del sistema de energía solar fotovoltaica lo realizan con base al funcionamiento autónomo del sistema de bombeo, debido a que hay sitios de difícil acceso de energía eléctrica convencional, por lo que es conveniente proponer estos recursos para su operación, debido a que cada vez son más competitivos, en especial si se toma en consideración que permiten promover un desarrollo más sostenible en el planeta. Para este fin, se procede a seleccionar y especificar los componentes que requiere el sistema solar fotovoltaico para suplir el consumo total de energía del sistema, garantizando la protección, arranque y accionamiento de todo el sistema.

En este capítulo abordan en las siguientes dos fichas técnicas, la consolidación de los componentes que comprenden el sistema hidráulico y el sistema fotovoltaico, para finalizar exhiben el diagrama general del sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica en las zonas rurales. En la siguiente tabla se detalla la ficha técnica de los componentes que conforman el sistema hidráulico.

Ficha Técnica Del Sistema Hidráulico.



Ficha Técnica Del Sistema Hidráulico	
Chaguaní Cundinamarca coordenadas.	4°55'39.20"N, 74°36'7.70"W
Ítem	Cantidad
Bentonita.	3m ³
Cono de cierre 8" PVC	1 unidad
Tubería ciega RDE21 8" PVC	50m
Filtro de ranura continua RDE 21 8" PVC Ancho de ranura 0.010"	29m
Filtro de grava N° 50 de 0,1 a 0,4 mm diámetro.	1,94m ³
Hormigón ciclópeo para sello sanitario.	1m ³
Bomba sumergible 6PWS230G150	1 unidad
Motor sumergible 6MWCP150C163V	1 unidad
Tubería para columna de bomba en acero 3".	49m
Tubería de acero lisa para llevar al punto de descarga o cárcamo 3".	11,5m
Codos de 90° de radio largo en acero 3"	3 unidades
Válvula de retención acero 3"	1 unidad
Válvula de verificación tipo giratorio acero 3"	1 unidad
Válvula de compuerta acero 3"	1 unidad

Ficha Técnica Deposito de Agua	
Tipo de material.	Concreto reforzado
Forma	Cilíndrica
r_e (Radio externo del tanque)	3,7m
hT (Altura total del tanque)	5,2m
e (Espesor del tanque y loza)	0,2m
d (Lado y ancho de loza)	10m



Ficha Técnica Del Sistema Fotovoltaico	
Panel fotovoltaico	
Marca	Panel Solar 380W 24V Monocristalino PERC JA Solar
Cantidad de paneles	38
Potencia del Panel Solar (P_{max})	380W
Tipo de Célula del Panel Solar	Monocristalino
Rigidez del Panel Solar	Rigido
Dimensiones del Panel Solar	1960 x 991 x 40 mm
Tensión Máxima Potencia (V_{mp})	40.03V
Corriente en Cortocircuito (I_{sc})	10.05A
Eficiencia del Módulo	19.6%
Amperios Máximos de Salida IMP (I_{mp})	9.50A
Tensión en Circuito Abierto (V_{oc})	48.71V
Voltaje de Trabajo del Panel Solar	24V
Peso del Panel Solar	22 Kg
Marco del Panel Solar	Blanco y Gris
Garantía del Panel Solar	25 años
Baterías	
Marca	Batería Estacionaria BAE 48V 3420Ah
Cantidad de baterías	2
Voltaje de la Batería	48V
Energía Útil Almacenada	50%
Medidas de la Batería	215 x 490 x 815 (alto x ancho x alto). Medida por vaso estacionario.
Posición de Trabajo de la Batería	Bornes en la parte superior.
Amperios-Hora de la Batería	3420Ah



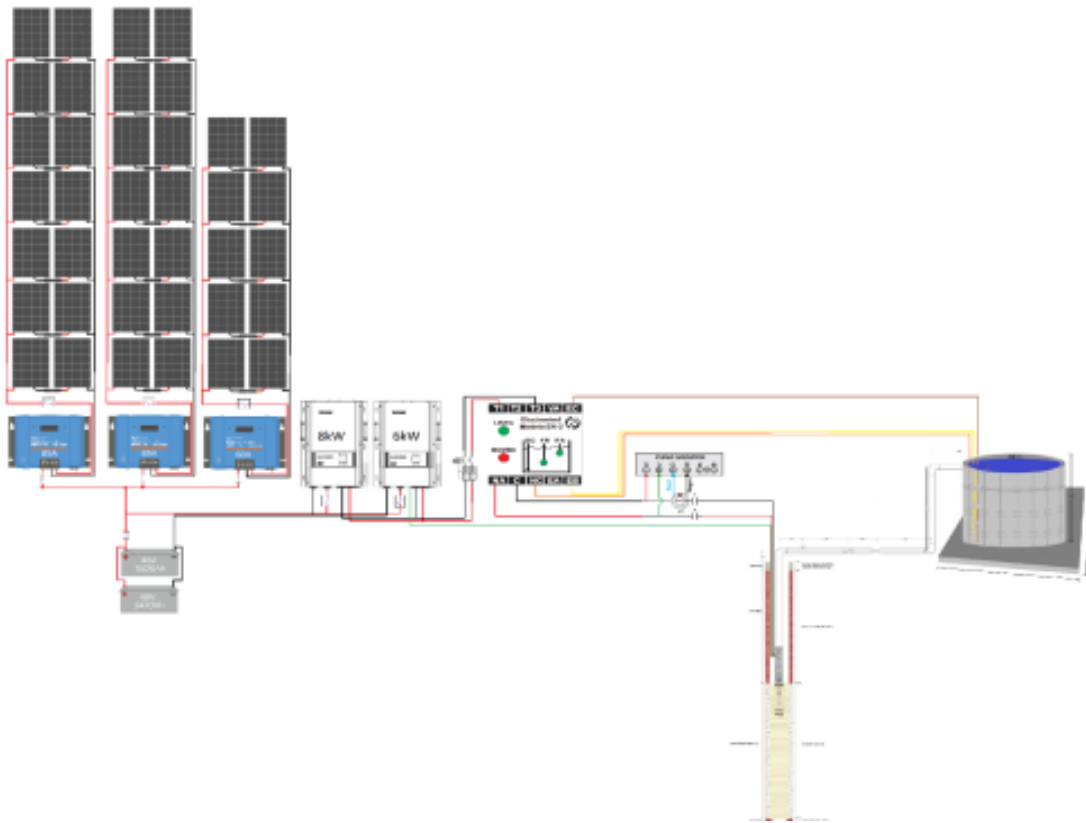


Figura 3. Diseño final sistema de bombeo.

Fuente: Autor.

Para la correcta elaboración de este estudio y cumpliendo con los objetivos propuestos, después de haber diseñado un sistema de bombeo autónomo para la zona rural con bomba sumergible y alimentado mediante energía solar fotovoltaica para almacenarla en un tanque con el fin de utilizar el recurso hídrico cuando se requiera, se obtienen las siguientes conclusiones. Se establece el sistema de bombeo para la zona rural, supliendo las necesidades hídricas en un tanque de agua, la profundidad de perforación del sistema hidráulico se basa en el modelo geoelectrico que presentó una zona de posible descarga acuífera de interés para extracción de agua subterránea aproximadamente entre los 50 y 80 metros de profundidad, con base en ello se elabora el diseño de un pozo exploratorio de 80 metros de profundidad, en tubería de 8”



Ronny Angulo, Carlos Vera, Josías Farfán. Karen Caicedo, Copete Filocles. Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua

(pulgadas), 50 metros de tubería ciega en PVC, 29 metros de tubería de ranura continua en PVC con ancho de ranura 0.010” (pulgadas) y un filtro de grava N° 50, para la extracción del agua con el fin de obtener un mejor caudal y aprovechar las condiciones litoestratigráficas del sector, se establece 60.5 metros de tubería de descarga en acero de 3” (pulgadas), se establecieron los parámetros técnicos que comprenden el sistema hidráulico, evitando al máximo las pérdidas que estos generan, se observó que con la buena selección de estos se puede minimizar las pérdidas por fricción, obteniendo un alto rendimiento del sistema, finalmente se diseña el reservorio de agua en forma cilíndrica y en concreto reforzado. Se determina la potencia que requiere la bomba para el sistema y se selecciona una bomba y motor sumergible comercial de 15HP, esto con el fin de cumplir con las necesidades y requerimientos que demanda el proyecto, en cuanto a caudal y altura para que el recurso hídrico llegue hasta el reservorio, se detalló el consumo energético total del sistema de bombeo y se observa que se requiere de 50424.75W diarios.

Conclusiones

Para la correcta elaboración de este estudio y cumpliendo con los objetivos propuestos, después de haber diseñado un sistema de bombeo autónomo para la zona rural con bomba sumergible y alimentado mediando energía solar fotovoltaica para almacenarla en un tanque con el fin de utilizar el recurso hídrico cuando se requiera, se obtienen las siguientes conclusiones. Se establece el sistema de bombeo para la zona rural, supliendo las necesidades hídricas en un tanque de agua, la profundidad de perforación del sistema hidráulico se basa en el modelo geoelectrico que presentó una zona de posible descarga acuífera de interés para extracción de agua subterránea aproximadamente entre los 50 y 80 metros de profundidad, con base en ello se elabora el diseño de un pozo exploratorio de 80 metros de profundidad, en tubería de 8” (pulgadas), 50 metros de tubería ciega en PVC, 29 metros de tubería de ranura continua en PVC con ancho de ranura 0.010” (pulgadas) y un filtro de grava N° 50, para la extracción del agua con el fin de obtener un mejor caudal y aprovechar las



condiciones litoestratigráficas del sector, se establece 60.5 metros de tubería de descarga en acero de 3" (pulgadas), se establecieron los parámetros técnicos que comprenden el sistema hidráulico, evitando al máximo las pérdidas que estos generan, se observó que con la buena selección de estos se puede minimizar las pérdidas por fricción, obteniendo un alto rendimiento del sistema, finalmente se diseña el reservorio de agua en forma cilíndrica y en concreto reforzado. Se determina la potencia que requiere la bomba para el sistema y se selecciona una bomba y motor sumergible comercial de 15HP, esto con el fin de cumplir con las necesidades y requerimientos que demanda el proyecto, en cuanto a caudal y altura para que el recurso hídrico llegue hasta el reservorio, se detalló el consumo energético total del sistema de bombeo y se observa que se requiere de 50424.75W diarios.



Referencias bibliográficas:

- Arceda, Milton Rafael y HERNÁNDEZ FLORES, Ahiezer David. Proyecto de riego por goteo utilizando energía solar para el cultivo de aguacate en la finca ojo de agua en la localidad de san francisco libre [en línea]. Trabajo monográfico Ingeniero Agrícola. Managua: Universidad nacional de ingeniería. Facultad tecnología de la construcción. Departamento de Ingeniería. 2012. 118 p.
<https://ribuni.uni.edu.ni/1090/1/38223.pdf>
- Arrieta Morelo, Denis Javier y Puello Bravo, Sara Yaneth. Diseño y construcción de un seguidor solar para aumentar el rendimiento energético en paneles fotovoltaicos de un sistema de bombeo [en línea]. Trabajo de grado Ingeniería mecánica. Montería: Universidad de Córdoba. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. 2015 170
- CAR. Boletín hidrológico [sitio web]. Bogotá; [Consulado: 10 de marzo de 2021].
Disponible en: <https://www.car.gov.co/uploads/files/6016f3adb2c66.pdf>
- Callisaya Cahuaya, José Antonio. Diseño del sistema de bombeo fotovoltaico para la comunidad de Machacamarcá [en línea]. Proyecto de grado para la obtención del Grado de Licenciatura. La Paz: Universidad mayor de San Andres. Facultad de Tecnología. Departamento de electricidad. 2013. 232
- Eacnur. Escasez de agua en el mundo: causas y consecuencias [sitio web]. Madrid; [Consulado: 15 de marzo de 2021]. Disponible en:
https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/
- Pedraza Beltran, Cristian Gonzalo. Proyecto de riego utilizando energía solar para el cultivo de limones en la finca contador del municipio de Vianí [en línea]. Trabajo de grado Especialista en gerencia integral de proyectos. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería. 2020. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36184/>
- Moreno García, Flor; Fierro Bedoya, Juan y López Martínez, German Arturo. Modelo a escala de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía solar fotovoltaica: nueva perspectiva para el desarrollo agroindustrial colombiano. En: Tecnura [en línea]. Bogotá: Universidad distrital francisco José de caldas, diciembre de 2013. vol. 17, nro. 2. p. 33-47
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/7221/8871>
- Rua, R.E; Gonzáles, A; Granados, A Y Ramírez, R. Diseño estructural de transporte para sistema de bombeo portátil activado con energía solar fotovoltaica para el departamento de Boyacá. En: Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. Universidad de Pamplona, enero, 2019, nro. 2. p. 1-11. ISSN 1900-9178
- Rojas Pérez, Dany Erikson. Diseño del sistema de bombeo para el abastecimiento óptimo de agua potable del distrito de Huancán-Huancayo [en línea].
Ronny Angulo, Carlos Vera, Josías Farfán. Karen Caicedo, Copete Filocles. Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua



Tesis Ingeniero mecánico. Huncayo: Universidad nacional del centro del Perú.
Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería. 2017. 127 p.
MINISTERIO DE ENERGÍA. Energías Renovables No Convencionales [sitio

Web]. Bogotá; [Consultado: 14 de marzo del 2021]. Disponible en:
<https://www.minenergia.gov.co/energias-renovables-no-convencionales>
Programa Desarrollo Para La Paz Del Magdalena Centro.

Chaguaní, Cundinamarca [sitio web]. La dorada; [Consultado: 5 de mayo de 2021].
Disponible en: <https://pdpmagdalenacentro.org/pagina2017>
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Cambio climático y salud humana:

Servicios de aguas para la salud [sitio Web]. Bogotá; [Consultado: 7 de mayo de
2021]. Disponible en: <https://www.who.int/globalchange/ecosystems/water/>
Vélez Otavalo, María Victoria. Hidráulica de Aguas Subterráneas. 3ra

edición. Colombia; Universidad Nacional de Colombia, 2011. 276 p. ISBN: 958- 9352-
88-3

Conflicto de intereses

Los autores declaran que este trabajo no presenta conflicto de intereses

