

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“BASES TEORICAS PARA OPERATIVIDAD DEL SISTEMA DE BOMBEO DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE CON SUMINISTRO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA EN COLLANA-TARACO-HUANCANE-PUNO-2019”.**

TRABAJO DE INVESTIGACION

PARA OPTAR EL GRADO DE BACHILLER

AUTORES:

WASHINGTON MAMANI MIRANDA

DINA DANIZA CUBA CALIZAYA

TRUJILLO - PERU

2019



PAGINA DE JURADO

Ing. Enrique Durand Bazán

PRESIDENTE

Ing. Guido Marín Cubas

SECRETARIO



DEDICATORIA

A nuestro Señor Todo Poderoso y nuestra Tierra Pachamama, por esta oportunidad de nuestra vida profesional, de sus bendiciones para salir adelante con nuestro esfuerzo.

A la Universidad Privada de Trujillo, por la formación que nos hizo grandes conocedores de la Ingeniería Civil, por todo lo que representa para nuestra vida profesional; así mismo agradecemos a nuestros Docentes que nos brindaron sus conocimientos, para de esa forma volcar los conocimientos en el campo de trabajo.

WASHINGTON MAMANI MIRANDA

DINA DANIZA CUBA CALIZAYA



AGRADECIMIENTO

A mi padre y hermanos, por su inmenso cariño y apoyo, ya que, a pesar de lo sacrificado de su labor, siempre han estado presentes, para darme palabras de aliento y de esa manera pueda superar cada adversidad presente.

A mi esposa compañera Olga y mis hijos, Lilian y Neil por brindarme palabras de aliento y apoyo, estar presente en los momentos más difíciles y ser un motivo de superación personal.



INDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCION	8
1.1 Delimitación del problema que motiva el estado del arte.	9
1.1.1 Espacio	10
1.1.2 Tiempo.....	10
1.1.3 Formulación del problema.....	11
1.2 Justificación del tema	11
1.2.1 Realidad problemática.	11
1.3. Objetivo	15
1.3.1 Objetivo general	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
1.4 Procedimientos metodológicos seguidos.....	15
1.4.1 Técnicas de recolección.....	15
1.4.2 Instrumentos de recolección	16
1.4.3 Fuentes de información	16
II. RESULTADOS	16
2.1 Antecedentes.....	16
2.2 Bases teóricas	17
2.2.1 Energía Solar Fotovoltaico	17
2.2.2 Situación de la energía solar fotovoltaica en el Perú.....	18
2.2.3 Situación de la energía solar fotovoltaico en Puno.....	20
2.2.4 Energía Eólica.....	22
2.2.5 Energía Biomasa.....	22
2.2.6 Energía Geotérmica	23
2.2.7 Energía Hidráulica.....	23
2.3 Radiación	24
2.4 Paneles fotovoltaicos	25
2.5 Bombeo fotovoltaico	26
2.6 Estado de arte.....	27
2.7 Abordaje experimental	29
2.8 Generación fotovoltaica.....	30
2.9 Descripción del sistema de bombeo fotovoltaico	33
III. CONCLUSIONES	34
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	35
V. ANEXOS	36



RESUMEN

El presente trabajo se presenta la recopilación de información teórica de investigación, surge de la necesidad de dar solución a los problemas existentes en el sistema de bombeo de agua potable que afecta al centro poblado de Collana Debido al crecimiento poblacional y al corte de suministro de energía eléctrica de parte de Electro Puno, por deudas de pagos mensuales, en vista que la población rural son de recursos económicos bajos que son considerados población rural pobre. Diseñar nueva tecnología para el bombeo de agua, aprovechar los recursos energéticos no explotados para facilitar y mejorar la calidad de vida sin dañar el medio ambiente con energía solar fotovoltaico para el bombeo de agua potable hacia el reservorio y ser distribuido por gravedad. Por lo tanto, la presente investigación propone renovar el sistema actual de bombeo, por un sistema de bombeo con energía solar fotovoltaico, que tenga potencia hidráulica que maximice la productividad del recurso hídrico del pozo. Mediante este diseño se pretende obtener la mejor opción técnica y económica que permita definir el sistema de bombeo con energía solar fotovoltaico, con mayor eficiencia en el servicio, lo más importante es que se reduce los costos al alcance de la población rural. Así mismo la población se beneficiará con agua potable de calidad y mejorar su calidad de vida.

Palabras Claves. Bombeo, energía, solar, fotovoltaico, potencia, hidráulica



ABSTRACT

This present work the collection of theoretical research information arises from the need to solve the problems existing in the drinking water pumping system that affects the populated center of Collana. Due to population growth and the electro Puno's power supply eat for monthly payment debts, given that the rural population is of low economic resources that are considered to be a poor rural population. Design new technology for pumping water, take advantage of untapped energy resources to facilitate and improve the quality of life without damaging the environment with photovoltaic solar energy for pumping drinking water to the reservoir and be distributed by gravity. Therefore, this research proposes to renew the current pumping system, by a pumping system with solar photovoltaic energy, that has water power maximizes the productivity of the water resource of the well. Med.

Keywords. Pumping, energy, solar, photovoltaic, power, hydraulies



I. INTRODUCCION

Desde el comienzo del desarrollo de investigación, la electrificación ha sido de difícil implementar en comunidades rurales alto andinas de zonas inaccesibles, inclusive se pudo lograr electrificar de esa manera pudiéndose usar la energía para bombear agua con electricidad, hoy por hoy en la práctica se ha constatado que estos sistemas que funcionan no son sustentables con la economía de la población, ya que los cobros son mensuales del consumo de electricidad para poder bombear agua hacia el reservorio.

Por todo ello, muchos sistemas que fueron ejecutados con sistemas de cámaras de bombeo eléctrico en lugares de zonas pobres, que es un desperdicio en dinero e infraestructura, dichos sistemas no están en operatividad por falta de pagos mensuales que adeudan a electro-Puno dicha institución privada, toma la decisión de cortarlos que en la actualidad dichas captaciones no están cumpliendo por el cual fueron construidos.

Viendo esa realidad la energía solar fotovoltaico otro sistema como energía eólica sería una nueva alternativa para remplazar a la energía eléctrica convencional, puesto que la nueva tecnología se va posicionando cada vez más accesible para implementar proyectos de agua potable de costo más bajo para las comunidades y poblaciones en pobreza económica: el Perú cuenta con un gran potencial energético Horn (2006) afirma que: La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano. En la gran mayoría de localidades del Perú la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y bastante uniforme durante todo el año. Comparado con otros países, lo que hace atractivo su uso, en términos generales se dispone, en promedio anual, de 4-5 kwh/m²dia en la costa y selva y de 5-6 kwh/m²dia. Aumentado de norte a sur.



La radiación por regio muestra en Puno: en el cual se aprecia que en Huancané los meses de febrero, mayo y noviembre ronda los 5.5 kwh/m² a 6.0 kwh/m² y las tomadas en agosto son de 4.5 kwh/m² a 5.0 kwh/m². (SENAMHI.2003)

Teniendo todos los recursos de naturales de radiación es de aprovechar este recurso y realizar el uso masivo para las comunidades rurales de bajo recurso económico, teniendo en cuenta los datos mencionados, que pueden ser utilizados para el funcionamiento del sistema de agua potable y saneamiento del centro poblado de Collana, Distrito de Taraco, Provincia de Huancané-Puno.

1.1 Delimitación del problema que motiva el estado del arte.

El presente trabajo de investigación, está encaminado a desarrollar y proponer un sistema de bombeo de agua subterránea, de acrecentar la productividad y rentabilidad del trabajo de investigación de 20 años como periodo de análisis, mediante la aplicación de la energía solar fotovoltaico.

Existen muchas limitaciones financieras el presente trabajo de investigación se limita a desarrollar, proponer y remplazar un sistema de bombeo de agua subterránea que mejore la calidad de vida y rentabilidad del sistema de agua potable en el centro poblado de Collana. Cabe indicar que esta propuesta específica es una idea piloto para los pozos de bombeo, de ser comprobada la hipótesis de estas bases teóricas de investigación se puede extender a otros pozos del acuífero en estudio en zonas rurales de similares características.

Se debe señalar que existen muchas tecnologías nuevas otros sistemas de energía sobre los cuales investigar como por ejemplo energía solar fotovoltaica, energía eólica, energía Hidráulica, energía biomasa, energía geotérmica, por lo que este trabajo de

investigación se limitó exclusivamente en elaborar de una propuesta específica para mejorar la productibilidad del sistema de captación de aguas subterráneas mediante una cámara de bombeo de energía solar fotovoltaico.

1.1.1 Espacio

El trabajo de investigación está ubicado geográficamente en región sierra Puno, está ubicado al norte del Distrito de Taraco, Provincia de Huancané, Región Puno, con una población de 730 habitantes con 146 familias, con precipitaciones fuertes en los meses de diciembre a marzo y bajas temperaturas en periodo de invierno (-7.5°C en promedio) es una zona planicie con altitud de 3838 m.s.n.m.

Centro poblado: Collana

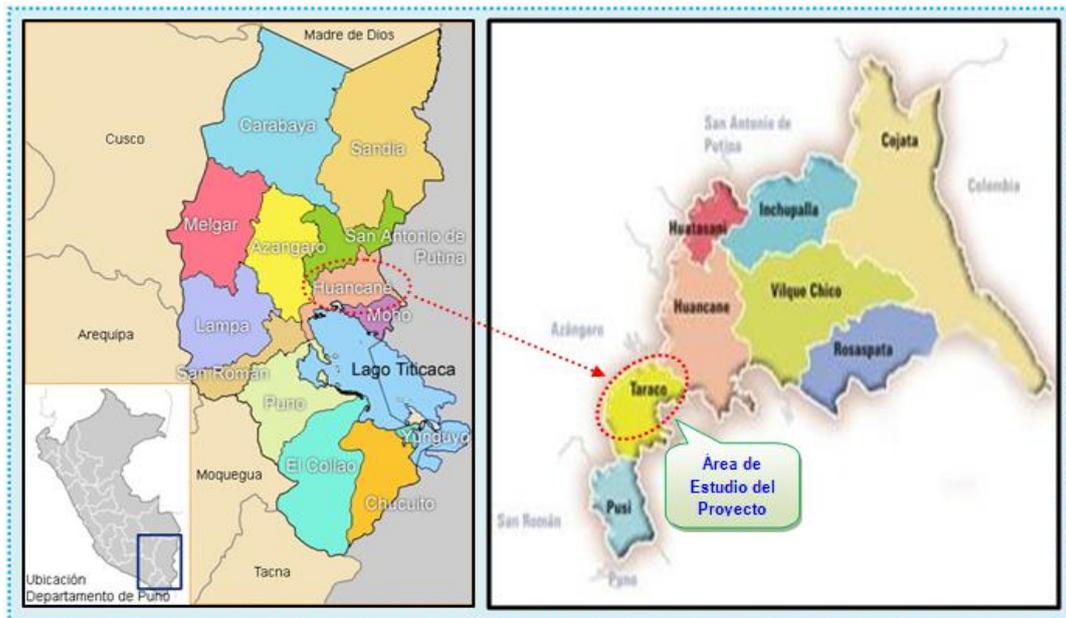
Distrito: Taraco

Provincia: Huancané

Región: Puno

1.1.2 Tiempo

Octubre 2019





1.1.3 Formulación del problema

¿Es posible lograr la operatividad de sistema de bombeo en el abastecimiento de agua potable, con energía fotovoltaica o paneles solares, en el centro Poblado de Collana, Distrito de Taraco, Provincia de Huancané – Puno?

1.2 Justificación del tema

1.2.1 Realidad problemática.

El área de influencia del centro poblado de Collana está ubicado al norte del Distrito de Taraco, con una población de 730 habitantes con 146 familias con clima variado con precipitaciones pluviales entre diciembre a marzo y bajas temperaturas en periodo de invierno ($- 7.5^{\circ}\text{C}$ en promedio) cuenta con luz eléctrica las 24 horas del día, son de recursos económicos muy bajos por ende el no funcionamiento del sistema de agua potable y saneamiento. Es un problema que actualmente no está en operatividad por falta de economía de la población que los costos son muy caros, por ello la escasez de agua que afecta las enfermedades gastrointestinales y dérmicas de salud en la población, la topografía es plana como característica existe agua subterránea, un río que cruza con alta contaminación, mas no existe aguas manantiales.

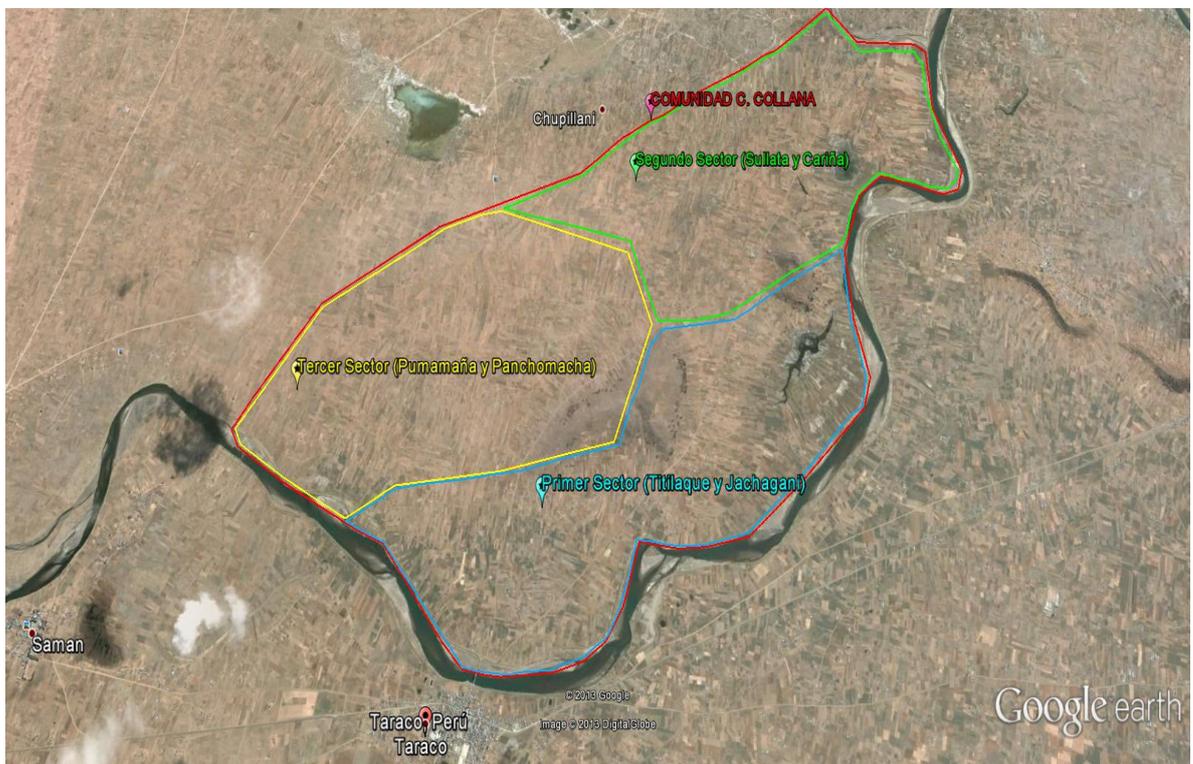
Actualmente carecen de servicio de agua potable para el consumo humano, razón por la cual están expuestas a enfermedades de tipo gastrointestinales y dérmicas, en la realidad la población se abastece del líquido elemento de pozos artesianos y ríos, que presentan clara contaminación en vista que el agua es turbia tiene un color café, el sistema de agua potable y saneamiento estaba en funcionamiento con cámara de bombeo con energía eléctrica por los costos altos que cada mes tienen que pagar se les cortó el suministro de energía eléctrica por parte de electro Puno, en la constatación las

pagos y la moras son inalcanzables por lo que se requiere plantear un nuevo sistema de energía.

Para hacer uso de este líquido elemental se requiere de la instalación de una nueva tecnología que esté acorde a la realidad por lo que planteamos sistema de energía solar fotovoltaica o energía eólica para solucionar y garantizar el funcionamiento del sistema de agua potable y saneamiento.

Para elaborar el presente trabajo de investigación se toma en cuenta hacer estudio de una fuente de energética limpia de bajo costo y bojo impacto ambiental que tenga una amplia disponibilidad y que sea renovable.

Imagen 1



Fuente: Carta Nacional del Perú (I.G.N.)

Imagen 2 Fotografía Pozo arteciano



Imagen 3 Fotografía cámara de bombeo



Imagen 4 Foto Motor - Bomba





1.3. Objetivo

1.3.1 Objetivo general

- Redactar bases teóricas para lograr y hacer sostenible el funcionamiento del sistema de agua potable, proponiendo la instalación de un equipo de bombeo con energía fotovoltaica o panel solar en el centro poblado de Collana, Distrito Taraco, Provincia Huancané-Puno. Donde la energía monofásica es costosa y no existe red trifásica.

1.3.2 Objetivos específicos

- Definir un sistema de bombeo en el abastecimiento de Agua Potable reemplazando el suministro de Energía Eléctrica con Fotovoltaica en el Centro Poblado de Collana, Distrito de Taraco, Provincia de Huancané-Puno.
- Especificar la información sobre energía solar fotovoltaica.
- Investigar los diferentes métodos de captación procesamiento fotovoltaico, energía eólica y otros así su aplicación sea económica y saludable.

1.4 Procedimientos metodológicos seguidos

1.4.1 Técnicas de recolección

El procedimiento será la recopilación de datos de información, análisis y comparación de estudios sobre pozos y una cámara de bombeo.

Plantear los cambios de sistema de suministro de agua la búsqueda de información, organización y elección de información de las bases teóricas.



1.4.2 Instrumentos de recolección

Se seleccionó los más adecuados instrumentos de recolección como el indagador recolecta los datos informativos idóneos para el tema a investigar del sistema en el abastecimiento de agua potable de viviendas del centro poblado de Collana, Distrito Taraco, Provincia de Huancané – Puno.

1.4.3 Fuentes de información

Son los conocimientos que se utilizaran como instrumento para las bases teorías, del sistema de Bombeo en el abastecimiento de agua potable de viviendas del Centro Poblado de Collana, Distrito de Taraco, Provincia de Huancané, región Puno.

II. RESULTADOS

2.1 Antecedentes

En la región Puno revisada las bibliografías como antecedentes al presente trabajo de investigación, desde nuestros antepasados el agua ha constituido un factor fundamental en el desarrollo y la estructuración social, económica y política de los pueblos de las zonas rurales, considerando que el agua es uno de los elementos fundamentales para la vida y salud, gracias a este vital elemento el ser humano puede desarrollarse y transformarse. Apreciación personal: mediante diversos estudios se ha comprobado que la población quedo satisfecho por usar energía renovable con menos contaminación al medio ambiente como es la energía solar fotovoltaico.

La tesis: “Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una potabilizadora desalinizadora autónoma” autor (Ventocilla. 2012) realizado en Málaga España, el diseño de tipo experimental, se diseñó para producir agua potable a partir de agua de mar (40.000 ppm de cloruros). Agua salina (5.000 ppm de cloruros), para una población



de 50 familias. El diseño de una planta potabilizadora portátil alimentada con energía solar fotovoltaica es capaz de suministrar agua potable para el uso humano, agrario y ganadero a partir de agua de mar, fue provecho para las futuras poblaciones necesitadas.

La tesis “Propuesta de automatización de un sistema de bombeo de agua potable” (García López Iván y Núñez Cadena David. 2009) este proyecto se realizó en México: el trabajo es de tipo experimental, la automatización está conformada de 4 bombas centrifugas de 100HP cada una, la propuesta de automatización trajo muchos beneficios como la reducción de la operación del personal (operario) y la reducción del pago al operario encargado de la planta.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Energía Solar Fotovoltaico

En el mundo los países desarrollos han asumido el compromiso de disminuir sus emisiones de gases efecto invernadero mediante la introducción de energías renovables y medidas de eficiencia energética, en sustitución del uso de combustibles fósiles.

La información de la energía fotovoltaica a nivel mundial en el año 2010 supero el 70 % de la potencia instalada en el 2009, en 2010 se instalaron en el mundo en los países industrializados (China, Asia, Japón, Unión Europea, Pacifico, EE.UU, y otros)39600 MW de generación fotovoltaica, conectados a la red, ocasionando que el precio por vatio instalado se redujera en un 71.4% en comparación con el año 2000, lo que represento en ese año un auge de este tipo de tecnología renovable.

Es necesario que los módulos fotovoltaicos deben garantizar la rentabilidad para los sistemas de energía fotovoltaicos par los diferentes sectores de consumo considerando un incremento de la tarifa en un 5%, con la participación de industrias se puede lograr la paridad en el año 2013 con la entrada de generación voltaica en el orden de 20kw hasta

los 2 MW. De igual forma al año 2016 la población se verá enormemente favorecida al transformarse en auto productor.

En resumen, la energía solar interviene de forma directa o indirectamente en las otras formas de energía renovable este término se utiliza para referirse a técnicas que utilizan de forma directa a la radiación solar como son la energía solar fotovoltaico que se encarga de transformar directamente la radiación solar a electricidad a través del efecto fotovoltaico.

Mediante la energía solar fotovoltaico se consigue suministrar de energía eléctrica a partir de unas células solares las cuales están constituidas por materiales semiconductores.

Imagen 5 Fotografía de panel solar fotovoltaico para sistema de bombeo de 16 módulos



2.2.2 Situación de la energía solar fotovoltaica en el Perú

Los especialistas han estimado que la energía solar que llegue a la tierra es de 15,000 veces más de lo que la humanidad usa anualmente.



Con la tecnología adecuada tendríamos más que suficiente para aprovechar, con la energía solar podemos convertir la radiación directamente en electricidad sin dañar el medio ambiente, siendo una de las razones que convierten en una opción atractiva para solucionar problemas en zonas rurales protegiendo el ecosistema ambiental.

Las razones son muchas en su gran disponibilidad como recurso energético. Comparando con otros países, en su mayoría de localidades del Perú su disponibilidad es bastante grande y uniforme durante el año. La energía solar se puede armar en pocos metros cuadrados y es suficiente satisfacer las necesidades de una familia.

El Perú cuenta con un gran potencial de energía solar. Por ejemplo, en el sur se puede encontrar que la energía solar diaria promedio de 6 – 6.5 kw/m² (puno).

Está en nosotros proponer proyectos de desarrollo rural viables, sostenibles y reproductibles de acuerdo con las políticas energéticas del estado peruano. El objetivo primordial es contar con una matriz energética diversificada con características en las fuentes renovables, sostenibles y eficiencia energética, en el caso de energía solar. Para ello nos falta mejorar la tecnología aplicada y adecuar los costos a la realidad peruana.

Tabla 1

Radiación solar en el Perú

LUGAR	REGION	ALTITUD (m)	RAD. SOLAR
Characato	Arequipa	2461	7.094
Puno	Puno	3825	6.804
Huancayo	Junín	3350	6.780
Moquegua	Moquegua	1420	6.141
Huaraz	Ancash	3207	5.792
Kayra	Cuzco	3219	5.280
Abancay	Apurímac	2398	5.210
Cajamarca	Cajamarca	2750	4.582

Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Atlas Minería y Energía del Perú (Elaboración propia)

2.2.3 Situación de la energía solar fotovoltaico en Puno.

La región puno el altiplano andino está localizada en el sur del Perú y se prolonga hasta el territorio Boliviano. El altiplano es una extensa llanura ubicada a una altura de 3800 a 4000 m.s.n.m. en invierno la temperatura puede llegar hasta -16°C , y un máximo de 19°C en épocas de primavera, en Puno el promedio de irradiación solar anual sobre la superficie horizontal es de 6.80 kWh/m² día (Puno), la irradiación mínima en el mes de enero con 5.10 kWh/m² día, la máxima en el mes de octubre es con 7.2 kWh/m² día (Horn. CER-UNI).



Tabla

2

Radiación solar en puno

RADIACION, TEMPERATURA Y PRESIPITACION PROMEDIO MENSUAL

PARA EL DEPARTAMENTO DE PUNO

MES	RADIACION KWH/m2dia	TEMPERATURA AMBIENTE °C	PRECIPITACION MM2	OBSERVACIONES
Enero	5.06	10.00	143.00	
Febrero	5.70	10.20	129.00	
Marzo	5.40	9.20	140.00	
Abril	5.80	9.80	36.00	
Mayo	5.70	8.30	10.00	
Junio	5.50	7.10	1.00	
Julio	5.50	6.80	2.00	
Agosto	6.50	8.10	9.00	
Setiembre	6.70	10.20	28.00	
Octubre	7.20	11.40	33.00	
Noviembre	6.70	10.70	45.00	
Diciembre	6.30	9.40	98.00	
PROMEDIO	6.01	9.27	56.17	

ANUAL

Fuente: Atlas solar del Perú 2002 (Elaboración propia)



El Perú es un país dentro de la zona del trópico (latitudes de 0 – 18° sur), son muy alta los niveles de radiación solar. El gráfico se observa que, para captar más energía solar durante el año, la orientación mejor es superficie inclinada de 0 – 40° hacia el norte. (Rubio. 2001).

2.2.4 Energía Eólica

La energía eólica es una consecuencia de la radiación solar debido a los hechos que en distintos puntos de la tierra existan variabilidad de valores de insolación provocando la aparición de desequilibrios de temperaturas que hacen variar la densidad de las masas de aire y, por consiguiente, varían las presiones. El aire se mueve desde la zona alta a la zona baja de presión produciendo el viento, se conoce como energía eólica aquello que transforma la energía cinética del viento para transformar esta energía cinética donde se usan máquinas eólicas, como aeromotores, si se acciona directamente con energía cinética y aerogeneradores si se acciona un generador eléctrico.

Los aerogeneradores son los más utilizados, el cual reposa sobre un soporte a una determinada altura, también cuenta con un rotor o la aeroturbina, este es el elemento principal de este tipo de máquina eólica.

2.2.5 Energía Biomasa

La formación de biomasa es el modelo básico de captación y acumulación de energía solar a través de especies vegetales a lo largo del proceso evolutivo de más de 3,000 millones de años, es decir la materia orgánica constituye parte de la energía solar almacenada y se denomina energía de biomasa. La formación de esta materia orgánica se realiza a partir de la fotosíntesis, generando moléculas de alto contenido energético.

La fotosíntesis es un proceso de transformación de la energía solar en energía de biomasa. El rendimiento de la fotosíntesis es alrededor de 30% de la radiación solar que



llega a la tierra 40% es fotosintéticamente activa, si se añade las demás pérdidas tan solo el 1% de la energía solar se transforma en energía biomasa y es aprovechado por el ser humano.

Existen varios tipos de biomasa por ejemplo vegetal que es producido por la fotosíntesis, animal que es producida mediante el consumo de biomasa, vegetal, residual que se origina a partir de los residuos de producción y consumo de las anteriores y biomasa fósil que una vez enterrado y bajo determinados mecanismos químicos se produce los combustibles fósiles.

2.2.6 Energía Geotérmica

Se entiende por energía geotérmica al calor almacenado en el interior de la tierra, producido por la desintegración espontánea, natural y continua de los isótopos radiactivos que existen, en muy pequeña cantidad en las rocas naturales. El calor se suele transmitir por conducción entre materiales del sub suelo, pero debido a la baja conductividad térmica la energía se almacena en el interior de la tierra durante largo tiempo.

Según las características del yacimiento geotérmico se pueden distinguir sistemas hidrotermales, geo presurizados y de roca seca caliente.

2.2.7 Energía Hidráulica

La energía hidráulica es otra forma de energía solar, pues el sol inicia el ciclo hidrológico evaporando agua en la tierra y precipitándola posteriormente disipando energía potencial a lo largo del recorrido que el agua realiza en la tierra. Es decir, la energía hidráulica aprovecha la energía potencial que aparece en algunos puntos del ciclo evaporación, condensación del agua, la corriente del agua también posee energía



cinética pero no tiene un valor suficientemente considerable como para ser aprovechado.

La potencia que puede desarrollar una masa de agua depende directamente proporcional al producto de la aceleración de la gravedad, el caudal de agua y la altura de caída. Es así que la energía hidráulica se divide en energía clásica o convencional, potencia mayor a 10 MW y la mini hidráulica menor a 10 MW.

Los dispositivos captadores de energía más utilizados son las turbinas, como las Pelton, Michell, Kaphan o Francis, la mayoría de ellas disponen de una rueda de gran resistencia, alrededor de esta una serie de cucharas que soportan el chorro de agua, generando posteriormente energía eléctrica.

2.3 Radiación

La radiación solar es la energía electromagnética del proceso de fusión del hidrogeno (átomos de helio) contenido en el sol, la energía solar en un año llega a la tierra a través de la atmosfera es de tan solo 1/3 de la energía total aproximado interceptado por la tierra fuera de la atmosfera y 70% cae en los mares. La energía que queda $152 \cdot 10^{17}$ KWh, que cae sobre la tierra a varios millones de veces el consumo total energético mundial actual. La radiación (es el flujo solar o densidad de potencia de la radiación solar) absorbida fuera de la atmosfera sobre la superficie perpendicular a los rayos solares conocida su constante es igual a 1366 W/m^2 varia durante el año en 3% a causa de la electricidad de la órbita terrestre.

2.3.1 Radiación solar directa: es la radiación solar por unidad de tiempo y unidad de área sin haber sufrido modificación en su trayectoria, incide sobre la superficie.



2.3.2 Radiación Solar Reflejada: es la radiación solar por unidad de tiempo y unidad de área procedente de la reflexión de la radiación solar en el suelo y otros objetos, incide sobre la superficie.

2.3.3 Horas Sol Pico: es el número de horas de sol que con una radiación global de 1000 W/m² proporciona una energía equivalente a la radiación global que recibe en un periodo de tiempo.

2.3.4 Albedo o Reflectancia: es la relación entre la radiación reflejada por una superficie la que incide sobre ella.

2.4 Paneles fotovoltaicos

2.4.1 Efecto fotovoltaico: Transformación directa de energía luminosa en energía eléctrica. Es un fenómeno físico denominado “efecto voltaico”, que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaborados a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fosforo), y son capaces de generar cada corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0.46 a 0.48 voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa. Las células se muenta sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado.

2.4.2 Célula Solar: dispositivo unitario correspondiente al elemento semiconductor que presenta el efecto fotovoltaico.

2.4.3 Modulo Solar: conjunto de cédulas solares interconectadas y montadas sobre un mismo soporte protector.



2.4.4 Tensión de Circuito Abierto: es la diferencia de potencial medido en los bornes de una célula o modulo cuando el circuito está abierto en unas ciertas condiciones de medida

2.4.5 Corriente de Cortocircuito: es el valor de la corriente que proporciona la célula o modulo iluminados bajo condiciones estándar cuando sus bornes están cortocircuitados.

2.4.6 Potencia Máxima: es la máxima potencia que en determinadas condiciones de medida pueda proporcionar una célula o modulo solar.

2.5 Bombeo fotovoltaico

El bombeo fotovoltaico se presenta como una de las aplicaciones más importantes de la energía solar. Es muy interesante para las zonas rurales en donde los pozos se encuentran en lugares de difícil acceso y a profundidades mayores de 10m.

El bombeo solar de agua para consumo humano y otros puede presentar en el futuro un gran potencial de desarrollo, teniendo en cuenta sobre la necesidad primordial del líquido elemento, el sistema de bombeo solar fotovoltaico son nuevas tecnologías limpias con ventajas económicas que buscara maximizar la utilización de la energía solar.

Hay dos alternativas de sistemas de bombes fotovoltaicos:

- **Bombeo solar directo:** el agua se extrae del pozo durante el tiempo de radiación solar únicamente, almacenándose en un depósito. Se evita los costos asociados a las baterías.
- **Bombeo con baterías:** cuando las necesidades de extracción de agua son muy precisas cuando se necesita asegurar el suministro, puede instalarse baterías para los periodos sin la presencia de sol.



Los equipos que conforman esta aplicación son:

- **Módulos fotovoltaicos:** Captan la energía del sol y la convierten en electricidad en corriente continua.
- **Acoplamiento módulos – bomba:** transforma la energía generada por los módulos fotovoltaicos en forma adecuada para el funcionamiento de la bomba.
- **Bomba:** Equipo fundamental que extrae el agua del pozo.

2.6 Estado de arte

Las condiciones climáticas en la región puno cuenta con mayor radiación solar y mayor número de horas de sol al año de todas las regiones del Perú. Al contar con una amplia cantidad de zonas rurales de su extensión territorial, la zona de afluencia se dedica a las actividades de la agricultura, ganadería, minería, comercio entre otros. Con crecimiento poblacional y económico, surge una mayor demanda de recursos en la población rural, buscando diferentes alternativas de solución que satisfagan como la energía, abastecimiento de agua para consumo humano, ganadería y riego de los cultivos, para el desarrollo de sus actividades económicas. Uno de los problemas es el alto costo de la energía eléctrica son afectados por dicho problema que se ven obligados al no uso de energía y en zonas aisladas donde no llega el suministro de la red eléctrica es escaso y costoso, por lo cual optamos una mejor opción sería la aplicación de sistemas de energía de fotovoltaicos siendo esta opción lo más económico, fiable y sin contaminación al medio ambiente.

Falta de apoyo de las autoridades para el desarrollo de proyectos que aprovechen la energía solar el alto costo de suministro de energía eléctrica obliga la necesidad del desarrollo y aplicación de tecnologías renovables que contribuyan al desarrollo social de



la población. La agricultura y la ganadería son las principales actividades de la zona, es dar una solución adecuada el bombeo solar fotovoltaico aprovechando los recursos renovables como es la energía solar que satisfaga la demanda y que contribuya ecológicamente al medio ambiente.

Referente a bombeo solar fotovoltaico aplicado a las comunidades rurales podemos mencionar que en el año 2010 David Arija Gonzales quien realizo el trabajo “Prototipo de sistema de bombeo fotovoltaico para proyectos de cooperación al desarrollo con tecnologías apropiadas” el autor da a conocer información sobre la instalación de un prototipo de bombeo de agua a base de paneles solares fotovoltaicos que alimentan al motor con dicha energía, brindando cálculos, ensayos pruebas resultados del prototipo así como el mantenimiento del sistema sea eficiente con el propósito que el tipo de estas tecnologías puedan ser implementadas en países con baja calidad de vida. Imanol Pérez en el año 2013, presenta el trabajo denominado. “Energía Solar Térmica y fotovoltaico Aislada para pequeñas comunidades en Perú”, mediante el cual se quiere fomentar a la población y autoridades el uso de energías renovables energéticas fomentando conciencia ambiental mediante un prototipo que permite obtener energía para el agua mediante uso de paneles solares.

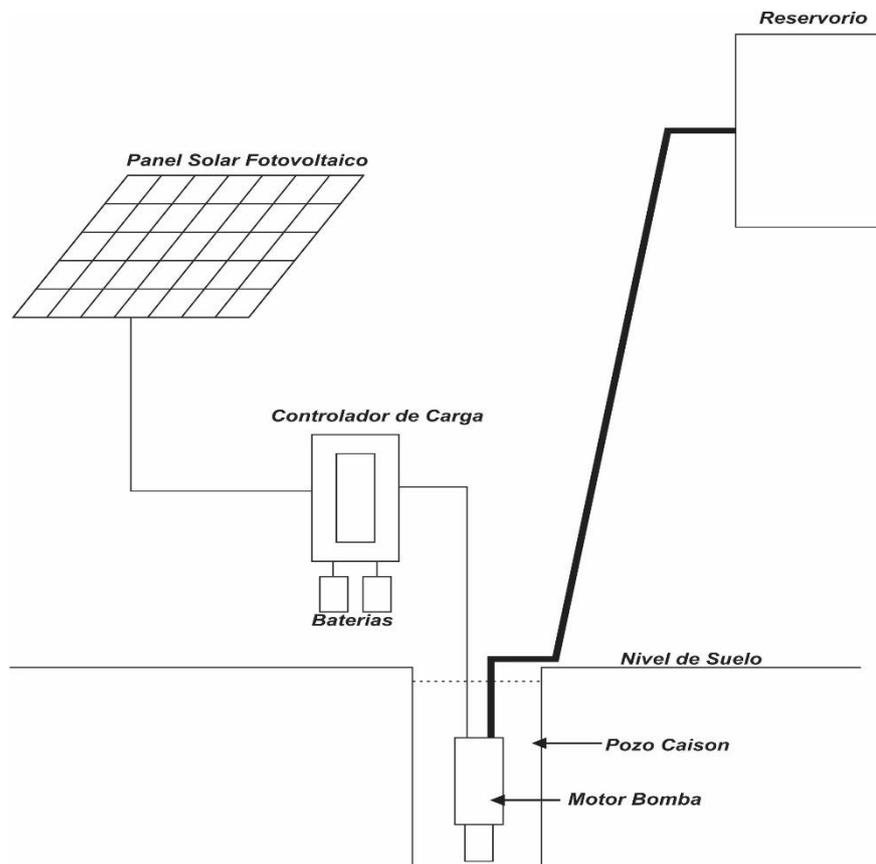
El propósito de este trabajo de investigación es generar y difundir los conocimientos sobre bombeo solar fotovoltaico para brindar una mejor calidad de vida a la población que se encuentran en zonas rurales permitiendo un mejor desarrollo de sus actividades. Este sistema piloto de bombeo solar fotovoltaico contaría con los siguientes componentes: Generador fotovoltaico, controlador de potencia, Motor-bomba, componentes auxiliares.

2.7 Abordaje experimental

- **Modelo Experimental**

El presente trabajo de investigación es plantear un prototipo experimental que consiste en aplicativo y tecnológico. El diseño experimental Pre experimental nivel Pre Experimental para el módulo de generación de energía solar fotovoltaica (figura 1), módulo de almacenamiento y bombeo, y módulo de adquisición y procesamiento de datos.

Figura 1: Prototipo cámara de bombeo energía solar fotovoltaica



Fuente: Imagen elaboración propia



2.8 Generación fotovoltaica

- **Paneles Fotovoltaicos**

Los paneles solares fotovoltaicos son encargados de transformar las energías solares en energía eléctrica. Son fabricados de silicio monos cristalino en potencias unitarias de 250 W. el área necesario para los paneles es de 100 m² con inclinación de 20°. Son el conjunto de celdas o células fotovoltaicas están conectadas en serie paralelo para lograr el voltaje y la intensidad deseada. Cada célula produce 0.5 voltios para un panel típico de 36 células se tendrá 18 voltios en condiciones estándar y un voltaje nominal de 12 voltios existen paneles de 6, 12 y 24 voltios y las potencias producidas oscilan entre 205 W y 320 W.

- **Controlador de potencia**

El controlador electrónico mejora el rendimiento de un sistema de bombeo solar, bien diseñado, del 10 a 15%. los controles se realizan con frecuencia en áreas con niveles de agua o en condiciones fluctuantes. Consumen los controles electrónicos de 4 al 7% de energía generada por el arreglo. Es común que las bombas FV se vendan junto con el controlador adecuado para operarlos eficientemente. Generalmente se usan controladores de potencia que regula la energía eléctrica proveniente de los paneles a los requerimientos de la bomba. El modelo de controlador elegido es el PS 4000, es el encargado de aprovechar la energía DC procedente del panel fotovoltaico y enviar energía obtenida hacia el motor de la bomba. El controlador a su vez también es el encargado de apagar la bomba en caso en el día no exista la suficiente radiación solar para el funcionamiento de la bomba, cuenta con características técnicas especificadas.

Componente encargado de transformar la energía eléctrica (motor eléctrico) y luego en energía hidráulica (bomba). Son bombas centrifugas que es un conjunto integrado



sumergible que consta del motor ECDRIVE 4000-C y cabeza de bomba PE-SJ17-4 de fabricación LORENTZ, este componente que es parte del sistema experimental se encarga de convertir la energía procedente del panel solar fotovoltaico en energía hidráulica permitiendo el bombeo del agua para su dotación y utilización. Características de estos componentes se presenta en la tabla 3 y 4.

Tabla

3

Características de motor

CARACTERISTICAS DEL MOTOR	
Potencia nominal	3,5 Kw
Eficiencia	Máxima 92%
Revoluciones del motor	900-3300 rpm
Inmersión	Máxima 250 m

Tabla

4

Característica de la bomba

CARACTERISTICAS DE BOMBA	
Material	Acero inoxidable
Diámetro de perforación	Mínimo 6 in
Temperatura de agua	Máxima 50°C

- **Almacenamiento**

El almacenamiento de la bomba se encuentra sumergida en un pozo caison del cual extrae el agua bombeando mediante tuberías a un reservorio diseñado para su futura utilización en este caso experimental seria agua para consumo humano que están en las zonas rurales.



- **Principios de funcionamiento**

Las aplicaciones de la energía fotovoltaica están basadas en el aprovechamiento de la radiación solar sobre las celdas fotovoltaicas formadas por materiales semiconductores. Los fotones que integran la radiación solar chocan con los electrones de los materiales semiconductores, de manera que estos electrones rompen su enlace que anteriormente la tenía ligado a un átomo. Por cada enlace que se rompe queda un electrón y un hueco cuyo movimiento en sentidos opuestos genera una corriente eléctrica en el semiconductor donde puede circular por un circuito externo.

El campo eléctrico necesario como referencia anteriormente, se consigue con la unión de dos semiconductores a los que artificialmente se han dotado de concentraciones diferentes de electrones, se forma de esta manera un semiconductor tipo P (exceso de huecos), otro tipo N (exceso de electrones), que al unirlos crea un campo eléctrico.

De esta forma, cuando sobre la célula solar fotovoltaica incide la radiación solar, aparece en ella una tensión que mediante la colocación de contactos en cada una de las caras puede “extraerse” la energía que es utilizada en distintas aplicaciones. (Rubio, 2001).

Para diseñar un sistema será necesario conocer el rendimiento del sistema de bombeo que es la relación entre la potencia hidráulica y la potencia eléctrica absorbida. En los sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua las energías necesarias para accionar la bomba provienen del sol. La energía solar es captada y transformada en energía eléctrica por medio de los dispositivos llamados celdas solares son la base de la construcción de los módulos fotovoltaicos.



El sistema generador de paneles solares debería elegirse de manera que el punto de trabajo este lo más posible de su punto de máxima potencia ya que son la parte principal del sistema de bombeo.

2.9 Descripción del sistema de bombeo fotovoltaico

Factores que determinan el funcionamiento del sistema de bombeo solar fotovoltaico son:

- Las condiciones hidráulicas

La profundidad de nivel de agua de pozo bajo la superficie.

La altura estática de elevación del agua por encima de la superficie del suelo (por ejemplo, un reservorio de almacenamiento).

Las pérdidas adicionales de presión en tuberías y accesorios (altura dinámica).

- La energía suministrada por el generador fotovoltaico a lo largo del día, determinada por la radiación solar y las condiciones climatológicas del lugar.

De acuerdo con estos factores se puede definir varias configuraciones de un sistema de bombeo con energía solar fotovoltaico sumergible flotante con bomba centrífuga o de desplazamiento positivo con motor de corriente continua alterna, los componentes esenciales en toda instalación son:

- Subsistema de generación o generador fotovoltaico.
- Subsistema motor – bomba.
- Subsistema de acumulación y distribución



III. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación experimental para la generación de energía eléctrica utilizando el sistema solar fotovoltaico para el bombeo de aguas subterráneas, está siendo muy difundida y la tecnología se viene desarrollando rápidamente para dar soluciones de las poblaciones rurales que son de condición pobre. Este sistema es confiable y seguro, su uso y transformación requiere de tecnología básica de poco mantenimiento de costo al alcance de la población.

- 1 El costo de operación y mantenimiento del sistema de captación por bombeo del centro poblado de collana el costo es elevado por el suministro de energía eléctrica que cada mes se paga a electro puno al no ser pagado los cortes son inmediatos dejando sin agua a al centro poblado de Collana.
- 2 En comparación con el sistema actual de captación por bombeo fotovoltaico propuesto produce 55% más agua subterránea.
- 3 Se determinó que el potencial energético de la zona de influencia del centro poblado de Collana está bien ubicado para el proyecto y es apta para la instalación de sistema de bombeo con energía fotovoltaico, permitiendo así el uso de los recursos renovables y reducción en la contaminación del medio ambiente.
- 4 Se evalúa experimentalmente el desempeño del sistema solar fotovoltaico a aplicar a bombeo para el sistema de agua potable es recomendable.



IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abella, M.A. & Romero, F.C. (s.f.). *Departamento de energías renovables*. – CIEMAT.
Sistema de bombeo fotovoltaico.
- Atlas Solar del Perú, proyecto per/98/g31: *electrificación rural a base de energía fotovoltaica en el Perú*. Ministerio de Energía y minas., 2003.
- Atlas solar del Perú, proyecto, per/98/g93. *Electrificación rural a base de energía fotovoltaico en el Perú*, Ministerio de Energía y Minas, (2003).
- Custudio, E. & Llamas, M. R. (1996). *Hidrología subterránea*, Barcelona. Primera edición – omega.
- Hidromas Servicios generales. (2015). *Estudio hidrogeológico Proyecto “Ampliación, Renovación y mejoramiento del tema de agua potable y alcantarillado del distrito de Chala, Provincia de Caravili, Departamento de Arequipa”*.
- I.P.Sagahon, *Tesis energía solar térmica y fotovoltaico aislada para pequeñas comunidades en Perú*, lima, 2013.
- Ivan G. L. & David N. C. (2009). *Propuesta automatización de un sistema de bombeo de agua potable*.
- Rubio, A. R. (2001) *Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua, con energía fotovoltaica*. Volumen 1 libro de consulta 112.
- Sandia Nacional Laboratorios. (2001). *Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaico*. -Volumen 1, México.
- Ventocilla (2012) *Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una potabilización desalinizadora autónoma*.



V. ANEXOS

ITEMS	TEMA	AUTOR	DOCUMENTO	METODOLOGIA
01	Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaico	Rubio A.R. 2001	Libro de consulta Volumen I	No experimental
02	Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una potabilización desalinizadora autónoma.	Ventocilla 2012	Tesis	Tipo experimental
03	Electrificación rural a base de energía fotovoltaico en el Perú	Ministerio de Energía y Minas 2003.	Atlas Solar del Perú.	Tipo experimental



UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA