

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**DISEÑO DE BOMBEO FOTOVOLTAICO EN LA  
OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN  
HUANCAN, HUANCAYO**

**TESIS PRESENTADO POR  
BACH. HUARIPATA VELASQUEZ, Harris Brend**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL  
SALUD Y GESTIÓN DE SALUD**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA  
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
SANITARIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU**

**2023**

---

**Ing. Henry Gustavo Pautrat Egoavil**  
**Asesor Tematico**

---

**Mg. Jacqueline Jeanette Santos Julca**  
**Asesor Metodológico**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado principalmente a nuestro divino creador, quien me dio la vida, la salud y la sabiduría para lograr nuestros objetivos descritos en este estudio.



**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN**



*“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”*

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

**CONSTANCIA N° 0161**

Que, el (la) bachiller: **HARRIS BREND, HUARIPATA VELASQUEZ**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **“DISEÑO DE BOMBEO FOTOVOLTAICO EN LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN HUANCAN, HUANCAYO”**, la misma que cuenta con **101 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO**, obteniendo el **18 %** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 20 de mayo del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

**HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO DE  
SUSTENTACIÓN DE TESIS**

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA**  
Presidente

---

**DR. SEVERO SIMEON CALDERON SAMANIEGO**  
JURADO REVISOR

---

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**  
JURADO REVISOR

---

**ING. EDMUNDO MUÑICO CASAS**  
JURADO REVISOR

---

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**  
SECRETARIO DOCENTE

# ÍNDICE

CONTRATAPA .....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA .....	III
ÍNDICE .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPITULO I .....	15
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos .....	16
1.3. Justificación.....	16
1.3.1. Práctica .....	16
1.3.2. Teórica .....	17
1.3.3. Metodológica.....	18
1.4. Delimitaciones .....	20
1.4.1. Espacial .....	20
1.4.2. Temporal.....	22
1.4.3. Económica.....	22
1.5. Limitaciones .....	22
1.6. Objetivos.....	23

1.6.1. Objetivo general .....	23
1.6.2. Objetivos específicos.....	23
CAPITULO II .....	24
MARCO TEÓRICO .....	24
2.1. Antecedentes.....	24
2.1.1. Internacionales .....	24
2.1.2. Nacionales.....	28
2.2. Marco conceptual.....	32
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	32
2.2.1.1 Energía solar.....	32
2.2.1.2 Radiación solar.....	37
2.2.1.3 Horas del sol pico (HSP).....	41
2.2.1.4 Principio fotoeléctrico .....	42
2.2.1.5 Panel fotovoltaico .....	44
2.2.1.6 Conexión de módulos fotovoltaicos .....	49
2.2.1.7 Montaje de paneles solares.....	51
2.2.1.8 Sistema de bombeo fotovoltaico.....	53
2.3. Definición de términos.....	61
2.4. Hipótesis.....	64
2.4.1. Hipótesis general.....	64
2.4.2. Hipótesis específicos.....	64
2.5. Variables.....	65
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	65
2.5.2. Definición operacional de la variable .....	65
2.5.3. Operacionalización de la Variable.....	66

CAPÍTULO III.....	67
METODOLOGÍA.....	67
3.1. Método de investigación .....	67
3.2. Tipo de Investigación.....	67
3.3. Nivel de investigación.....	68
3.4. Diseño de investigación .....	68
3.5. Población y muestra .....	68
3.5.1. Población.....	68
3.5.2. Muestra .....	68
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	69
3.7. Procesamiento de la información .....	70
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	71
CAPÍTULO IV.....	72
4.1. Presentación de resultados específicos.....	72
CAPÍTULO V.....	87
5.1. Discusión de resultados específicos.....	87
CONCLUSIONES .....	91
RECOMENDACIONES .....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación....	49
Tabla 2 – Consumo estimado para satisfacer las necesidades .....	58
Tabla 3 – Variables de investigación.....	65
Tabla 4 – Operacionalización de las variables.....	66
Tabla 5 – Cuadro de resumen de la población.....	72
Tabla 6 – Datos del censo 1993.....	73
Tabla 7 – Datos del censo 2007.....	73
Tabla 8 – Procesamiento de datos, tasa de crecimiento.....	73
Tabla 9 – Demanda de caudal en línea de conducción. ....	74
Tabla 10 – Demanda de almacenamiento del reservorio.....	74
Tabla 11 – Demanda de actual en línea de aducción. ....	75
Tabla 12 – Detalle de la demanda del sistema de abastecimiento de agua potable del distrito de Huancan.....	76
Tabla 13 – Aforo de las fuentes de captación. ....	78
Tabla 14 – Tabla de régimen de bombeo por radiación de la zona. ....	81
Tabla 15 – Características de la bomba.....	82
Tabla 16 – Datos de prestaciones de la bomba.....	82
Tabla 17 – Cuadro comparativo de paneles fotovoltaicos.....	84
Tabla 18 – Paneles solares.....	85
Tabla 19 – Cotización del sistema de bombeo de agua con energía solar. ....	85
Tabla 20 – Cotización del sistema de bombeo de agua con energía solar. ....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.....	20
Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación. ....	21
Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación. ....	21
Figura 4- Localización de la zona de intervención de la investigación. ....	22
Figura 5- Mapa de irradiación horizontal en Latinoamérica y el caribe. ....	35
Figura 6- Mapa solar del Perú. ....	37
Figura 7- Radiación solar.....	38
Figura 8- Componentes de la radiación solar. ....	40
Figura 9- Componentes de la radiación solar terrestre total.....	40
Figura 10- Horas solares pico.....	42
Figura 11- Célula fotoeléctrica.....	43
Figura 12- Efecto fotovoltaico. ....	44
Figura 13- Funcionamiento célula de silicio. ....	45
Figura 14- Funcionamiento célula de silicio. ....	45
Figura 15- Partes de un panel fotovoltaico.....	46
Figura 16- Panel fotovoltaico policristalino. ....	48
Figura 17- Conexión en serie de módulos fotovoltaicos.....	50
Figura 18- Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos.....	51
Figura 19- Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos.....	51
Figura 20- Estructura fija.....	52
Figura 21- Instalación de seguidor solar. ....	53
Figura 22- Detalle de componentes adicionales para seguidor solar. ....	53
Figura 23- Bombeo fotovoltaico.....	54
Figura 24- Componentes hidráulicos de un sistema de bombeo de .....	60
Figura 25- Curva de la bomba seleccionada.....	83

## RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿ De qué manera el diseño de Bombeo Fotovoltaico puede optimizar el Abastecimiento de Agua Potable en Huancán, Huancayo?, el objetivo general fue: Determinar la influencia del diseño de Bombeo Fotovoltaico en la optimización del Abastecimiento del Agua Potable, en Huancan, Huancayo, y la hipótesis general fue: El diseño de Bombeo Fotovoltaico identificando las características hidráulicas de la fuente de captación, los parámetros y componentes de diseño hidráulico de la capacidad instalada, entonces se optimizará el Abastecimiento de Agua Potable en Huancán, Huancayo.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue descriptivo – explicativo y el diseño fue no experimental. La población correspondió a toda la población beneficiaria del distrito de Huancan, de la provincia de Huancayo – región Junín.

La conclusión general fue: Si es factible energética e hidráulicamente el diseño del sistema de bombeo mediante el uso del sistema fotovoltaico (paneles solares) para el abastecimiento de agua potable a la población del distrito de Huancan, esto debido a que, el sistema de bombeo puede ser abastecida satisfactoriamente por los recursos a utilizar y que se encuentran disponibles dentro de la población de Huancan.

**Palabras claves:** Sistema de Bombeo, Sistema Fotovoltaico, Paneles Solares.

## **ABSTRACT**

The general problem of the investigation was: How to design the solid waste landfill applying the appropriate technology, for the C.P. Buena Vista - District of Anta ?, the general objective was: Carry out the design of the solid waste landfill applying the appropriate technology, for the C.P. Buena Vista - District of Anta, and the general hypothesis was: The design of the solid waste sanitary landfill applying the appropriate technology will be adequate for the C.P. Buena Vista - Anta District.

The general problem of the research was: How can the Photovoltaic Pumping design optimize the Drinking Water Supply in Huancán, Huancayo? The general objective was: Determine the influence of the Photovoltaic Pumping design on the optimization of the Drinking Water Supply, in Huancan, Huancayo, and the general hypothesis was: The Photovoltaic Pumping design identifying the hydraulic characteristics of the catchment source, the parameters and hydraulic design components of the installed capacity, then the Potable Water Supply in Huancán will be optimized, Huancayo.

The research method was scientific, the type of research was applied, the research level was descriptive - explanatory and the research design was descriptive - analytical. The population corresponded to the entire beneficiary population of the Huancan district, Huancayo province - Junín region.

The general conclusion was: If the design of the pumping system is energetically and hydraulically feasible through the use of the photovoltaic system (solar panels) for the supply of drinking water to the population of the Huancan district, this is due to the fact that the pumping system it can be satisfactorily supplied by the resources to be used and that are available within the Huancan population.

**Keywords:** Pumping System, Photovoltaic System, Solar Panels.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo investigativo se ha desarrollado aplicando la normativa completa de grados y títulos del cuerpo docente de la Universidad Peruana Los Andes; la Investigación titulada “diseño de bombeo fotovoltaico en la optimización del sistema de agua potable en Huancan, Huancayo”; establece como propósito fundamental: Determinar la influencia del diseño de Bombeo Fotovoltaico en la optimización del Abastecimiento del Agua Potable, en Huancan, Huancayo.

La energía fotovoltaica es una excelente solución a este problema. Sin embargo, las aplicaciones aisladas ya no son la fuerza motriz de la energía fotovoltaica a escala global como lo han sido durante muchos años. La energía fotovoltaica conectada a la red se ha convertido en el motor de la energía fotovoltaica en el mundo. Stolik (2013)

La energía solar es utilizada principalmente en el bombeo de agua para uso en la ganadería y/o de uso residencial. Rara vez es utilizada en riego puesto que esta actividad necesita gran cantidad de agua para los cultivos. Sin embargo, las bombas solares son económicamente factibles para el riego agrícola cuando se requiere poca cantidad de agua y la elevación de bombeo es pequeña, tales como el riego por goteo, el cual utiliza menos agua que otros tipos de riego. Enciso & Mecke (2007)

La investigación desarrollada es de tipología aplicada, considera el nivel descriptivo - explicativo; como diseño descriptivo - analítico, y como técnicas de recopilación de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados.

El trabajo desarrollado y presentado se justifica en razón de que no existen trabajos investigativos rigurosos sobre este tema, considerando que las recomendaciones encaminaran a mejorar el enfoque para el diseño de sistemas de bombeo fotovoltaicos, tomando como referencia de la investigación el distrito de Huancán, provincia de Huancayo, departamento de Junín.

Con el diseño del sistema de bombeo fotovoltaico se propone optimizar el suministro de agua domiciliaria. Para ello, es importante desarrollar criterios técnicos de diseño, así como desarrollar su viabilidad como trabajo de investigación a nivel de implementación.

Con el fin de comprender mejor el objeto de investigación, la tesis se divide en capítulos, explicando cada capítulo de manera directa y específica sobre la relación con el objeto de investigación.

En el capítulo primero, se detalla el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo segundo, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo tercero, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo cuarto, se plasma los resultados obtenidos sobre el diseño del sistema de bombeo fotovoltaico.

En el capítulo quinto, se redacta la discusión de los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte última de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

Bach. Harris Brend Huaripata Velásquez

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

El suministro constante de agua potable que ofrecen las empresas en el Valle del Mantaro es cada vez menos satisfactorio en cantidad y calidad, problemática en la que está inmersa la Municipalidad Distrital de Huancán.

Actualmente la estación de bombeo del distrito de Huancán trabaja cuatro horas diarias impulsando un caudal de 40 l/s hacia el reservorio que tiene una capacidad de 800 m<sup>3</sup> distribuyendo 600 m<sup>3</sup> por espacio de ocho horas diarias, siendo el consumo de agua de 50 litros por familia. Asimismo, el abastecimiento de agua por el sistema de bombeo actual a la población total que cuenta con 20 000 habitantes es solo el 70% y el resto abastece la empresa SEDAM Huancayo.

Además, en la orilla del río Mantaro que le corresponde a este distrito existen diversos manantiales donde cada uno de ellos tiene diferente caudal e incluso la fuente del actual sistema de bombeo cuenta con excedente en la poza de captación, pero solo en época de lluvias.

Por lo anterior es que se diseña el funcionamiento de las dos bombas instaladas, pero en paralelo para asegurar la disponibilidad suficiente de agua, con el consumo de energía eléctrica necesario, con el mínimo de pérdidas de carga desde la succión hasta el tanque elevado, la adecuada evaluación a cada máquina hidráulica y también a la instalación de tuberías con sus accesorios de control y regulación; porque en lo fundamental existe la disponibilidad del recurso hídrico.

La solución a este problema obedece a un análisis en la dimensión hidráulica y mecánica, es decir, se realizó un diseño hidráulico y un diseño mecánico mutuamente complementarios para el funcionamiento de las dos

bombas en paralelo con la finalidad de incrementar el volumen de abastecimiento para el tanque elevado.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera el diseño de Bombeo Fotovoltaico puede optimizar el Abastecimiento de Agua Potable en Huancán, Huancayo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

a) ¿De qué manera el Diseño de Bombeo Fotovoltaico optimiza la cantidad de Agua Potable, en Huancán, Huancayo?

b) ¿De qué manera el Diseño de Bombeo Fotovoltaico optimiza la calidad de Agua Potable, en Huancán, Huancayo?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica**

Se realiza el siguiente trabajo de investigación para brindar mejor calidad de agua a los pobladores del distrito de Huancan, provincia de Huancayo.

El crecimiento de la población y el desabastecimiento del agua en Huancan, Huancayo es la zona a estudiar, la fuente de agua existente que pertenece tanto como a la Municipalidad de Huancan y Empresa SEDAM HUANCAYO, el sistema que están usando para la captación y distribución, aumento poblacional, análisis del caudal de diseño del agua subterránea, calidad y cantidad de agua, obligando a la participación de los organismos encargados a velar por la salubridad del recurso hídrico, dentro de ellos el Ministerio de Salud (MINSAL), la autoridad nacional del agua (ANA), la Municipalidad Distrital de Huancan, la Empresa Sedam Huancayo

SAC y la Junta de Administradores de Servicio y Saneamiento, quienes con sus escasos recursos económicos aplican planes de contingencia,. Por lo tanto, según lo descrito se justifica socialmente el aporte de este estudio a fin de evitar el desabastecimiento del agua potable y poder contar con un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable que satisfaga la demanda poblacional futura con escasos recursos y al entorno socio - cultural.

### **1.3.2. Teórica**

El recurso del agua potable ha sido un elemento fundamental en el desarrollo de naciones enteras mediante el cual la hidráulica es una rama de la ingeniería civil que pretende estudiar el comportamiento del agua como fluido. Hasta tiempos actuales esta ciencia ha tenido un gran desarrollo debido al empleo de un extensivo razonamiento analítico y a los resultados de modelos experimentales. El modelaje de diseño de bombeo fotovoltaico analítico es muy complejo y muchas veces no logra describir el comportamiento que pasa en la naturaleza. Los fenómenos naturales, como es el caso del niño (actualmente) traerá (ha traído) muchos problemas con el desbordamiento de ríos. En la región andina, específicamente en la región Junín este fenómeno es una constante que afecta muchas poblaciones y cultivos. Otro problema es que no sabemos aprovechar las aguas subterráneas que ocupan un 0.8% del total de agua encontrada en el planeta tierra. Por este motivo la presente investigación es significativo su estudio y realizar un estudio más amplio sobre la manera de encauzar los ríos basándonos en un estudio técnico científico y de laboratorio. Una forma de encausamiento de los ríos es utilizar protecciones discontinuas llamadas espigones. La aplicación del sistema de Bombeo Fotovoltaico es un descriptivo del Bombeo del agua y la energía requerida es la del sol, por lo cual es la operacionalidad, costo beneficio y la salubridad. Para la presente población de Huancan y

se propondrá una alternativa utilizando el diseño de bombeo fotovoltaico. Este modelo a más de permitirnos entender mejor el funcionamiento de los del agua subterránea el sistema de bombeo adecuado con el fotovoltaico implicará un beneficio teórico para las asignaturas de un abastecimiento de agua potable y todos los futuros colegas ingenieros que podrán disponer del mismo en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Peruana Los Andes.

La complejidad que implica el modelo analítico de fenómenos Hidráulicos rebaza el alcance de los cursos a nivel universitario, pero el entendimiento de este tipo de fenómenos asienta bases sólidas para futuros niveles de formación. En base a investigaciones se buscará comprender la influencia de un diseño de Bombeo Fotovoltaico para el desarrollo de la población de Huancan.

Al lado de los objetivos que se persiguen mediante un diseño de bombeo fotovoltaico hay que colocar los efectos que intervienen en su desarrollo. Para entender los efectos hay que comprender que el agua son sistemas dinámicos, es decir, en ellos se producen cambios o modificaciones, generalmente a medio y largo plazo, como consecuencia de las acciones exteriores.

### **1.3.3. Metodológica**

El presente trabajo de investigación determinará el diseño de Bombeo fotovoltaico en distrito de Huancan. Los instrumentos que se diseñarán y elaborarán para la investigación servirá para recopilar la información, asimismo para analizar los datos, los mismos que han sido guiado y orientados en todo momento por el método científico. La metodología utilizada servirá para investigaciones análogas y con aplicación a otros temas.

El análisis diseño de bombeo fotovoltaico en el distrito de Huancan, significará el uso de metodologías existentes en el área de hidráulica los cuales tienen la particularidad de calcular los efectos

del caudal en aguas subterráneas todo a un valor general como sucede con los otros procedimientos. Por otro lado, se efectúan análisis por potencia y otra radiación solar. Se calcula el daño debido a estas dos condiciones que se producirá sobre el desabastecimiento del agua potable y la demanda suficiente, el daño que se producirá debe ser menor que el permitido.

Este trabajo de investigación se justifica plenamente por cuanto mejora eficientemente la aplicación de métodos relacionados al análisis, diseño y construcción de defensas ribereñas mediante espigones. Además con el estudio de este trabajo de investigación no solo estamos aportando con la solución a un problema real de naturaleza hídrica sino que sirve de guía metodológica y ejemplo a los futuros investigadores, al uso metodológico del análisis diseño y futura construcción de un diseño de Bombeo fotovoltaico en las aguas subterráneas un estudio científico metodológico que no solo beneficia a las familias que posibilitará la ejecución del trabajo de investigación sino a la economía y a la seguridad de las familias del distrito de Huancan.

La investigación pretende ser base para elaborar diseño de bombeo fotovoltaico, para una población de 1435 habitantes. Por lo que actualmente mediante ésta investigación viene realizándose las tratativas para la formulación del estudio de esta importante obra civil, siendo éste el tema de hidráulica donde se establecerá la estructura del diseño bombeo fotovoltaico capaz de soportar el caudal de demanda, potencia, radiación y proyectado, con el debido beneficio para los usuarios. El objetivo final es el equilibrio eco sistémico, hídrico, y natural se efectúe en una armonía con la seguridad necesaria, sin las molestias que involucren el desabastecimiento actual.

## 1.4. Delimitaciones

### 1.4.1. Espacial

La presente investigación se realizó en el distrito de Huancan, provincia de Huancayo y departamento de Junín.

**Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.**



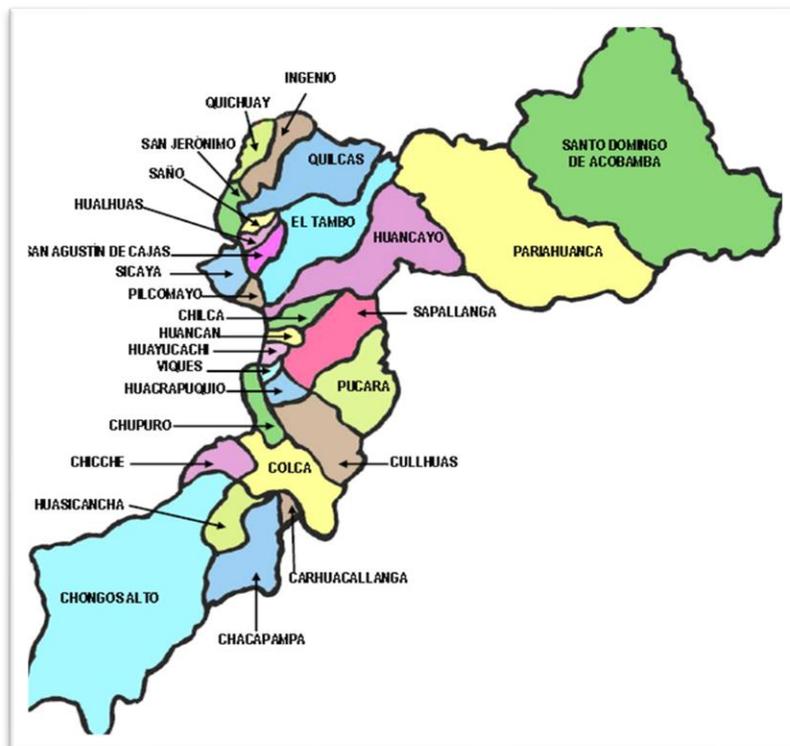
Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.



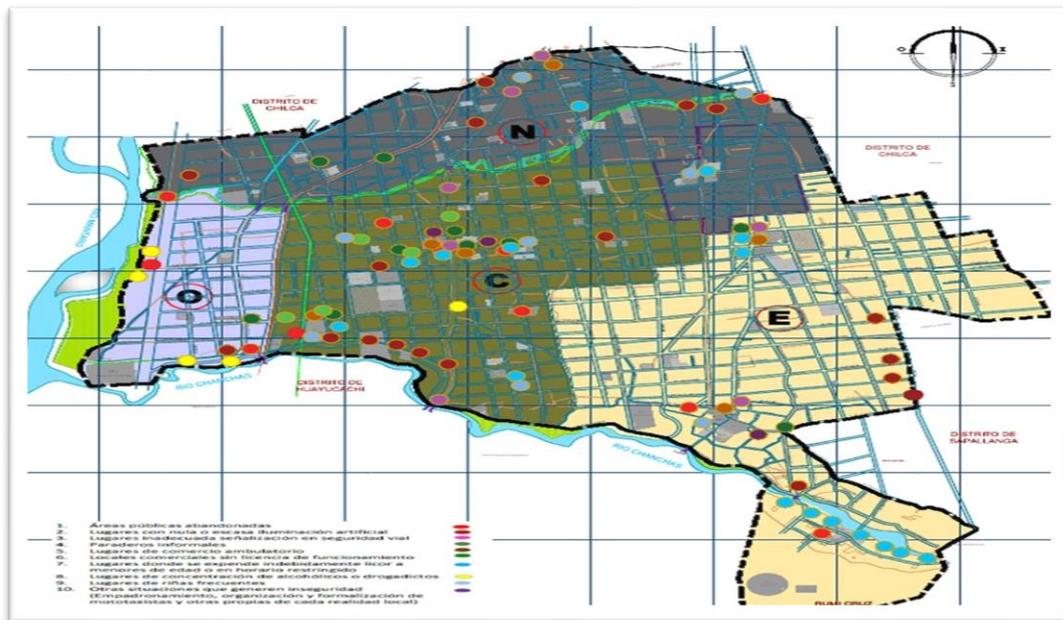
Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

**Figura 4- Localización de la zona de intervención de la investigación.**



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

### 1.4.2. Temporal

La presente investigación se desarrolló entre los meses de marzo, abril y mayo del año 2021, teniendo una duración de tres meses.

### 1.4.3. Económica

Los costos financieros incurridos en la preparación de este trabajo de investigación no son una desventaja económica. Los gastos antes mencionados son asumidos íntegramente por el investigador de esta tesis.

## 1.5. Limitaciones

Básicamente la limitación de la investigación se centró en la no accesibilidad a la información sobre diseño de sistemas de bombeo fotovoltaicos para el abastecimiento de agua potable.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del diseño de Bombeo Fotovoltaico en la optimización del Abastecimiento del Agua Potable, en Huancan, Huancayo.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

a) Determinar la cantidad de Agua Potable con el diseño de Bombeo Fotovoltaico en Huancán, Huancayo.

b) Determinar la calidad de Agua Potable con el diseño de Bombeo Fotovoltaico en Huancán, Huancayo.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Internacionales

**Rabosa (2012) en su trabajo de investigación titulado “Diseño de un Sistema Fotovoltaico para Alimentar una potabilizadora desalinizadora autónoma”. para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Internacional de Andalucía - España.** Plantea el cómo problema de investigación: El presente trabajo aborda el diseño de una planta potabilizadora desalinizadora portátil alimentada con energía solar fotovoltaica.

Corresponde a la energía solar fotovoltaica y a la desalinización potabilización del agua. En él, se pone de manifiesto que las crecientes demandas energéticas requeridas para satisfacer las metas y objetivos de la sociedad, y, por otro lado, la necesidad de proporcionar suministro de Agua Potable en términos de calidad y cantidad en zonas aisladas o en situación de emergencia, nos obligan a buscar métodos de aprovechamiento de las energías renovables, como por ejemplo la energía solar fotovoltaica.

El trabajo sigue con una descripción teórica de los sistemas fotovoltaicos autónomos, los cuales representan una tecnología de gran utilidad práctica para la electrificación de lugares aislados de las redes eléctricas convencionales, aprovechando la libre disposición de la fuente de energía y de la autonomía de las instalaciones. Para tener totalmente definido el sistema, es necesario describir la unidad de potabilización, por ello se explican las especificaciones técnicas de la unidad potabilizadora, es decir el caudal y el volumen de agua producido principalmente; que nos permitan calcular la energía eléctrica, es decir empleándose o no acumuladores de energía por lo cual así se elegí el

dimensionamiento que nos permite el diseño de bombeo fotovoltaico.

Por tanto, se realiza la selección de las diferentes partes del sistema de bombeo fotovoltaico diseñado, tales como: el modulo fotovoltaico, el regulador de carga, la batería los elementos de acondicionamiento de potencia (convertidor de frecuencia), el inversor, el conjunto motor/bomba, las protecciones, el cableado y el soporte desplegable. Se realiza un análisis de cada uno de estos componentes, cuya adecuada selección se basa en las especificaciones técnicas del sistema, así como de otros criterios basados en la experiencia y en la bibliografía, no obstante, también se realiza una valorización económica de la solución adoptada para corroborar la bomba de selección. Además, dado que el mantenimiento y la vida útil de algunos componentes de la unidad potabilizadora, como membranas de osmosis inversa, a un elemento importante en la viabilidad económica del sistema fotovoltaico diseñado, se presenta un análisis de estos, así como de los costos que implican. Finalmente se incluye un análisis desde el punto de vista técnico, medio ambiental y económico de las diferentes alternativas de diseño que no emplean la energía solar fotovoltaica como fuente de energía.

**Colon y Mata (2016) en su trabajo de investigación titulado “Propuesta para Mejorar el Abastecimiento de Agua Potable en el Sector los Guayabitos del Municipio Naguanagua Mediante la Incorporación de un Pozo Profundo”. para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Carabobo - Venezuela.** Plantea el cómo problema de investigación: El agua es un recurso indispensable para el desarrollo y bienestar del ser humano, a pesar de estar la mayor parte del planeta ocupada por agua, sólo el 0.5% es apta para ser utilizada por los seres vivos (PNUMA, 2007). Dicho valor se ve afectado por diversos factores, como: el comportamiento del ser humano, el cambio climático y la

combinación de diversos factores naturales. Durante los últimos años su aprovechamiento ha sido irracional y descontrolado, producto de grandes cambios demográficos a medida que la población se ha desplazado de entornos rurales a urbanos, lo que ha favorecido al desequilibrio existente entre el volumen de agua dulce disponible y la demanda de la misma.

América Latina, y Venezuela en particular, poseen abundantes recursos hídricos, pero debido a la escasez de embalses para el almacenamiento de agua, los acueductos se han convertido a lo largo del tiempo en sistemas vulnerables sobre todo en períodos de sequía, lo que afecta el abastecimiento de la población, obligando al racionamiento aun en épocas de lluvia.

En la actualidad existen sectores en el Estado Carabobo que tienen un servicio de agua potable deficiente, esto producto de la problemática anteriormente descrita, afectando el suministro de agua potable a la población.

El Sector Los Guayabitos del Municipio Naguanagua forma parte de los sectores donde una comunidad de aproximadamente 2270 habitantes (según el último censo realizado por el Consejo Comunal de la zona) se ve afectada por la falta de este vital líquido.

Se puede señalar que los pozos profundos son un tipo de obra de ingeniería hidráulica diseñada para cubrir las necesidades de agua de una comunidad, sin la necesidad de acarrear el agua a grandes distancias, es por esto que, sin llegar a la sobreexplotación de los acuíferos, estos se convirtieron en una solución para el insuficiente abastecimiento de agua potable de una población, presentando esta, la mayoría de las veces una calidad aceptable para el consumo poblacional.

De esta manera, el propósito de esta investigación consistió en elaborar una propuesta para mejorar el abastecimiento de agua potable en el Sector de Los Guayabitos del Municipio Naguanagua mediante la incorporación de un pozo profundo. Debido a que la investigación se enmarca dentro del tipo de trabajo de investigación factible, se lleva a cabo el diagnóstico del problema existente mediante la aplicación de un cuestionario, además del análisis de la factibilidad técnica y diseño de la propuesta.

**Arbitro (2015) en su trabajo de investigación titulado “Caracterización del Agua Subterránea para uso en Actividades Productivas y Humanas, en el Cantón Pasaje”. para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad de Machala - Ecuador.** Plantea el cómo problema de investigación: Como medida para conocer y promover el cuidado del agua subterránea, en el presente estudio se realizó una caracterización de la calidad del agua subterránea de los acuíferos del cantón Pasaje para uso en las actividades productivas y humanas en el 2015, planteándose los siguientes objetivos específicos: 1. Caracterizar los pozos perforados en la zona baja del cantón Pasaje, de la Provincia de El Oro, 2. Evaluar la calidad físico – química del agua subterránea utilizada para actividades productivas y humanas en el cantón Pasaje, y 3. Determinar los niveles de contaminación de los acuíferos en el cantón Pasaje. La investigación se llevó a cabo en el sector rural del cantón Pasaje, comprendido entre La Peaña, La Unión, La López y Cañaquemada, realizando un censo de los pozos perforados existentes en las fincas y sectores donde no disponen de servicio de agua potable, y tienen la actividad agrícola, como la producción de banano, cacao, frutales y pastizales. Se desarrolló un análisis in situ empleando una sonda multiparamétrica. Se analizó los niveles de contaminación de los metales pesados: mercurio, plomo, cadmio, manganeso y arsénico. Se tomaron muestras de agua que fueron

analizadas en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo ESPOCH, Facultad de Ciencias Laboratorios Labcestta. En las características químicas del agua de los pozos se determinaron niveles de pH que fluctúan entre 7.28 a 8.27, con una temperatura media de 26.9 °C y la salinidad determinada con cantidades entre 0,17 a 0,39 mS/m. Las características físicas, sin embargo, difieren entre un color cristalino, sabor dulce, olor agradable y temperatura fría al tacto. Los elementos, mercurio, plomo, arsénico y cadmio no superaron el límite máximo permisible de concentración en aguas destinadas al uso agrícola, sin embargo, el manganeso si superó el límite máximo permisible para cuatro sitios de estudio, estimándose así un nivel de contaminación de los suelos irrigados, lo mismo que ocasiona suelos improductivos y toxicidad del elemento en la planta.

**Barriga (2014)** De acuerdo con las simulaciones realizadas tanto para las ciudades de Madrid como Guayaquil, con latitudes geográficas bastante diferentes, los sistemas de bombeo fotovoltaico de gran potencia que usan un sistema de seguimiento en uno o dos ejes para su GFV, pueden llegar a incrementar el volumen anual bombeado en un 25% y más, con respecto a un sistema de bombeo que solo usa un generador fotovoltaico estático, que es precisamente una de las restricciones de los sistemas de bombeo pequeños en la actualidad.

### **2.1.2. Nacionales**

**Concha y Guillén (2014)** en su trabajo de investigación titulado “Mejoramiento del sistema de Abastecimiento de agua potable”. para obtener el título de Ingeniero Civil en la **Universidad San Martín de Porres - Lima**. Plantea el cómo problema de investigación: la Urbanización Valle Esmeralda, actualmente cuenta con un sistema de suministro de agua antiguo,

que son recursos subterráneos que son provenientes de un pozo perforado debido a que no existen redes generales.

El objetivo principal es poder contar con un sistema de abastecimiento de agua potable eficiente que satisfaga la demanda actual y futura de la población, asegurando las condiciones sanitarias, minimizando costos que conlleven un abastecimiento mediante la fuente de captación.

Mediante el presente estudio es el abastecimiento del agua potable, tomado como alternativa el uso exclusivo del pozo tubular existente para la captación de agua subterránea, la misma que mediante verificaciones de diseño y de mejoramiento para dicho sistema de captación, cumplan y satisfaga la demanda del incremento poblacional, y de no darse el caso la proyección de un nuevo pozo tubular dentro de la Urbanización, minimizando y/o eliminando costos que conlleva un abastecimiento mediante el uso de dos fuentes (fuente superficial y subterránea).

Como tal es recomendable realizar estudios complementarios de campo para la verificación de datos obtenidos mediante ensayos in situ, ya que algunos de ellos han sido estimados y/o solos por el cambio de su magnitud acorde a la explotación de los recursos, siendo estos datos utilizados. Por ello surge la necesidad de dar la solución a los problemas de abastecimiento de agua potable, afectan a la Urbanización, debido al crecimiento de la población y a la antigüedad del sistema de suministro mediante agua subterránea, cuyo abastecimiento se interrumpe, afectándola salubridad de la población.

**Rojas (2017) en su trabajo de investigación titulado “Diseño del Sistema de Bombeo para el Abastecimiento Optimo de Agua Potable del Distrito de Huancán-Huancayo”.** para obtener el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional del Centro del Perú - Junín. Plantea el cómo problema de

investigación: La presente tesis trata del diseño del sistema de bombeo para el abastecimiento óptimo de agua potable del distrito de Huancán-Huancayo, desarrollada en el sistema de bombeo de agua potable de la Municipalidad de Huancán, que tiene como propósito solucionar la falta de agua potable mediante una propuesta técnica en la infraestructura disponible, teniendo como objetivo diseñar un sistema de bombeo para optimizar el abastecimiento de agua potable en el distrito de Huancán-Huancayo. Para ello se identificó las características técnicas del actual sistema de bombeo y se identificó los parámetros hidráulicos para diseñar el nuevo sistema de bombeo en función de la capacidad instalada de la caseta de bombeo.

La presentación de la tesis trata sobre el planteamiento del estudio en donde se describe la formulación, objetivo, justificación e importancia del trabajo de investigación. El marco teórico, que consiste en describir el sustento científico del trabajo de investigación; como las leyes y principios que fundamenta el funcionamiento del sistema de bombeo.

Expone la metodología de la investigación indicando el tipo, nivel y diseño de investigación. En el cuarto capítulo se presenta el diseño del sistema de bombeo, es decir, hacer funcionar las dos bombas de la capacidad instalada en paralelo para el abastecimiento óptimo de agua potable del distrito de Huancán, pero con sustento hidráulico. Esta propuesta consiste la capacidad instalada para diseñar el nuevo sistema de bombeo. Finalmente, sobre el resultado de la investigación indicando los parámetros hidráulicos y mecánicos para plasmar en el diseño del sistema de bombeo de abastecimiento de agua del distrito de Huancán.

**Sosa (2017) en su trabajo de investigación titulado “Diseño del Sistema de Bomba Solar utilizando Bomba sumergible hibrido con variador de velocidad para la comunidad Quenafajja del**

**Distrito de Acora Provincia de Puno**". para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista en la Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Plantea el cómo problema de investigación: En las Comunidades Rurales el agua potable y agua se obtiene de varias fuentes: captación de agua de lluvia, pozos profundos o superficiales, ríos, lagos, estanques, arroyos. De esta fuente, el agua de pozos profundos o superficiales podrá ser tratada y apta para consumo humano.

Las necesidades de los pobladores e impulsar el desarrollo. El estudio que corresponde el presente trabajo beneficiara a las comunidades: Quenafajja, del Distrito de Acora disminuyendo la tasa de mortalidad de las personas por falta de agua potable en condiciones adecuadas para el consumo humano.

En el siguiente estudio se realizaron basados en un análisis adecuado para determinar las necesidades principales de las comunidades ya mencionadas, haciendo encontrado una de las principales: el diseño de agua potable apta para el consumo humano. En ese orden se presentan en este trabajo, dando a conocer los cálculos. Se incluye los planos, así como las conclusiones y sugerencias, para la efectividad del diseño.

**Ventura (2018), en su tesis, "electrificación rural y bombeo de agua utilizando paneles solares en el caserío Succha distrito de Bambamarca provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca"**, manifiesta que, se determinó que el consumo de energía diaria total de las 23 viviendas proyectada es de 9504 Wh/día y una potencia de 2,06 kW teniendo en cuenta un periodo de tiempo de utilización de cada equipo instalado en cada vivienda. Para el sistema de bombeo de agua se seleccionó la bomba sumergible Lorentz PS2-600 HR-14, el cual será suministrado de energía eléctrica por medio de 04 paneles solares de 260 Wp.

Es así que en una visita previa realizada al sector Boyero se pudo apreciar que cuenta con 22 familias y una población de 89 habitantes, teniendo como principal problema el desabastecimiento de agua en época de estiaje, los pobladores manifiestan que por motivos de que las fuentes de agua superficiales (manantiales) disminuyen su caudal y no logran abastecer a toda la población, lo cual, casusa malestar en los moradores de dicha localidad, sin embargo, la comunidad cuenta con un pozo de extracción de agua subterránea, que tiene limitación en el sistema de bombeo para extracción del agua y así poder abastecer a la población del lugar con agua potable es así que nos preguntamos, ¿Será factible un sistema de bombeo de agua con energía solar mediante paneles solares en el Sector Boyero?, ya que la población muestra interés para aprovechar la fuente de extracción de agua subterránea con la que se cuenta, es por ello, ésta investigación tuvo como propósito analizar si el sistema de bombeo de agua con energía solar es factible en el sector Boyero, C.P. Porcon Alto – Cajamarca.

**Apaza & Puma (2015)** en su investigación “**Diseño y cálculo de un sistema de bombeo de agua, accionado por energía solar**”, concluyen que para 1609 habitantes se requiere de 120 paneles fotovoltaicos, así como también que la instalación de los paneles fotovoltaicos es ventajosa cuando la red convencional llega con sistemas monofásicos y en lugares distantes, llegando a un valor referencial de 1'242,364.95 soles.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Teorías de la Investigación**

#### **2.2.1.1 Energía solar**

El sol es la principal fuente de energía, que puede ser utilizada directa o indirectamente. El sol genera continuamente energía electromagnética directamente a la tierra. La energía solar se puede convertir de dos

maneras: primero, utilizando parte del espectro electromagnético de la energía solar para producir calor; La energía obtenida se denomina energía solar térmica.

Este último utiliza una parte diferente del espectro electromagnético solar para producir electricidad; La energía obtenida se denomina solar fotovoltaica. Alata (2015).

**a. Energía solar en el mundo:** “El aumento extraordinario en la inversión solar muestra cómo el mapa de energía global está cambiando y, lo que es más importante, cuáles son los beneficios económicos de ese cambio”, dijo Erik Solheim,

Director Ejecutivo de ONU Medio Ambiente. “Las inversiones en energías renovables atraen a más personas a la economía, ofrecen más empleos, trabajos de mejor calidad y empleos mejor remunerados. La energía limpia también significa menos contaminación, lo que significa un desarrollo más saludable y feliz”.

En general, China fue el mayor país inversor en energías renovables, con un récord de US\$ 126,6 mil millones, 31% más que en 2016.

También hubo amplios incrementos en la inversión en Australia (147%, hasta US\$8.5 mil millones), México (810%, hasta US\$6 mil millones) y en Suecia (127%, hasta \$3,7 mil millones).

El año pasado se comisionó un récord de 157 gigavatios de energía renovable, frente a los 143 gigavatios de 2016, y se superó ampliamente los 70 gigavatios de capacidad generadora añadida de combustibles fósiles

(tras el ajuste por el cierre de algunas plantas existentes).

"El mundo agregó más capacidad solar que las plantas de carbón, gas o nucleares combinadas", dijo Nils Stieglitz, presidente de la Escuela de Finanzas y Administración de Fráncfort. "Esto muestra hacia dónde nos dirigimos. Aunque las energías renovables todavía están lejos de proporcionar la mayoría de las necesidades eléctricas, eso significa que tenemos un largo camino por recorrer".

Algunos grandes mercados vieron disminuciones en la inversión en energías renovables. En Estados Unidos la inversión cayó un 6%, llegando hasta US\$40,5 mil millones. En Europa hubo una caída de 36%, has los US\$40,9 mil millones, con grandes caídas en el Reino.

Unido (65%, con US\$ 7,6 mil millones) y Alemania (35%, con US\$10,4 mil millones). La inversión en Japón cayó 28%, hasta los US\$13,4 mil millones.

Angus McCrone, editor jefe de Bloomberg New Energy Finance y autor principal del informe, dijo: "En los países que registraron una menor inversión generalmente ocurrió una mezcla entre cambios en el respaldo de políticas, el calendario de financiamiento de grandes trabajos de investigaciones, como los de energía eólica marina, y menores costos de capital por megavatio".

Las inversiones mundiales en energías renovables entre 2007 y 2017 (11 años) -US\$2,7 billones- han aumentado de 5,2% a 12,1% la proporción mundial de electricidad generada por energía eólica, solar, geotérmica, marina,

de biomasa o por conversión de residuos a energía, y de pequeñas centrales hidroeléctricas.

El nivel actual de electricidad generado por las energías renovables corresponde a aproximadamente 1,8 gigatoneladas de emisiones de dióxido de carbono, lo que equivale a las emisiones producidas por todo el sistema de transporte de Estados Unidos.

**b. Radiación solar en Latinoamérica:** El Perú es uno de los países que cuenta con mayor radiación solar en el mundo, por ello cuenta con un gran potencial de desarrollo en el sector de energía fotovoltaica. Dentro de la región, solo Chile lo supera.

Esto se puede observar en la Figura N°5.

**Figura 5- Mapa de irradiación horizontal en Latinoamérica y el caribe.**



**Fuente:** Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014

**c. Energía solar en el Perú:** A diferencia de los países nórdicos, el territorio de Perú, mucho más cerca del ecuador, disfruta de sol la mayor parte del año.

Según el Atlas Solar del Perú emitido por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene una alta radiación solar anual, alrededor de 5,5 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup> en la sierra; 5,0 a 6,0 kWh/m<sup>2</sup> en la Costa y en la Selva aprox 4,5 a 5,0 kWh/m<sup>2</sup> (ver Figura N° 6).

En Perú, se han desarrollado tres áreas de uso de energía solar en Perú. La primera (y más tradicional) zona es utilizada como fuente de calor a través de las aguas termales del sur de Perú, principalmente Arequipa y Puno, partes de las cuales unas 30 empresas se especializan en la producción y mantenimiento de estos aparatos. No obstante, aún es amplio el camino a recorrer para masificar el uso de paneles solares tanto para áreas urbanas como rurales destinados al uso térmico el cual implicaría menor consumo de la red eléctrica en los hogares (una terma eléctrica es uno de los principales consumidores de energía eléctrica en un hogar). Es interesante que los avances, en este último caso, generen el desarrollo tecnológico y la difusión de esta fuente de energía renovable en el país. Una característica primordial de la energía solar es su capacidad para adecuarse a trabajo de investigaciones de mediana y pequeña envergadura para usuarios individuales. Por ejemplo, en ámbitos urbanos se pueden desarrollar instalaciones fotovoltaicas que se integren a grandes superficies expuestas como estacionamientos, edificios, marquesinas.

**Figura 6- Mapa solar del Perú.**

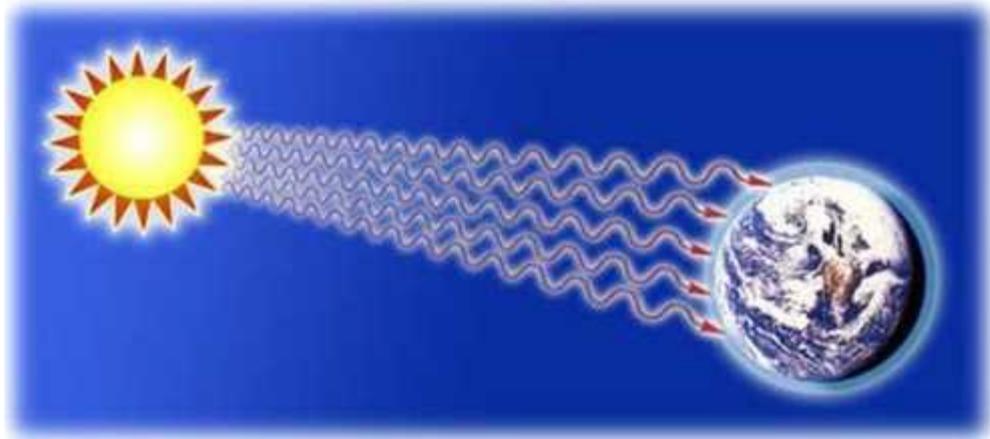


Fuente: (SENAMHI, 2003)

### 2.2.1.2 Radiación solar

El sol es una estrella interior que tiene una serie de reacciones que producen pérdida de masa que se convierte en energía. Esta energía liberada por el sol es transmitida al exterior por las llamadas radiaciones solares. Alata (2015).

**Figura 7- Radiación solar.**



Fuente: <http://misistemasolar.com/radiacion-solar/>

**Tipos de radiación solar:** Según como Llegue la luz solar a la superficie de la tierra, podemos clasificar la radiación en Tres tipos diferentes: directa, dispersa o difusa y albedo. Chona (2013).

**1.- Radiación solar directa.** Es la que incide sobre cualquier superficie con un ángulo único y preciso. La radiación solar viaja en línea recta, pero los gases y partículas en la atmósfera pueden desviar esta energía, lo que se llama dispersión. Esto explica que un área con sombra o pieza sin luz solar está iluminada: le llega luz difusa o radiación difusa. Chona (2013).

Los gases de la atmósfera dispersan más efectivamente las longitudes de onda más cortas (violeta y azul) que las longitudes de onda más largas (naranja y rojo). Esto explica el color azul del cielo y los colores

rojo y naranja del amanecer y atardecer. Cuando amanece o anochece, la radiación solar recorre un mayor espesor de atmósfera y la luz azul y violeta es dispersada hacia el espacio exterior, pasando mayor cantidad de luz

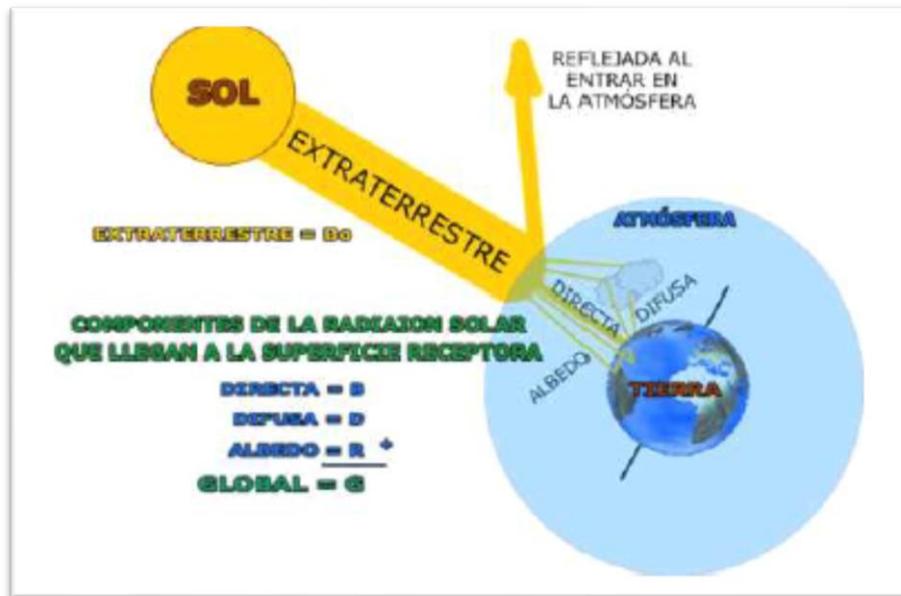
roja y naranja hacia la Tierra, lo que da el color del cielo a esas horas. Chona (2013).

Se llama albedo a la fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra cualquier otra superficie. El albedo es variable de un lugar a otro y de un instante a otro, por ejemplo, para un cuerpo negro, sus valores igual a cero, pero para la nieve es de 0,9; para un suelo mojado es 0,18; etc.

Las proporciones de radiación directa, dispersa y albedo recibida por una superficie dependen:

- ✓ De las condiciones meteorológicas: en un día nublado la radiación es prácticamente dispersa en su totalidad mientras que en un día despejado con clima seco predomina, en cambio, la componente directa, que puede llegar hasta el 90% de la radiación total.
- ✓ De la inclinación de la superficie respecto al plano horizontal: una superficie horizontal recibe la máxima radiación dispersa -si no hay alrededor objetos a una altura superior a la de la superficie- y la mínima reflejada. Al aumentar la inclinación de la superficie de captación disminuye la componente dispersa y aumenta la componente reflejada.
- ✓ De la presencia de superficies reflectantes (debido a que las superficies claras son las más reflectantes, la radiación reflejada aumenta en invierno por efecto de la nieve y disminuye en verano por efecto de la absorción de la hierba o del terreno).

Figura 8- Componentes de la radiación solar.

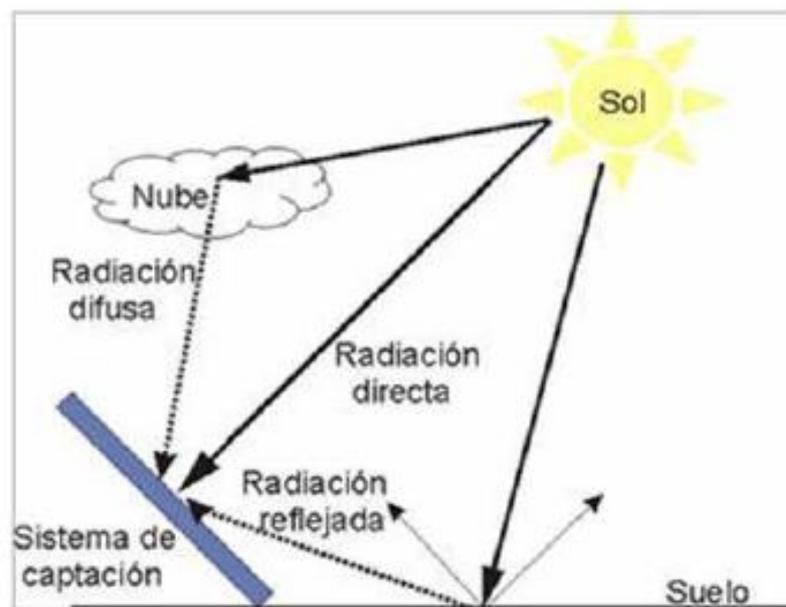


Fuente:

[http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home\\_main\\_frame/02\\_radiacion/01\\_basico/2\\_radiacion\\_08.htm](http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/02_radiacion/01_basico/2_radiacion_08.htm)

2.- Radiación solar reflejada(albedo): Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos

Figura 9- Componentes de la radiación solar terrestre total.



Fuente: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>

La radiación solar total sobre la superficie terrestre, es la suma de estas tres componentes y es la que se mide con un medidor de radiación solar llamado piranómetro. A continuación, definiremos los componentes de la radiación solar:

**Coefficiente de absorción:** Es el porcentaje de la energía incidente que absorbe el cuerpo.

**Coefficiente de reflexión:** Es el porcentaje de la energía incidente que refleja el cuerpo.

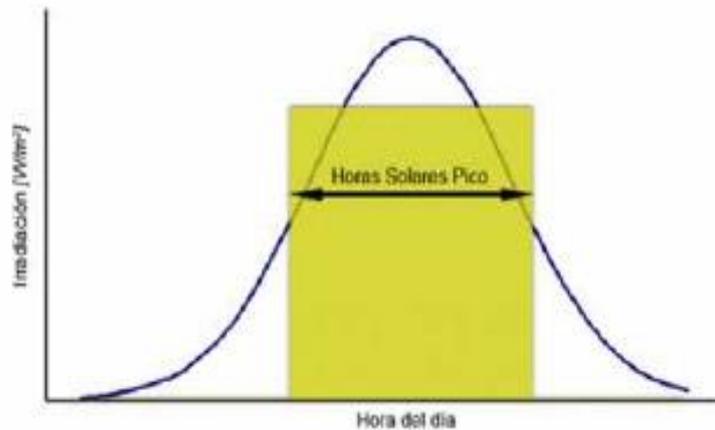
**Coefficiente de transmisión:** Es el porcentaje de la energía incidente que es transmitida a través del cuerpo.

### **2.2.1.3 Horas del sol pico (HSP)**

Las “horas de sol pico” que pueden definirse como el número de horas al día con una hipotética irradiancia de 1 000 W/m<sup>2</sup> que en conjunto suman la misma irradiación total que la real de ese día.

Una hora solar pico “HPS” equivale a 1 kWh/m<sup>2</sup> o, lo que es lo mismo, 3,6 MJ/m<sup>2</sup>. Dicho en otras palabras, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo cada “paquete” de 1 hora recibiendo 1 000 W/m<sup>2</sup>.

**Figura 10- Horas solares pico.**



Fuente: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorridooptico-irradiancia-y-hsp/>

Para calcular entonces el valor de HPS se debe dividir el valor de la irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar de medida (STC), pues es en esas condiciones donde se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos. Ese valor de irradiancia en condiciones estándar de medida es de  $1000 \text{ W/m}^2$ . Es decir, si se dispone de los datos de irradiación solar de un determinado día y se divide entre 1000, se obtienen las HSP.

Por ejemplo, si tenemos una irradiación de  $3,800 \text{ Wh/m}^2$ , para pasarla a HSP, se divide entre  $1000 \text{ W/m}^2$ , con lo que obtenemos 3,8 HPS.

#### **2.2.1.4 Principio fotoeléctrico**

A base sobre la cual se fundamenta los actuales sistemas fotovoltaicos comerciales es el denominado principio fotoeléctrico, mediante el cual las radiaciones de la luz solar se pueden transformar en energía eléctrica (ver figura N° 11). Este efecto tiene lugar en las llamadas

células fotoeléctricas, unidad básica que componen los módulos o paneles fotovoltaicos.

**Figura 11- Célula fotoeléctrica.**



**Fuente:**

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

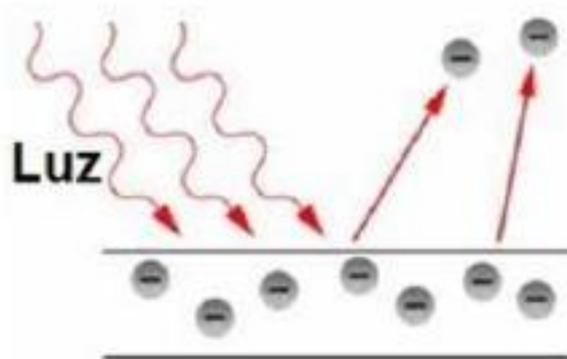
Toda radiación de luz solar está compuesta por partículas elementales, llamadas fotones. Estas partículas llevan asociada un valor de energía (E), que depende de la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la radiación, y cuyo valor cuantitativo viene expresado de la forma siguiente:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \dots (3)$$

donde (h) es la constante de Planck  $6.63 \times 10^{-34}$  J·s y (c) es la velocidad de la luz.

Cuando un módulo fotovoltaico recibe radiación solar, los fotones que componen dicha radiación inciden sobre las células fotovoltaicas del panel tal como se muestra en la Figura N° 13. Éstos pueden ser reflejados, absorbidos o pasar a través del panel, y sólo los fotones que quedan absorbidos por la célula fotovoltaica son los que, finalmente, van a generar electricidad.

**Figura 12- Efecto fotovoltaico.**



**Fuente:**

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

En efecto, cuando el fotón es absorbido por la célula, la energía que porta el fotón es transferida a los átomos que componen el material de la célula fotovoltaica. Con esta nueva energía transferida, los electrones que están situados en las capas más alejadas son capaces de saltar y desprenderse de su posición normal asociada al átomo y entrar a formar parte de un circuito eléctrico que se genera.

Entonces, un factor importante para crear el efecto fotovoltaico es que las celdas de un panel solar estén hechas de algún tipo de material, de modo que sus átomos puedan liberar electrones para generar una corriente eléctrica cuando reciben energía.

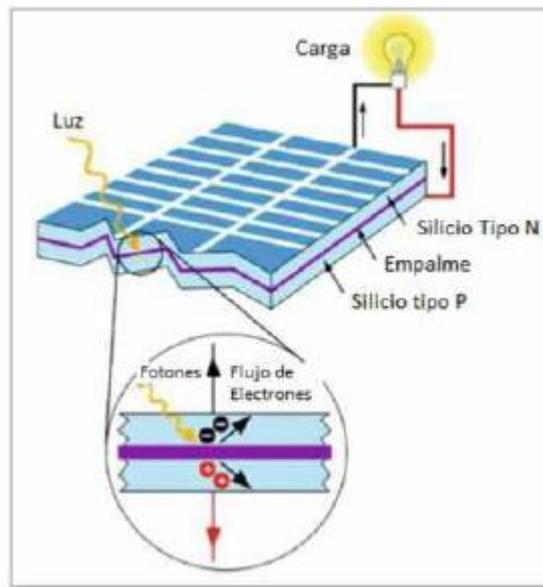
### **2.2.1.5 Panel fotovoltaico**

**1.- Célula fotoeléctrica:** El componente principal de los paneles fotovoltaicos es la célula, su funcionamiento es el que hace posible la obtención de electricidad a partir de luz solar. Valdiviezo (2014).

Las células fotovoltaicas son sensibles a la luz, están hechas de un material semiconductor, silicio (ver Figura

N° 14) en la mayoría de los casos, el cual se excita ante la presencia de radiación (aumento de temperatura) y los electrones pueden fluir del tipo P (positivo) al tipo N (negativo), esto ocasiona un voltaje interno, el cual ante la presencia de una resistencia se produce una corriente (Figura N° 13).

**Figura 13- Funcionamiento célula de silicio.**



Fuente: (Valdiviezo Salas, 2014)

**Figura 14- Funcionamiento célula de silicio.**



Fuente: (Gimenes, 2010)

Los átomos de silicio tienen cuatro electrones en su orbital de valencia, electrones que forman una red

cristalina con otros átomos de silicio, tal como muestra la figura. Los átomos comparten cada uno de sus cuatro electrones con los demás átomos que los rodean, formando poderosos enlaces que mantienen unida la estructura. Al compartir dichos electrones con sus cuatro átomos vecinos, el átomo de silicio adquiere su configuración de gas noble. Valdiviezo (2014).

Una célula fotovoltaica por si sola solo es capaz de darnos un mínimo de tensión (0,5 V) e intensidad (2 A) por lo que es necesario juntar muchas células para tener valores suficientemente altos para trabajar. También son muy frágiles, no aisladas eléctricamente y sin un soporte mecánico.

El módulo fotovoltaico tiene como misión captar la energía solar incidente y transformarla en energía eléctrica. Para eso tiene que tener una cantidad de células conectadas entre sí en serie y paralelo, de esta forma aumentará la tensión e intensidad y se podrá conectar a elementos de consumo para su uso posterior. La composición del panel fotovoltaico es la siguiente:

**Figura 15- Partes de un panel fotovoltaico.**



Fuente: (Gimenes, 2010)

Las células están ensambladas entre dos capas de sostén. Las células se quedan entre dos capas en la llamada estructura sándwich, consiste en dos capas plásticas de protección, una traslúcida en la parte superior y protegida contra los UV. Otra inferior para aumentar la rigidez del sándwich (encapsulantes, EVA). Por encima de la capa superior se coloca un cristal de vidrio templado, con bajo contenido en plomo para no reducir la transmisividad de la luz a través del mismo, y en la capa inferior la cubierta posterior de material plástico (Tedlar). Estando preparado de esta forma se mete en un horno de alta temperatura al vacío. Cuando se saca del horno queda un único bloque laminado en el que las células están unidas al material plástico fundido.

A continuación, se añade el marco de aluminio anodizado o acero inoxidable para envolver el conjunto del módulo. Esta estructura es estanca con goma butílica entre el marco y el módulo. El marco debe tener de fábrica agujeros de fijación para así evitar utilizar máquinas de perforar que puedan dañar el panel fotovoltaico. Una perforación es para la toma de tierra. Giménez (2010).

**Figura 16- Panel fotovoltaico policristalino.**



**Fuente: (Gimenes, 2010)**

Por último, se le añade la caja de conexiones, donde se instalarán los diodos by-pass correspondientes para evitar el efecto “punto caliente”, y donde se incluirá de fábrica los cables de conexión con sus conectores homologados.

El terminal positivo con el símbolo (+), o una marca de color rojo; y el terminal negativo con el símbolo (-), o una marca de color negro.

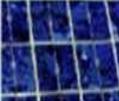
Dependiendo del modelo puede tener una o dos cajas de conexión, con los conductores juntos en una sola, o separados en dos. Giménez (2010).

**2.- Tipos de paneles solares:** Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- a) Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- b) Silicio amorfo.

En la Tabla N° 1, podemos observar las diferencias que existen entre ellos.

**Tabla 1 – Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación.**

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocrystalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: Componentes de una instalación solar fotovoltaica.pdf

### 2.2.1.6 Conexión de módulos fotovoltaicos

La intensidad y la tensión de un módulo fotovoltaico no siempre satisfacen los recursos de tensión e intensidad de un sistema. Es necesario agrupar varios módulos para conseguir valores adecuados, teniendo en cuenta que conectando módulos en serie aumenta la tensión del sistema y conectando módulos en paralelo se aumenta la intensidad de corriente del sistema más características de tensión y de corriente no siempre satisfacen.

Se pueden realizar tres tipos de conexiones en función de las necesidades que se detallan a continuación:

- ✓ Conexión serie para elevar la tensión del generador.
- ✓ Conexión paralela para elevar la intensidad de corriente del generador.
- ✓ Conexión serie/paralela para elevar la tensión y la intensidad de corriente del generador.

**a. Conexión de módulos serie:** Al conectar los paneles en serie, lo que estamos haciendo es conectar un polo positivo de un módulo con el polo negativo del siguiente módulo. Con ello se consigue aumentar la

tensión y mantener el mismo valor de corriente generada (Figura N° 17).

La tensión generada es igual a la suma de todas las tensiones por cada módulo fotovoltaico, o lo que es lo mismo al producto de la tensión de un módulo por el número de módulos fotovoltaicos (ya que se supone que tienen las mismas características).

**Figura 17- Conexión en serie de módulos fotovoltaicos.**

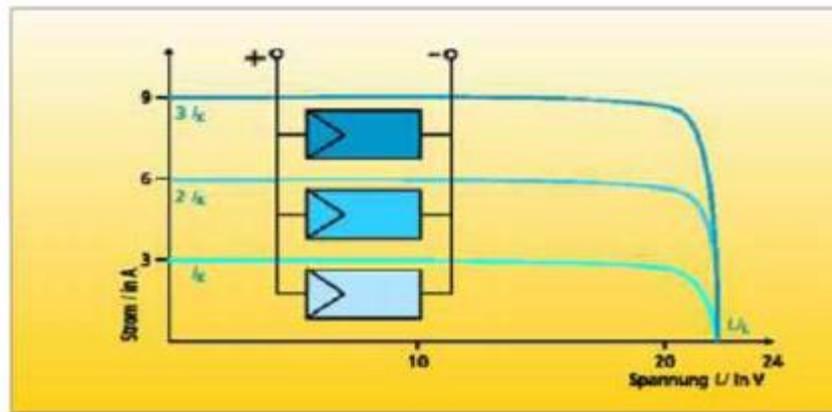


Fuente: (Gimenes, 2010)

**b. Conexión de módulos en paralelo:** Cuando conectamos los paneles en paralelo, lo que estamos haciendo es conectar todos los polos positivos y por separado todos los polos negativos. Con ello conseguimos aumentar la corriente generada (sumar la intensidad eléctrica de los paneles) y mantener fijo el voltaje, tal como se muestra en la Figura N° 18.

La corriente generada es igual a la suma de todas las corrientes generadas por cada módulo, o lo que es lo mismo al producto de la corriente generada por un módulo por el número de módulos (ya que se supone que tienen las mismas características).

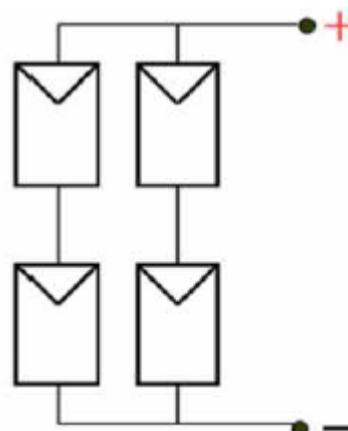
**Figura 18- Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos.**



Fuente: (Gimenes, 2010)

**c. Conexión de módulos en serie/paralelo:** La tensión del generador es la tensión del módulo se obtiene sumando la tensión de los panees solares en serie y la corriente eléctrica se obtiene sumando la corriente eléctrica de cada rama de paneles.

**Figura 19- Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos.**



Fuente: (Gimenes, 2010)

### 2.2.1.7 Montaje de paneles solares

El tipo de estructura depende de las condiciones climáticas, la aplicación y los requerimientos específicos de cada estudio. En nuestro caso, analizaremos si se debe utilizar un seguidor solar o no un sistema fijo.

**1.- Sistema fijo:** El sistema es estacionario y para ello se debe realizar un estudio para determinar la inclinación adecuada. El mantenimiento es mínimo, es la estructura generadora menos eficiente, pero es la más económica.

El sistema fijo tiene mayor duración y casi no requiere mantenimiento.

Debido a que no puede variar la inclinación, se debe considerar la lluvia y efecto de sombras en la elección de la inclinación.

**Figura 20- Estructura fija.**



Fuente: (Valdiviezo Salas 2014)

**2.- Seguidores solares:** Especialmente en cielos despejados, con alto efecto de radiación directa (nubosidad baja), se suele utilizar seguidores solares. Estos incrementan los costos iniciales, ya que se necesitan sistemas de control para modificar la inclinación (seguir al sol), un motor, engranajes y demás elementos mecánicos. Además, se necesitan realizar un mantenimiento a estos equipos mecánicos. Sin embargo, al seguir al sol en su trayectoria, suelen incrementar las potencias generadas. Existen diversos tipos de seguidores solares en la actualidad.

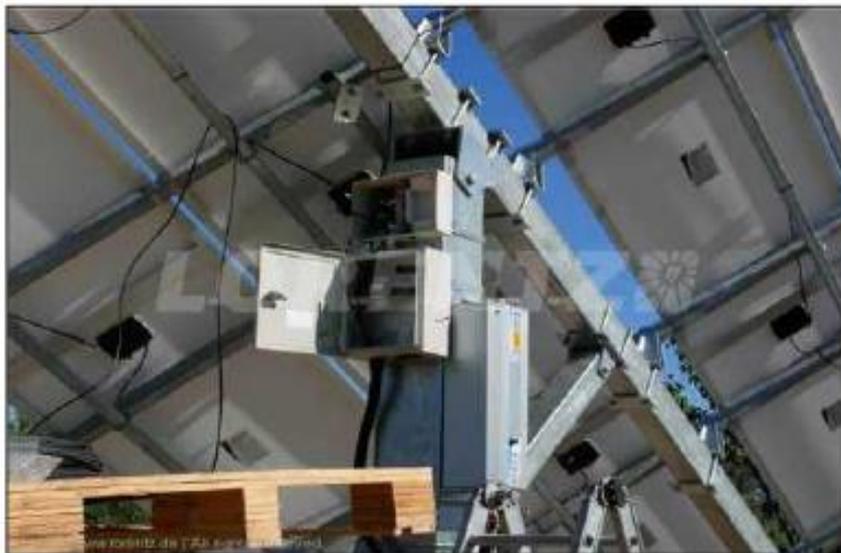
- a. Seguidores de un solo eje: Horizontal, vertical, polar.
- b. Seguidores doble eje

**Figura 21- Instalación de seguidor solar.**



Fuente: (Valdiviezo Salas 2014)

**Figura 22- Detalle de componentes adicionales para seguidor solar.**



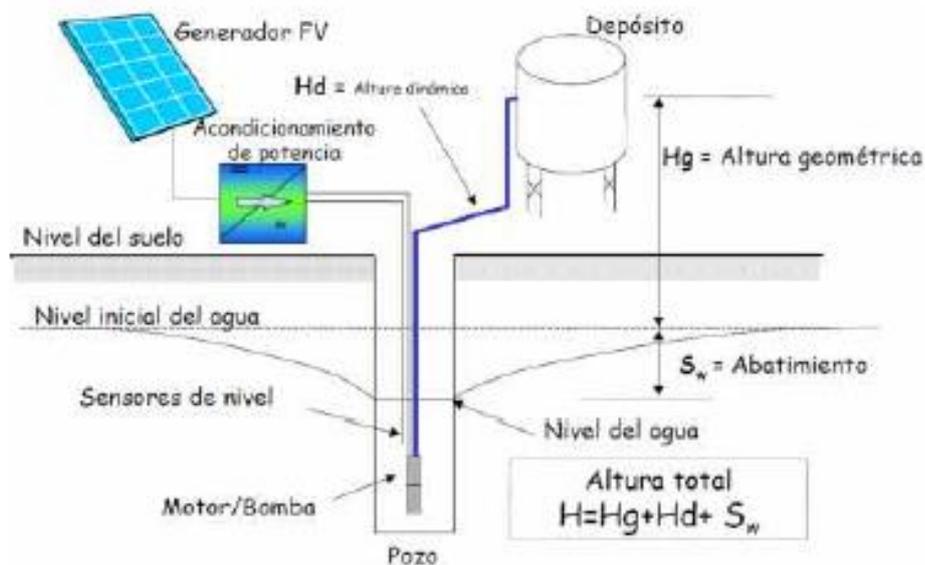
Fuente: (Valdiviezo Salas 2014)

### **2.2.1.8 Sistema de bombeo fotovoltaico**

La instalación de la bomba fotovoltaica consiste principalmente en un generador fotovoltaico, un

motor/bomba, un pozo, una tubería y un tanque acumulador. Se puede disponer de un sistema de acondicionamiento de potencia (controladores DC/DC, inversores DC/AC u otros dispositivos electrónicos) de acople entre el generador FV al motor, para poder operar motores AC o para incrementar el rendimiento medio diario en sistemas con motores DC que accionen bombas de desplazamiento positivo. El sistema ha de estar debidamente instalado y protegido, utilizando sensores de nivel en el pozo y en el depósito de acumulación para evitar el desperdicio del agua y la operación en vacío (Figura N°23). A pesar de que se instalan bombas de superficie o flotantes, la configuración más habitual es un sistema motobomba sumergible instalada en un pozo de sondeo. Alabella & Romero, (2012)

**Figura 23- Bombeo fotovoltaico.**



Fuente: (Alonso Alabella & Chenlo Romero, pág. 7)

Los principales factores que determinan la configuración de un sistema de bombeo fotovoltaico son:

### **Las condiciones hidráulicas:**

a) La profundidad del nivel del agua en el pozo bajo la superficie.

La altura estática de elevación del agua por encima de la Superficie del suelo (por ejemplo, hasta un depósito de almacenamiento).

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

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

De acuerdo con estos factores, se pueden definir varias configuraciones de un sistema de bombeo fotovoltaico: sumergible, flotante, con bomba centrífuga o de desplazamiento positivo, con motor de corriente continua o de corriente alterna, etc.

### **Dimensionado del 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:

- a) Evaluación de la energía hidráulica necesaria
- b) Evaluación de la energía solar disponible
- c) Definición del equipo de bombeo necesario

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 motorbomba y rendimiento energético diario. Una vez determinadas las energías medias mensuales se calcula el balance energético de cada mes para determinar 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 o "mes peor", asegurando un excedente de agua en el resto del año.

Al diseñar un sistema de bombeo hay dos aspectos que se deben tener en cuenta:

La selección de los componentes del sistema es muy importante para proporcionar al sistema bajo mantenimiento, larga vida útil y alta confiabilidad.

El emparejamiento de los componentes de un sistema requiere un alto nivel de conocimiento y experiencia y de ello dependerá el rendimiento final del sistema.

### **Determinación de las necesidades de energía hidráulica:**

**a) Determinación de las necesidades de agua:** En primer lugar, es necesario conocer la cantidad media diaria de agua necesaria para satisfacer las necesidades de la aplicación.

Las diferentes demandas pueden ser:

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

Es muy importante hacer una investigación preliminar sobre la capacidad de la fuente a la que se bombeará y hacer un estudio sobre la variación estacional del agua para determinar el estado de la bomba y la bomba inoperativa. vacío. Por lo general, los interruptores se configuran para cortar la alimentación del motor en caso de que el nivel del agua en el pozo caiga por debajo del nivel de succión de la bomba. Por otro lado, algunas bombas no se pueden colocar con una cabeza demasiado alta (por ejemplo, las bombas Solarjack no pueden operar bajo el agua a profundidades superiores a 30 m.c.a.).

Para seleccionar el sistema adecuado hay que tener en cuenta el tipo de consumo que se va a realizar:

Consumo continuo, al igual que ocurre con el abastecimiento de agua de casas de campo o casas de campo, el consumo de agua puede ser de día o de noche, en invierno o en verano. En este caso, es necesario determinar el requerimiento diario de cada persona y, en su caso, de cada animal que consumirá el agua del sistema y la capacidad del tanque. Para garantizar un suministro constante, se requiere un acumulador que suministre agua durante la noche y los días nublados. Su capacidad se calcula estimando las necesidades diarias y multiplicándolas por el número de días de reserva.

Consumo estacional, como en el caso de los sistemas de riego, en los que las necesidades de agua son aproximadamente proporcionales a la intensidad de la radiación solar, y habitualmente localizadas en el verano. En este caso es necesario conocer las necesidades máximas diarias de agua del cultivo en el que se va a implantar el sistema de riego.

Las necesidades humanas y de animales de granja se pueden estimar multiplicando el consumo diario individual por la población total. Determinar las necesidades de agua para el consumo humano no es sencillo ya que interviene de forma directa el modo de vida de la población a la que va destinado el sistema.

Generalmente se acepta que el consumo medio diario por persona es de 40 litros/persona/día, aumentando a 100 litros/persona/día en ciudades grandes. Alabella & Romero, (2012)

En el caso de animales domésticos su consumo medio estimado se muestra en la tabla N° 2 siguiente:

**Tabla 2 – Consumo estimado para satisfacer las necesidades diarias de agua.**

CONSUMO ESTIMADO DE AGUA PARA ANIMALES	
Tipo de animal	litros/día/animal
Caballo	40
Buey	20
Ganado vacuno	50
Vaca lechera	140
Cerdo	20
Oveja	5
Cabra	5
Aves de corral	0.1

Fuente: (Alonso Abella & Chemlo Romero)

Una vez definidas las necesidades de volumen de agua para cada mes del año se puede calcular la energía hidráulica mensual necesaria mediante la expresión:

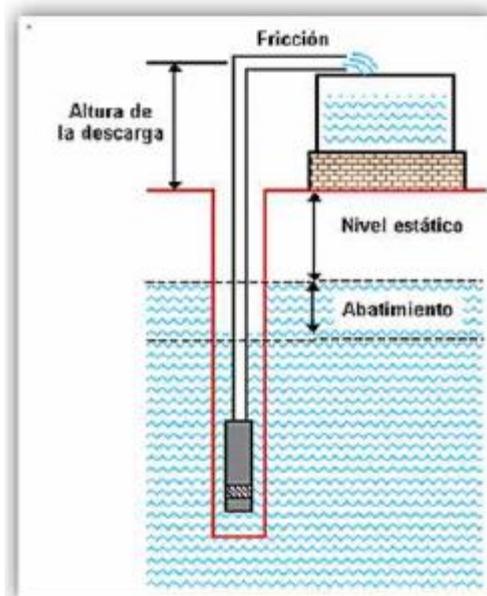
$$E_r = \frac{V_o}{3} \frac{H}{n_{bc}} \dots (7)$$

**b) Determinación de la altura hidráulica de bombeo:**

Antes de determinar el tamaño del sistema de bombeo de agua, es necesario entender los conceptos básicos que describen las condiciones hidráulicas de una obra. El tamaño del sistema está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen diario necesario. Este producto se conoce como ciclo hidráulico. La carga dinámica total es la suma de la carga estática (CE) y la carga dinámica (CD). Paredes (2001).

Carga estática: La primera parte, la carga estática, puede obtenerse con mediciones directas. Se trata de la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel de abatimiento del pozo hasta la altura en que se descarga el agua. La carga estática es entonces la suma del abatimiento, el nivel estático y la altura de descarga. Todos los pozos experimentan el fenómeno de abatimiento cuando se bombea el agua. Es la distancia que baja el nivel del agua debido a la constante extracción de agua. La figura N° 24 muestra estos componentes hidráulicos que forman carga estática. Paredes (2001).

**Figura 24- Componentes hidráulicos de un sistema de bombeo de agua.**



Fuente: (Paredes Rubio 2001).

Carga dinámica (Fricción): La carga dinámica, es el incremento en la presión causado por la resistencia al flujo al agua debido a la rugosidad de las tuberías y componentes como codos y válvulas. Esta rugosidad depende del material usado en la fabricación de las tuberías. Los tubos de acero producen una fricción diferente a la de los tubos de plástico PVC de similar tamaño. Además, el diámetro de los tubos influye en la fricción. Mientras más estrechos mayor resistencia producirá.

Para calcular la carga dinámica, es necesario encontrar la distancia que corre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como el material de la línea de conducción y su diámetro. Con esta información se puede estimar la carga dinámica de varias maneras.

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

Tablas de fricción: Existen tablas publicadas por fabricantes que indican el porcentaje de fricción que debe añadirse en base al caudal, diámetro y material de las tuberías.

Formula de Manning: Este es un método matemático que se puede realizar fácilmente con una calculadora de bolsillo.

### 2.3. Definición de términos

1. **Carga:** Cualquier dispositivo o equipo que requiera una fuente de alimentación. Depende del dispositivo y varía a lo largo del día dependiendo de cómo funcione.
2. **Celda solar o celda fotovoltaica:** El elemento que convierte la luz solar (fotones) en electricidad. Esta es la aportación básica del módulo solar fotovoltaico.
3. **Celdas de película delgada:** Celdas fabricadas de películas del orden de los micrones de material sensible a la radiación solar.
4. **Condiciones de prueba estándar:** Las condiciones bajo las cuales se probó el módulo fotovoltaico en el laboratorio (irradiación solar 1 kWh/m<sup>2</sup>, temperatura de la celda solar 25°C y espectro solar correspondiente con masa de aire de 1,5).
5. **Conexión en paralelo:** Método de conexión en el que todos los terminales positivos y negativos están conectados entre sí. Si todos los

módulos son idénticos, la corriente y el voltaje adicionales seguirán siendo los mismos.

- 6. Conexión en serie:** Método de conexión en el que el terminal positivo de un módulo se conecta al terminal negativo del siguiente módulo, etc. Si todos los módulos son idénticos, la tensión aumentará aún más y la corriente seguirá siendo la misma.
- 7. Consumo eléctrico:** El número de vatios-hora (Wh) o kilovatios-hora (kWh) utilizados para hacer funcionar un aparato eléctrico durante un período de tiempo. Depende de la potencia del dispositivo y del tiempo de funcionamiento.
- 8. Corriente alterna:** En corriente alterna (AC), desde su posición fija en el hilo (centro), oscilan de lado a lado del centro, en el mismo medio o amplitud, con una frecuencia determinada ( $n^{\circ}$  de oscilaciones por segundo).
- 9. Corriente continua:** La corriente directa (en inglés es CC o DC) se genera a partir de una corriente continua (carga negativa) siempre en el mismo sentido, yendo desde el terminal negativo de la fuente al terminal positivo. Cuando los electrones se mueven en esta dirección, los huecos o ausencia de electrones (carga positiva) lo hacen en sentido contrario, es decir, del ánodo hacia el cátodo.
- 10. Corriente de corto circuito:** Corriente que se mide en condiciones de corto circuito en los terminales de un módulo.
- 11. Corriente de máxima potencia:** Corriente correspondiente al punto de máxima potencia.
- 12. Cortocircuito:** Conexión accidental de dos conductores de distinta fase, o de éstos con el neutro.
- 13. Horas de sol pico:** Horas equivalentes a 1 kWh/m<sup>2</sup> de radiación solar generando la misma cantidad de energía solar que en un aislamiento real.

- 14. Instalación eléctrica:** Conjunto de dispositivos y circuitos interconectados, proyectando un destino específico: producción, conversión, transformación, transporte, distribución o uso de energía eléctrica.
- 15. Intensidad eléctrica:** La magnitud eléctrica se define como la cantidad de carga a través de la sección transversal de un conductor en un segundo. Se mide en amperios (A).
- 16. NOCT (Nominal Operation Cell Temperature):** Es la temperatura que alcanza la celda al irradiar  $800 \text{ W/m}^2$  en una atmósfera con aire a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  y moviéndose a una velocidad de  $1 \text{ m/s}$ , cuando la celda está en circuito abierto.
- 17. Tensión eléctrica:** Debe existir una diferencia de potencial eléctrico entre terminales o entre dos partes operativas de una instalación para que la corriente fluya en la instalación. La unidad de medida es el Voltio (V).
- 18. Voltaje de circuito abierto:** Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.
- 19. Voltaje de máxima potencia:** Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.
- 20. Watt pico:** Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, es decir, la cantidad máxima de energía que el módulo puede generar en condiciones estándar de funcionamiento ( $1000 \text{ W/m}^2$ ,  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $1,5$  metros cúbicos de volumen de aire).
- 21. Radiación solar:** Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.
- 22. Irradiancia:** Densidad de potencia de falla superficial o energía de falla superficial por unidad de tiempo y unidad de área. Se mide en  $\text{kW/m}^2$ .

**23. Célula solar o fotovoltaica:** Dispositivo que transforma la energía solar en energía eléctrica.

**24. Módulo fotovoltaico:** Conjunto de celdas solares interconectadas entre si y encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

**25. Rama fotovoltaica:** Subconjunto de módulos fotovoltaicos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión del generador.

**26. Generador fotovoltaico:** Asociación en paralelos de ramas fotovoltaicas.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El diseño de Bombeo Fotovoltaico identificando las características hidráulicas de la fuente de captación, los parámetros y componentes de diseño hidráulico de la capacidad instalada, entonces se optimizará el Abastecimiento de Agua Potable en Huancán, Huancayo.

### **2.4.2. Hipótesis específicos**

a) El diseño de Bombeo Fotovoltaico permite optimizar la cantidad de agua en el abastecimiento del Agua Potable en el Distrito Huancán.

b) El diseño de Bombeo Fotovoltaico permite optimizar la calidad de agua en el abastecimiento del Agua Potable en el Distrito Huancán.

## 2.5. Variables

### 2.5.1. Definición conceptual de la variable

Se define variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

**X = Diseño de bombeo fotovoltaico.**

**Definición:** El diseño de bombeo fotovoltaico tiene como objeto elevar la presión del fluido térmico para vencer la resistencia que opondrá el circuito a su circulación.

**Y = Optimizar el abastecimiento de agua potable.**

**Definición:** Flujo necesario óptimo para que mediante una red de tuberías abastezca agua potable a los hogares.

### 2.5.2. Definición operacional de la variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

**Tabla 3 – Variables de investigación.**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>
Diseño de bombeo fotovoltaico	Optimizar el abastecimiento de agua potable

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.5.3. Operacionalización de la Variable

**Tabla 4 – Operacionalización de las variables.**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES (FACTORES)	INDICADORES (DEFINICION CONCEPTUAL)
Diseño de bombeo fotovoltaico	El sistema de bombeo tiene como objeto elevar la presión del fluido térmico para vencer la resistencia que opondrá el circuito a su circulación.	Irradiación solar. Potencia de la bomba. Tuberías y accesorios de calidad.	Irradiación y potencial solar. Potencia, caudal y velocidad. Perdidas, Numero de Reynolds, diámetro, cantidad de accesorios.
Optimizar el abastecimiento de agua potable	Flujo necesario óptimo para que mediante una red de tuberías abastezca agua potable a los hogares.	Elevación del agua al tanque de almacenamiento. Sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua.	Carga de bomba para alcance de altura. Identificación de tuberías y accesorios necesarios en el sistema.

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método general de investigación que se empleó fue el método científico. Según Ander (1984), “El estudio del método científico es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra “método” ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos”.

Así mismo, se usó el método analítico cuantitativo para el cálculo de las diferentes mediciones y el cualitativo para la descripción de los datos que son susceptibles a la interpretación por ser datos categoriales y que se someterán a un análisis estadístico, es decir a analizar y evaluar cada una de las hipótesis planteadas.

#### **3.2. Tipo de Investigación**

El presente método ofrece una diversidad de caminos en el campo de la investigación y brinda herramientas que permiten comprender a los actores de su realidad integrado de facticidad objetiva y significados objetivos es por eso que se cuenta con los puntos de vista de los vendedores y procedimientos en cuanto a cómo manejan los residuos sólidos; para tratar de identificar la naturaleza profunda de la realidad, sus capacidades, sus relaciones y compromiso con el ambiente de la plaza en especial; donde pasan la mayor parte del día. Bonilla & Rodríguez (1997).

En función a los propósitos de la investigación fue del tipo aplicada Según Sierra (2002) menciona: “el tipo de estudio de la presente investigación es la aplicada y/o tecnológica porque “en éstos estudios se deben determinar y definir previamente las variables, luego se formulan hipótesis, los mismos que deben probarse por métodos estadísticos, trabajándose con muestras representativas y llegando al final a las conclusiones”. Por su Finalidad: Aplicada, Por su Alcance Temporal: Longitudinal, Por su Profundidad: Explicativa, Por su Amplitud: Micro sociológica, Por sus Fuentes: Primarias,

Por su Carácter: Cuantitativo, Por su Naturaleza: Experimental. Por los Estudios: Evaluativa, Por su Objeto Social: Investigación Disciplinar - Institucional.

### **3.3. Nivel de investigación**

Basados en los criterios y según el tipo de estudio y la estrategia de investigación, el nivel de investigación fue descriptivo - explicativo, porque es un estudio en el cual se explican las causas de los hechos o fenómenos educativos como es la aplicación de las técnicas ingenieriles para el diseño y construcción de obras civiles.

### **3.4. Diseño de investigación**

El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea. En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza su o sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencia respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no se tienen hipótesis).

El diseño de la investigación según su intención de los objetivos fue no experimental.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Estuvo conformado por toda la población beneficiaria (1435 habitantes) del distrito de Huancan, de la provincia de Huancayo – región Junín

#### **3.5.2. Muestra**

Se tomó la muestra donde se ejecutó el trabajo de investigación, que son la población beneficiaria (1435 habitantes) del Distrito de Huancan – provincia de Huancayo– región Junín.

**Criterios de Inclusión:** Son toda la población beneficiaría del distrito de Huancan – provincia Huancayo – región Junín que realizan éste tipo de obras en la Optimización del Agua Potable con

el diseño de Bombeo Fotovoltaico y obras relacionados con el Abastecimiento del Agua Potable.

**Criterios de Exclusión:** Son toda la población beneficiaría directamente es del distrito de Huancan – provincia Huancayo – región Junín esto puede ser tomado como comparativo para los diferentes sectores que tiene el recurso hídrico(agua) para un mejor aprovechamiento.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la elaboración del trabajo de investigación se tuvo en cuenta lo siguiente:

**Fuentes de información:** Las fuentes de información fueron fuentes primarias (del lugar Huancan), proporcionado por los pobladores el desabastecimiento del Agua Potable en épocas de invierno y verano.

**Técnicas:** En primer lugar, se tuvo en cuenta el análisis documental, donde se considerará las fichas bibliográficas, de resumen, de párrafo; que nos sirvieron para estructurar el marco teórico referencial y conceptual de la presente investigación.

Según Suarez (1998), sostiene que el fichaje “consiste en registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas, las cuales debidamente elaboradas y ordenadas contienen la mayor parte de la información que se recopila en una investigación”.

Según Ary (1993), “las fichas deben cumplir una serie de requisitos formales que tienen como objetivo, facilitar su utilización posterior”. Asimismo, se considerará las no documentadas como son las: encuestas y la observación propiamente dicha, las cuales se elaboraron teniendo en cuenta los criterios de confiabilidad y validez del mismo.

Según Sierra (1995), el instrumento cuestionario de encuesta es “un conjunto de preguntas, preparados cuidadosamente sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación sociológica para su

contestación por la población o su muestra a que se extiende el estudio emprendido”.

Método de Delphi: Cuya característica consiste en permitir la posibilidad de obtener consenso sobre tópicos especiales de discusión establecidos en una agenda determinada, a través de un instrumento de recolección de datos o información.

**Instrumentos:** Ficha de observación, encuestas, cuestionarios, entre otros. Se ha diseñado un instrumento de evaluación para éste caso particular y se denomina “ficha de observación”, el cuál será validado por expertos en el tema de elaboración de instrumentos técnicos, dicho instrumento captará la información del desabastecimiento del Agua Potable en el distrito de Huancan – provincia Huancayo – región Junín.

**a) Validez y confiabilidad de la investigación y los instrumentos empleados:** Los resultados fueron válidos para el análisis de los datos aplicado en dicho trabajo de investigación. El nivel de confianza es un 90%, Con un error de 10%.

**b) Validez de los instrumentos:** La validez de los instrumentos se realizó mediante el juicio de 05 expertos.

**c) Confiabilidad del instrumento:** Para su confiabilidad se utilizó la confiabilidad de alfa de Cronbach este coeficiente mide la homogeneidad de los ítems de la encuesta.

### 3.7. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información, se tuvo en cuenta lo siguiente programas:

**Microsoft Excel:** Para exportar cuadros y datos estadísticos de los resultados y datos obtenidos.

**Microsoft Word:** Para la elaboración de la parte descriptiva de las fichas de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en campo.

**AutoCAD:** Para establecer la localización, delimitación, puntos de investigación y área de influencia del trabajo de investigación.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

Se utilizó la tabla de frecuencias los que servirán para, ordenar, graficar los datos obtenidos a fin de realizar las interpretaciones, en estos cuadros se analizará básicamente se utilizarán las medidas de tendencia desde la estadística inferencial.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados específicos

##### A) Cantidad de agua potable con el diseño de bombeo fotovoltaico:

###### 1.- Situación de la demanda poblacional:

**Población actual:** Llamado también población de referencia. Se calcula la población actual del área a intervenir a partir del plano de catastro del Distrito de Huancan, donde en el área de estudio existen 600 viviendas y se adopta la densidad por vivienda basado en el Reglamento Nacional de Construcciones. El valor de la densidad es de 6 hab/viv<sup>2</sup>.

También se presentan los valores correspondientes a la población demandante potencial y a la población demandante efectiva.

La población demandante potencial se refiere a los pobladores que no poseen el servicio de agua potable, se calculara a partir de la diferencia de la población de referencia y la población que posee el servicio.

La población demandante efectiva se refiere a los pobladores que solicitan el servicio que en este caso son todos los empadronados por la J.A.A.P. del Distrito de Huancan, que vienen a ser 444 viviendas que son beneficiadas con el servicio de Agua Potable.

**Tabla 5 – Cuadro de resumen de la población.**

	N° VIVIENDAS	POBLACION
POBLACION DE REFERENCIA	600.00	3,600.00
POBLACION DEMANDANTE POTENCIAL	156.00	936.00
POBLACION DEMANDANTE EFECTIVA	444.00	2,664.00

Fuente: Elaboración propia.

**Tasa de crecimiento de la población:** Para la tasa de crecimiento de Distrito de Huancan, se tendrá en cuenta los datos que se posee de los dos últimos censos realizados por el INEI.

La tasa de crecimiento anual se halla con la siguiente formula:

$$T. C. Anual = \left[ \left( \frac{Poblacion\ en\ el\ año\ n}{Poblacion\ en\ el\ año\ m} \right)^{\frac{1}{n-m}} \right] - 1; n > m$$

Aplicamos la formula teniendo como:

**Población en el año n:** La población censada el año 2007.

**Población en el año m:** La población censada el año 1993.

Y reemplazando tales valores en la formula obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 6 – Datos del censo 1993.**

LUGAR	POBLACION		
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
DISTRITO HUANCAN	3,334.00	1,674.00	1,660.00

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7 – Datos del censo 2007.**

LUGAR	POBLACION		
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
DISTRITO HUANCAN	4,998.00	2,817.00	2,181.00

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8 – Procesamiento de datos, tasa de crecimiento.**

	LOCALIDAD	TOTAL POBLACION CENSADA
CENSO 1993	Distrito Huancan	3,334.00
CENSO 2007	Distrito Huancan	4,998.00
	TASA DE CRECIMIENTO Huancan	<b>2.934%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, la tasa de crecimiento anual del Distrito de Huancan es de 2.934% lo cual se aplicará en las proyecciones correspondientes.

**Demanda en línea de conducción:** Para determinar la demanda en la línea de conducción se procedió a realizar el cálculo respectivo con la población del año 2019 y 2020, obteniéndose la demanda de caudal que tiene que llegar al reservorio.

**Tabla 9 – Demanda de caudal en línea de conducción.**

AÑO	POBLACION	DEMANDA MAXIMA DIARIA (Its/seg)
2019	2,664	9.0
2020	2,742	9.3

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, la demanda actual de la línea de conducción es de 9.30 LPS.

**Demanda de almacenamiento en reservorio:** Para determinar la demanda de almacenamiento del reservorio se procedió a realizar el cálculo respectivo con la población del año 2019 - 2020, y de acuerdo a la demanda máxima diaria, obteniéndose la demanda de almacenamiento de reservorio.

**Tabla 10 – Demanda de almacenamiento del reservorio.**

AÑO	POBLACION	DEMANDA MAXIMA DIARIA (Its/seg)	DEMANDA DE VOLUMEN DE ALMACENIEN TO(m3/día)	DEMANDA DE PRODUCCION DE AGUA(m3/año)
2019	2,664	9.0	149.90	218,781.0
2020	2,742	9.3	154.20	225,186.8

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, la demanda de almacenamiento es de 154.20 m3/día.

**Demanda en línea de aducción:** Para determinar la demanda en la línea de aducción se procedió a realizar el cálculo respectivo con la población del año 2019 y 2020, obteniéndose la demanda de caudal que tiene que llegar al reservorio.

**Tabla 11 – Demanda de actual en línea de aducción.**

<b>AÑO</b>	<b>POBLACION</b>	<b>DEMANDA MAXIMA HORARIA (Its/seg)</b>
<b>2019</b>	2,664	13.90
<b>2020</b>	2,742	14.30

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, la demanda actual de la línea de aducción es de 14.30 LPS.

**Tabla 12 – Detalle de la demanda del sistema de abastecimiento de agua potable del distrito de Huancan.**

DETALLE DE LA DEMANDA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE HUANCAN																		
DENSIDAD POBLACIONAL		6	hab/viv.	COEF. DE DEMANDA DIARIA		1.3												
N°DE VIV. SERVIDAS(0)		444	viv.	COEF. DE DEMANDA HORARIA		2												
TASA DE CREC. ANUAL		2.934%		PERDIDAS FISICAS		20%												
DOT.AGUA DOMESTICO		180	lt/hab/dia - RNE	VOL.DE REGULACION		0.25												
AÑO	POBLACION	COBERTURA DE CONEXIONES	POBLACION SERVIDA	CONEXIONES DOMESTICAS			CONSUMO DE AGUA (lts/día)					DEMANDA DE PRODUCCION DE AGUA			DEMANDA MAXIMA DIARIA (l/s)	DEMANDA MAXIMA HORARIA	DEMANDA DE VOLUMEN DE ALMACEN(m <sup>3</sup> /día)	
				DOMESTICO	COMERCIAL	ESTATAL	TOTAL	DOMESTICO	COMERCIAL	ESTATAL	TOTAL (lt/día)	TOTAL (lt/s)	lts/seg	lt/día				m3/año
2019	2664	100.0%	2664	444	0	0	444	479520	0	0	479520	5.55	6.94	599400.00	218781	9.02	13.9	149.85
2020	2742	97.2%	2664	457	0	0	457	493560	0	0	493560	5.71	7.14	616950.00	225187	9.28	14.3	154.24
2021	2823	94.4%	2664	471	0	0	471	508140	0	0	508140	5.88	7.35	635175.00	231839	9.56	14.7	158.79
2022	2905	91.7%	2664	484	0	0	484	522900	0	0	522900	6.05	7.57	653625.00	238573	9.83	15.1	163.41
2023	2991	89.1%	2664	499	0	0	499	538380	0	0	538380	6.23	7.79	672975.00	245636	10.13	15.6	168.24
2024	3078	86.5%	2664	513	0	0	513	554040	0	0	554040	6.41	8.02	692550.00	252781	10.42	16.0	173.14
2025	3169	84.1%	2664	528	0	0	528	570420	0	0	570420	6.60	8.25	713025.00	260254	10.73	16.5	178.26
2026	3262	81.7%	2664	544	0	0	544	587160	0	0	587160	6.80	8.49	733950.00	267892	11.04	17.0	183.49
2027	3357	79.4%	2664	560	0	0	560	604260	0	0	604260	6.99	8.74	755325.00	275694	11.36	17.5	188.83
2028	3456	77.1%	2664	576	0	0	576	622080	0	0	622080	7.20	9.00	777600.00	283824	11.70	18.0	194.40
2029	3557	74.9%	2664	593	0	0	593	640260	0	0	640260	7.41	9.26	800325.00	292119	12.04	18.5	200.08

2030	3662	72.7%	2664	610	0	0	610	659160	0	0	659160	7.63	9.54	823950.00	300742	12.40	19.1	205.99
2031	3769	70.7%	2664	628	0	0	628	678420	0	0	678420	7.85	9.82	848025.00	309529	12.76	19.6	212.01
2032	3880	68.7%	2664	647	0	0	647	698400	0	0	698400	8.08	10.10	873000.00	318645	13.14	20.2	218.25
2033	3994	66.7%	2664	666	0	0	666	718920	0	0	718920	8.32	10.40	898650.00	328007	13.52	20.8	224.66
2034	4111	64.8%	2664	685	0	0	685	739980	0	0	739980	8.56	10.71	924975.00	337616	13.92	21.4	231.24
2035	4231	63.0%	2664	705	0	0	705	761580	0	0	761580	8.81	11.02	951975.00	347471	14.32	22.0	237.99
2036	4355	61.2%	2664	726	0	0	726	783900	0	0	783900	9.07	11.34	979875.00	357654	14.74	22.7	244.97
2037	4483	59.4%	2664	747	0	0	747	806940	0	0	806940	9.34	11.67	1008675.00	368166	15.18	23.3	252.17
2038	4615	57.7%	2664	769	0	0	769	830700	0	0	830700	9.61	12.02	1038375.00	379007	15.62	24.0	259.59
2039	4750	56.1%	2664	792	0	0	792	855000	0	0	855000	9.90	12.37	1068750.00	390094	16.08	24.7	267.19

Fuente: Elaboración propia.

**2.- Situación actual del sistema de abastecimiento de agua potable:** Actualmente el Distrito de Huancan se abastece de agua potable mediante un sistema de bombeo, el cual trabaja cuatro (04) horas por día, este sistema de bombeo logra impulsar un caudal de 40 lts/seg hacia el reservorio cuya capacidad es de 800 m<sup>3</sup>, esta unidad hidráulica (reservorio) distribuye 600 m<sup>3</sup> de agua en un periodo de ocho (08) horas por día.

**3.- Situación actual de la dotación de la fuente de agua:** Actualmente el Distrito de Huancan presenta una dotación de agua en su fuente de captación, tal como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 13 – Aforo de las fuentes de captación.**

<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Promedio</b>
Aforo de fuentes durante tres meses y cada fin de semana por elección intencional.	Fuente A	30 l/s
	Fuente B	20 l/s
	Fuente C	40 l/s
	<b>TOTAL</b>	<b>90 l/s</b>

Fuente: Elaboración propia.

**B) Calidad de agua potable con el diseño de bombeo fotovoltaico:**

**1.- Parámetros de calidad de agua:** Se exponen los resultados y se evalúan de manera individual los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos del agua potable del Distrito de Huancan, llevado a cabo por el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**1.1.- Parámetros físicos:** Las características de los parámetros físicos, tales como: pH, turbiedad, conductividad y los sólidos totales disueltos, se presentan a continuación:

- **Potencial de hidrogeno:** El pH medio del agua del Distrito de Huancan es de 7.0, según este parámetro el agua es apta para el consumo humano con un tratamiento simple, ya que presenta un

pH dentro del límite permisible definido entre 6.5 a 8.5, para calidad de agua clase 1.

Este parámetro juega un papel importante en determinados procesos químicos, como por ejemplo en la desinfección del agua con cloro. Las reacciones de cloro solo tienen lugar cuando el pH tiene un valor entre 5.5 y 9.5. este tratamiento requiere regular el pH tal que predomine el HClO, ya que existe una teoría ampliamente aceptada de que este es el ingrediente activo que actúa eficazmente en la inactivación de los microorganismos patógenos. (Chapman, 1996)

- **Turbiedad:** La turbiedad media que presenta la muestra de agua del Distrito de Huancan es 0.70, según este parámetro el agua es apta para el consumo humano con un tratamiento simple, ya que está por debajo del límite máximo permisible definido por <5 UNT, para una calidad de agua clase 1.
- **Conductividad eléctrica:** La conductividad eléctrica media que presenta la muestra de agua del Distrito de Huancan es de 1.0 uS/cm, este parámetro resulta aceptable, ya que se encuentra muy por debajo del límite máximo permisible que es de 1,500 uS/cm, por lo tanto, no existe evidencias de niveles de salinización de la muestra de agua.
- **Sólidos totales disueltos:** La concentración media de solidos totales disueltos que presenta la muestra de agua del Distrito de Huancan es de 4.0mg/Lt, según este parámetro, el agua que bebe la población de Huancan es la adecuada para el consumo humano con tratamiento simple, ya que está por debajo del límite máximo permisible definido por 1,000 mg/Lt, para una calidad de agua clase 1.

**1.2.- Parámetros químicos:** A continuación, se analizan y discuten los resultados de los parámetros indicadores químicos, los cuales son

elementos o compuestos, que dependiendo de las condiciones del agua pueden llegar a convertirse en contaminantes y afectar la calidad del agua.

- **Cloruros:** La concentración media de cloruro que presenta la muestra de agua del Distrito de Huancan es de 1.0 mg/Lt, según este parámetro, el agua es apta para el consumo humano con tratamiento simple, ya que presenta un contenido por debajo del límite máximo permisible definido por 250 mg/Lt, para una calidad de agua clase 1.
- **Sulfatos:** La concentración media de sulfato que presenta la muestra de agua del Distrito de Huancan es de 1.0 mg/Lt, según este parámetro, el agua es apta para el consumo humano con tratamiento simple, ya que presenta un contenido por debajo del límite máximo permisible definido por 250 mg/Lt, para una calidad de agua clase 1.
- **Dureza total:** Esta es una propiedad química del agua determinada por el contenido de sales de carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato y, a veces, nitrato de calcio y magnesio.

La dureza es indeseable en algunos procesos, como el lavado doméstico e industrial, lo que resulta en un mayor consumo de jabón debido a la generación de sales insolubles. Además, imparte un sabor indeseable al agua potable, una gran cantidad de dureza es indeseable por las razones mencionadas anteriormente y debe eliminarse antes de usar el agua. La concentración media de dureza total que presenta la muestra de agua del Distrito de Huancan es de 4.0 mg/Lt, según este parámetro, el agua es apta para el consumo humano con tratamiento simple, ya que presenta un contenido por debajo del límite máximo permisible definido por 500 mg/Lt, para una calidad de agua clase 1.

**1.3.- Parámetros bacteriológicos:** El agua es un elemento transmisor que a través de la bebida, baños y alimentos puede incorporar al ser humano aquellos gérmenes patógenos procedentes de la vía intestinal (Custodio y Díaz, 2001). Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia que son un riesgo para la salud pública. Los parámetros bacteriológicos de los grupos coliformes, *Escherichia coli* y *Salmonella* son indicadores de contaminación fecal.

- **Coliformes fecales:** La cantidad de coliformes fecales encontradas en la muestra de agua del Distrito de Huancan es nula, por lo que el agua es apta para el consumo humano con tratamiento simple, ya que clasifican de calidad de agua clase 1.

**C) Consideraciones para el diseño de bombeo fotovoltaico:**

**1.- Cálculo de la potencia de electrobomba:** La demanda diaria se divide entre la insolación, utilizando los datos del lugar geográfico.

**Tabla 14 – Tabla de régimen de bombeo por radiación de la zona.**

MESES	INSOLACIÓN DE LA ZONA EN HPS/DÍA	DEMANDA DIARIA DE AGUA (M3/DÍA)	DEMANDA DIARIA DE AGUA (L/DÍA)	REGIMEN DE BOMBEO (L/DÍA)	REGIMEN DE BOMBEO (M3/SEG)
ENERO	4.43	30	30000	6772.0	0.0019
FEBRERO	4.22	30	30000	7109.0	0.0020
MARZO	4.1	30	30000	7317.1	0.0020
ABRIL	4.27	30	30000	7025.8	0.0020
MAYO	4.42	30	30000	6787.3	0.0019
JUNIO	4.42	30	30000	6787.3	0.0019
JULIO	4.84	30	30000	6198.3	0.0017
AGOSTO	5.11	30	30000	5870.8	0.0016
SETIEMBRE	4.97	30	30000	6036.2	0.0017
OCTUBRE	4.97	30	30000	6036.2	0.0017
NOVIEMBRE	4.77	30	30000	6289.3	0.0017
DICIEMBRE	4.68	30	30000	6410.3	0.0018

Fuente: Elaboración propia.

**2.- Dimensionamiento de la bomba:** Se desarrolla en base a los cálculos hidráulicos e irradiación del lugar en estudio, por lo que se sobredimensiona la bomba para cubrir los días de menor irradiación y de esta manera poder abastecer la cantidad necesaria diaria para el sistema de bombeo de agua.

**Tabla 15 – Características de la bomba.**

Fabricante	PEDROLLO
Parte n. °	4SR75G/30
Descripción	electrobomba sumergible 4" 4SR75G/30
Potencia P2 de la bomba	2200 W (3Hp)
Velocidad mínima del motor para el flujo @H = 31.2 m	2210 RPM

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 16 – Datos de prestaciones de la bomba.**

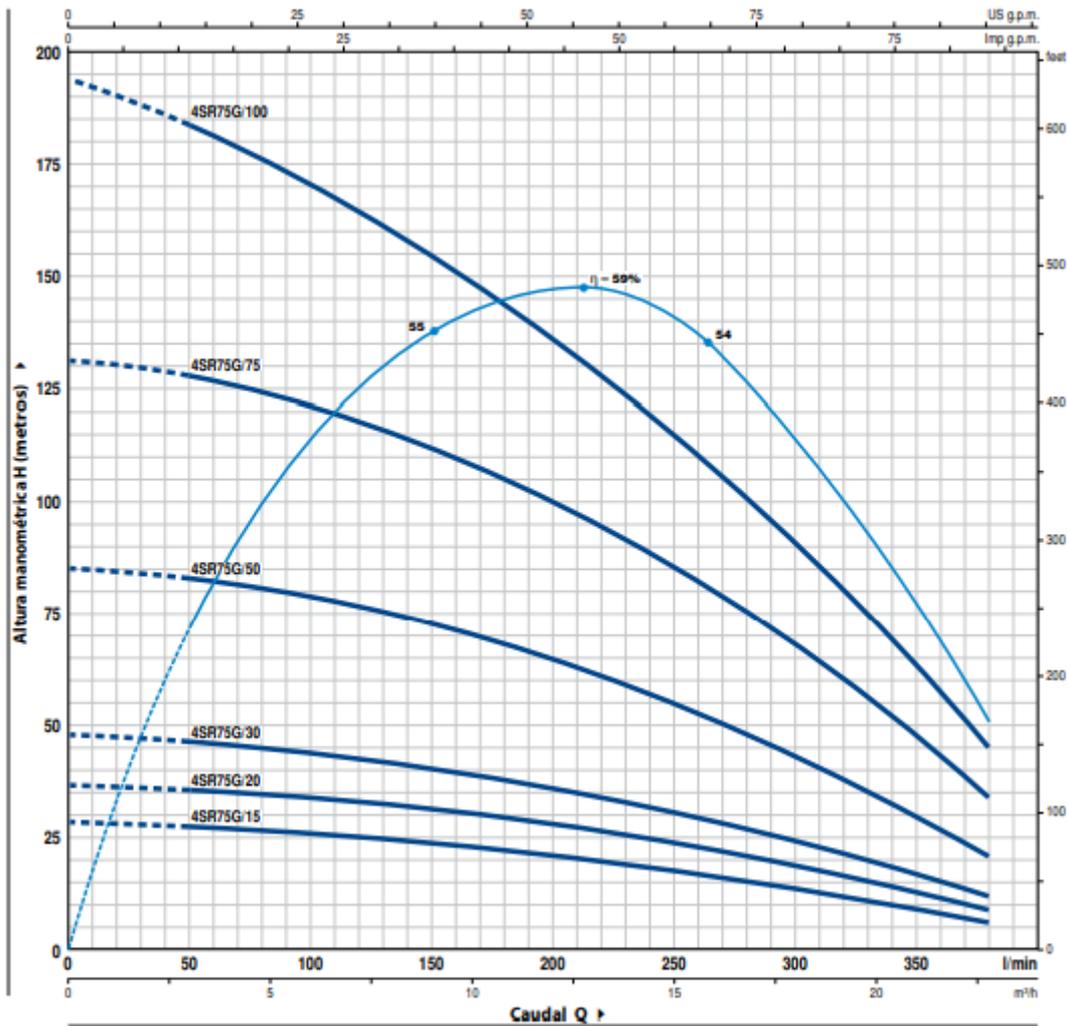
MODELO		POTENCIA (P <sub>2</sub> )		Q	H										
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m <sup>3</sup> /h	0	3.0	6.0	9.0	12.0	15.0	18.0	21.0	22.8	
4SR75Gm/15	4SR75G/15	1.1	1.5	l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	380		
4SR75Gm/20	4SR75G/20	1.5	2	H metros	28	27	25.5	23.5	21	18	14	9	6		
4SR75Gm/30	4SR75G/30	2.2	3		36	36	34	32	28	23	18	12.5	9		
-	4SR75G/50	3.7	5		47	46	44	40	35	30	22.5	17	12		
-	4SR75G/75	5.5	7.5		85	83	79	72	64.5	54	42	28.5	21		
-	4SR75G/100	7.5	10		130	127	122	113	102	85	66	46	34		
-	-	-	-		192	185	173	156	135	112	87	61	46		

Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

Fuente: Catalogo bombas pedrollo.

**Figura 25- Curva de la bomba seleccionada.**



Fuente: Catalogo bombas pedrollo.

**3.- Selección de módulos fotovoltaicos:** Dentro del mercado de módulos fotovoltaicos, se puede encontrar una variedad de alternativas al momento de elegir el módulo fotovoltaico para el funcionamiento del bombeo; tal es así, que se puede contar con módulos desde 5, 10, 50, 100, 120, 150, 200, 250, 265, 300 y 320Wp.

Se puede optar por paneles poli cristal y mono cristal, en anteriores años la diferencia de la eficiencia de cada uno oscilaba entre el 5 a 10%, en la actualidad esa diferencia ya ha sido eliminada, razón por lo cual se puede optar por paneles poli cristalinos por lo que son más comerciales y de menor costo.

**Comparativo de selección del módulo más eficiente y favorable en la instalación:**

- Cantidad de Módulos conectados en Paralelo: Se calcula a partir de la corriente ajustada del trabajo de investigación entre la corriente máxima potencia del módulo FV.
- Cantidad de Módulos conectados en Serie: Se calcula a partir de tensión del sistema entre la tensión máxima potencia del módulo FV.
- Cantidad Total de Módulos: Se calcula a partir del producto de módulos conectados en serie y paralelo.

**Tabla 17 – Cuadro comparativo de paneles fotovoltaicos.**

Características	Módulo 270Wp	Módulo 320Wp	Módulo 200Wp
Vmp	31.7	37.4	24.81
Voc	38.8	46.4	29.59
Imp	8.52	8.56	8.09
Isc	9.09	9.05	8.63
<b>Módulo en Paralelo</b>	<b>7.25</b>	<b>7.22</b>	<b>7.63</b>
<b>Módulo en Serie</b>	<b>18.93</b>	<b>16.04</b>	<b>24.18</b>
Wp Panel	270	320	200
Módulo en Paralelo real	7.00	7.00	8.00
Módulo en Serie real	19.00	16.00	24.00
<b>Total de módulos</b>	<b>399</b>	<b>336</b>	<b>552</b>
Largo	1.65	1.956	1.495
Ancho	0.99	0.99	0.99

Características	Módulo 270Wp	Módulo 320Wp	Módulo 200Wp
Area Unit. Panel m <sup>2</sup>	1.63	1.94	1.48
Wp	107730	107520	110400
Area Panel Total	651.7665	650.64384	816.9876
Costo por W ( \$ )	1.15	1.15	1.15
	<b>123889.50</b>	<b>123648.00</b>	<b>126960.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 18 – Paneles solares.**

Paneles solares	
Fabricante	Amerisolar
Parte n. °	Amerisolar 330
Descripción	Panel fotovoltaico Polycristalino
Wp	330 Wp
Vmp	37.3 V
Voc	45.9 V
Imp	8.85 A
Cuerdas (string)	1
Paneles por cuerda	15
Total de paneles	15
Potencia total fotovoltaica	4950 W

Fuente: Elaboración propia.

Una de las ventajas de desarrollar un sistema de bombeo solar es reemplazar la bomba diesel, aunque el desarrollo de la investigación en esta tesis está dirigida al distrito de Huancán, la aplicación de este trabajo de investigación ayudará a reemplazar las bombas diesel, que emiten gases de efecto invernadero. gases por su acción. Es más caro usar bombas diesel en zonas aisladas, aquí se tiene una tabla comparativa desde el punto de vista económico:

**Tabla 19 – Cotización del sistema de bombeo de agua con energía solar.**

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	V.UNIT (USD)	V.V.PARCIAL (USD)
1	Panel Policristalino 330Wp 24Vdc AMERISOLAR	15	Und.	USD 214.12	USD 3,211.80
2	Estructura para 15 paneles fotovoltaicos de 330Wp	1	Glb.	USD 2,475.00	USD 2,475.00
3	PEDROLLO 4SR75G/30 - 3.0 HP. Ø 2" 3~60 HZ.	1	Und.	USD 716.00	USD 716.00
4	VARIADOR DE FRECUENCIA VASCO SOLAR 412 PARA 4 Kw. 3~60HZ.	1	Und.	USD 2,548.00	USD 2,548.00
5	Accesorios instalación electrica	1	Glb.	USD 2,700.00	USD 2,700.00
6	Costos Mano de Obra instalación electrica	1	Glb.	USD 4,136.00	USD 4,136.00
				<b>TOTAL (USD)</b>	<b>USD 15,786.80</b>

Fuente: Cotización de la empresa Energía Innovadora.

**Tabla 20 – Cotización del sistema de bombeo de agua con energía solar.**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>TIEMPO DE VIDA</b>	<b>GARANTIA</b>
1	Bomba Pedrollo	>15 años	2 año
2	Controlador	>10 años	2 año
3	Tablero eléctrico	>10 años	2 año
4	Panel fotovoltaico	>25 años	10 años

Fuente: Cotización de la empresa Energía Innovadora.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de resultados específicos

- A. De la cantidad de agua potable:** Fue necesario conocer el volumen de agua para satisfacer la demanda de la población de Huancan.

Obtenidos el caudal de la fuente que es de 90 lts/seg (tabla N°13 – aforo de las fuentes de captación), por lo que, se decide que, si es factible hidráulicamente la propuesta de diseño del sistema de bombeo utilizando paneles solares, debido a que se tiene un caudal de fuente mucho mayor al caudal que se requiere para abastecer a toda la población de Huancan.

Energéticamente si es factible la propuesta de diseño del sistema de bombeo utilizando paneles solares, debido a que la media de datos de horas sol al día es de 6.22 en el distrito de Huancan.

Para el cálculo del caudal de bombeo, se tiene los datos de promedio de 6.22 horas de sol al día en el distrito de Huancan, por lo que, se puede realizar el bombeo de agua durante 6 horas diarias.

A partir de los resultados obtenidos, se da por aceptado el planteamiento de la hipótesis que indica que; “el diseño de bombeo fotovoltaico permite optimizar la cantidad de agua en el abastecimiento de agua potable en el distrito de Huancan”, por lo que, se determina que, si es factible energética e hidráulicamente el diseño del sistema de bombeo fotovoltaico, en cuanto se tiene la disponibilidad hídrica y disposición solar adecuada. Esta afirmación contrasta con la conclusión de la tesis de Guevara (2016), donde señala que el sistema de agua potable por bombeo con tratamiento, permite el abastecimiento de agua potable las 24 horas del día a la población y brindar un servicio de agua potable con óptimas condiciones de salubridad y apta para el consumo humano, así mismo

señala también que el sistema de bombeo mediante energía solar fotovoltaica, cuenta con un funcionamiento autosostenible y que no requiere de mantenimiento constante, siendo un sistema ideal para la comunidad de Ganimedes.

- B. De la calidad de agua potable:** Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), (2008) el agua potable es aquella que no representa un riesgo significativo para la salud cuando se consume a lo largo de la vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que puede presentar una persona en diferentes regiones. diferentes etapas de la vida.

El agua tiene propiedades variables que la hacen diferente dependiendo de dónde y cómo se formó, estas características se pueden medir y clasificar según las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua. Son estas cosas las que determinarán su calidad y lo harán adecuado para un determinado uso. La Dirección de Salud Ambiental [DIGESA], (2011) en su Reglamento sobre la Calidad del Agua para Uso Humano establece los parámetros clave que, por sus valores, determinan si el agua es de calidad adecuada para un uso determinado o no.

De manera similar, según la OMS (2008), existe una amplia gama de componentes microbianos y químicos en el agua potable que pueden afectar negativamente a la salud humana. Su detección, tanto en agua cruda como en agua suministrada a los consumidores, suele ser lenta, compleja y costosa, lo que limita su utilidad en la alerta temprana y hace poco probable que sea costosa.

Puesto que no es físicamente posible ni económicamente viable analizar todos los parámetros de calidad del agua, se deben planificar cuidadosamente las actividades de monitoreo y los recursos utilizados para ello, los cuales deben centrarse en características significativas o de importancia crítica.

Ciertas características antihigiénicas, como aquellas que afectan significativamente la ingesta de agua, también pueden ser importantes. Cuando las propiedades estéticas del agua (por ejemplo, su forma, sabor y olor) son inaceptables, pueden ser necesarios estudios adicionales para determinar si el agua tiene problemas de salud asociados o no.

#### **Del análisis físico:**

**Turbidez:** El valor medio obtenido para la turbidez en el distrito de Huancan fue de 0,70 NTU. El límite máximo permitido (LMP) según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (DIGESA, 2011), es de 5 NTU, estando el valor encontrado por debajo de este valor.

**Color:** El valor promedio obtenido para el color del agua en el distrito de Huancan fue de 5.0 (UCV) Pt-Co. El límite máximo permitido (LMP) según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (Ministerio de Salud, 2011), es de 15 (UCV) Pt-Co, estando el valor encontrado por debajo de este valor.

**PH:** Según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (Ministerio de Salud, 2011), reporta que el rango de límite máximo permisible de 6,5 a 8,5.

**Solidos totales disueltos:** Según el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano (Ministerio de Salud, 2011), reporta que el rango de límite máximo permisible es de 1000 mg/L, y el valor encontrado están muy por debajo de los límites máximos permisibles.

#### **Del análisis químico:**

**Cloro residual:** El valor obtenido para el distrito de Huancan fue de 1,0 mg/l. El valor determinado se encuentra muy por debajo de los límites máximos permitidos según la OMS (2008) que es de 250 mg/L.

**Dureza total:** El valor obtenido para el distrito de Huancan fue de 164,96 mg/l. El valor determinado se encuentra muy por debajo de los límites máximos permitidos según el DIGESA (2011) que es de 500 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

**Del análisis microbiológico:** No se encontró presencia de coliformes ni coliforme termoresistentes.

Según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano dictado por la DIGESA el agua para consumo humano no debe presentar coliformes totales ni coliformes termotolerantes, tras los análisis respectivos en la red de agua del distrito de Huancan, no se presenta presencia de estos microorganismos dañinos para la salud.

Este grupo de bacterias coliformes han sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma.

## CONCLUSIONES

- A. Se concluye que el diseño del sistema de bombeo es factible energética e hidráulicamente mediante el uso de un sistema fotovoltaico (paneles solares) para dotar de agua potable a los pobladores del distrito de Huancán, entonces es porque el sistema de bombeo puede ser satisfactoriamente proporcionado por los recursos utilizados y disponibles en la población de Huancán
- B. Se encontró que el distrito de Huancan cuenta con un caudal de la fuente de captación de 90 lts/seg, siendo así, factible hidráulicamente la propuesta de diseño del sistema de bombeo utilizando paneles solares, y energéticamente también es factible la propuesta de diseño del sistema de bombeo utilizando paneles solares, debido a que el promedio de horas sol al día es de 6.22 en el distrito de Huancan.
- C. Los resultados del análisis físico, químico y microbiológicos del agua potable del distrito de Huancan se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles considerado por los entes reguladores de la normativa peruana - Reglamento de la Calidad del agua para consumo humano DIGESA.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las instituciones públicas intervengan para desarrollar trabajo de investigaciones y planes que logren una rápida utilización de los sistemas fotovoltaicos con paneles solares. La investigación desarrollada muestra la viabilidad de esta tecnología, el sistema no solo es más factible, sino que también desarrolla tecnologías de energías limpias.
2. A la hora de instalar el sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta el ángulo del panel para reducir pérdidas y sacar el mejor efecto del sistema, así como el espacio para instalar los paneles fotovoltaicos y no tener sombra para aprovechar la energía solar.
3. Se recomienda realizar investigaciones comparativas entre un sistema con energía renovable y otra convencional a Diésel.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alata, J. (2015). Dimensionamiento de un sistema de bombeo con paneles solares – caso UNALM. Lima.
- Alonso, M., & Chenlo, F. (s.f.). Sistemas de bombeo fotovoltaico.
- Auccacusi, D. F. (2014). Análisis técnico y económico para la selección del equipo óptimo de bombeo en Muskarumi-Pucyura-cusco usando fuentes renovables de energía. Lima.
- Cabrera, I., & Fermín, R. (2003). Celdas fotovoltaicas para energizar un sistema de bombeo de agua. México.
- Castejón, A. (1998). Instalaciones solares fotovoltaicas. España.
- Díaz, T. (2008). Instalaciones solares fotovoltaicas. México.
- Energía Innovadora. (2017). Cotización del sistema fotovoltaico de bombeo de agua.
- Escosa, J. L., & German, L. A. (2015). Guía técnica para la utilización de la energía solar fotovoltaica en instalaciones de abastecimiento de agua potable. Zaragoza.
- Heras, M. A. (2017). Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC. Ecuador.
- Hernández, L. E. (s.f.). Bombeo de agua con energía solar en el departamento de Ica. Ica.
- Indeco. (s.f.). Catálogo de cables NYY -DUPLEX.
- Ixtebe, C. (2010). Proceso de creación de una planta solar fotovoltaica conectada a red. Barcelona.
- Eliezer, A. R. (2015). “dimensionamiento de un sistema de bombeo con paneles solares – caso UNALM”. Lima.
- Lara, F. A. (2007). Diseño de un sistema de riego por medio de energía solar, través de paneles FV. Chile.
- Llauce, A. J. (2016). Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el km 901, carretera Lambayeque – Piura”. Lambayeque.

- Natael, F. (2012). Análisis de factibilidad de un sistema de bombeo de agua con energía solar como propuesta de adaptación para riego en rayón, Sonora. Sonora.
- Orbezo, C., & Aribilca, R. (2010). Energía solar fotovoltaica.
- Paredes, A. R. (2001). Guía para el desarrollo de trabajo de investigaciones de bombeo de agua con energía fotovoltaica. México.
- Sánchez, M. (2016). Diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del establo Gesa - Lambayeque, 2016. Trujillo.
- Sapag, N., & Sapag Chain, R. (2008). Preparación y evaluación de trabajo de investigaciones. Colombia.
- Senamhi. (2003). Atlas de energía solar del Perú.
- Solar, G. d. (2016). Guía de la energía solar. 2006.
- Valdivieso, P. D. (2014). Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Lima.

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Análisis de Calidad de Agua.

"Diseño de Bombeo Fotovoltaico en la optimización del Sistema de Agua Potable en Huancan, Huancayo."						
Problema	Objetivo	Hipotesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodologia
Problema Principal	Objetivo General	Hipotesis General				METODO GENERAL
¿De que manera el diseño de Bombeo Fotovoltaico puede optimizar el Abastecimiento de Agua Potable en Huancán, Huancayo?	Determinar la influencia del diseño de Bombeo Fotovoltaico en la optimizacion del Abastecimiento del Agua Potable, en Huancan, Huancayo.	El diseño de Bombeo Fotovoltaico identificando las características hidraulicas de la fuente de captacion, los parametros y componentes de diseño hidraulico de la capacidad instalada, entonces se optimizara el Abastecimiento de Agua Potable en Huancan, Huancayo.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> TE: Diseño de Bombeo Fotovoltaico	Características Hidraulicas de la fuente de Captacion	Aforo de Fuente.	<p><b>MÉTODO ESPECÍFICO</b></p> <p>El método específico de la investigación será el método analítico sintético. Se usará el método analítico cuantitativo para el cálculo de las diferentes mediciones y el cualitativo para la descripción de los datos que son susceptibles a la interpretación por ser datos categoriales y que se someterán a un análisis estadístico, es decir a analizar y evaluar cada una de las hipótesis planteadas.</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>De acuerdo a los propósitos de la investigación y a la naturaleza de los problemas planteados, la presente investigación es la aplicada y/o tecnológica.</p> <p><b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b></p> <p>Cuasi experimental por elaborar encuestas, buscar, diseñar los instrumentos para realizar la propuesta de diseño Fotovoltaico y obtencion de la Optimizacion del Agua Potable, Distrito de Huancan.</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Basados en los criterios y según el tipo de estudio y la estrategia de investigación, el nivel de investigación</p> <p><b>POBLACION Y MUESTRA:</b> La poblacion de estudio esta compuesto por los habitantes de Huancan que usan el Agua Potable con una muestra de 24835</p>
				Parametros Hidraulicos del diseño de Bombeo Fotovoltaico	Parametros hidraulicos, mecanicos, fotovoltaicos y climatologicos	
				Componentes Hidraulicos del Diseño de Bombeo Fotovoltaico	Componentes hidraulicos, mecanicos, fotovoltaicos y climatologicos	
<b>Problema Especifico</b>	<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Hipotesis Especifica</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b> : Optimizar el Abastecimiento de Agua Potable	Características del actual Sistema de Bombeo	Características Hidraulicas. Características Electricas	
¿De que manera el Diseño de Bombeo Fotovoltaico optimiza la cantidad de Agua Potable, en Huancán, Huancayo?	Determinar la cantidad de Agua Potable con el diseño de Bombeo Fotovoltaico en Huancán, Huancayo.	El diseño de Bombeo Fotovoltaico permite optimizar la cantidad de agua en el abastecimiento del Agua Potable en Huancán, Huancayo.		Optimizar el Abastecimiento del Agua Potable	Porcentaje de eficiencia	
¿De que manera el Diseño de Bombeo Fotovoltaico optimiza la cantidad de Agua Potable, en Huancán, Huancayo?	Determinar la calidad de Agua Potable con el diseño de Bombeo Fotovoltaico en Huancán, Huancayo.	El diseño de Bombeo Fotovoltaico permite optimizar la calidad de agua en el abastecimiento del Agua Potable en Huancán, Huancayo.			Costo de Mejora	



SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN  
INDECOPI - SNA  
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

## INFORME DE ENSAYO N° 073739-2020 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : SEDANO PEÑALOZA CRISANTO  
**DOMICILIO LEGAL** : AV. LEONCIO PRADO N° 1365, INT. 4 PBLO. PILCOMAYO (1 CDRA. MUNICIPALIDAD DE PILCOMAYO - 569041795) JUNÍN - HUANCAYO - PILCOMAYO  
**SOLICITADO POR** : HUARIPATA VELASQUEZ HARRIS  
**REFERENCIA** : 28 DE JULIO - HUANCAN - JUNÍN  
**PROCEDENCIA** : HUANCAN - JUNÍN  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2020-08-26  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS** : 2020-08-26  
**MUESTREO POR** : EL CLIENTE

### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Cloruros	SM 4500-Cl <sup>-</sup> B. Chloride. Argentometric Method.	1.00	Cl <sup>-</sup> mg / L
*Color	SM 2120 B. Color. Visual Comparison Method.	5	UCV-Pt-Co
Conductividad	SM 2510 B. Conductivity. Laboratory Method.	1.0	µS/cm
Nitratos	SM 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> E. Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.	0.03	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L
Nitritos	SM 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B. Nitrogen (Nitrite). Colorimetric Method.	0.003	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L
pH	SM 4500 H <sup>+</sup> B. pH Value. Electrometric Method	--	Unid. pH
Sólidos disueltos totales (TDS)	SM 2540 C. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.	4.0	mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SM 2540 D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.0	mg/L
Sólidos Sedimentables (SS)	SM 2540 F. Solids. Settleable Solids.	0.5	mL/L/h
Sólidos totales (TS)	SM 2540 B. Solids. Total Solids Dried at 103-105°C.	4.0	mg/L
*Sólidos fijos y volátiles	SM 2540 E. Solids. Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C.	3.0	mg/L
Sulfatos	SM 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E. Sulfate. Turbidimetric Method.	1.00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L
Turbiedad	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method. 2012	0.70	NTU
Numeración de Coliformes Fecales	SM 9221 E. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 <sup>(a)</sup>	NMP /100mL
Metales totales (Arsénico, Cadmio, Hierro, Plomo, Magnesio, Manganeso, Potasio, Sodio).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L

L.C.: Límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

  
Blga. Paola del Pilar Illescas V.  
JEFE DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO  
C.B.P. N° 8950  
SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

  
Quimi Fajardo Leór.  
C.B.P. 648  
Jefe de Emisión de Informes  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.



SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.

**SAG**

EXPERTS WORKING FOR YOU

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN  
INDECOPI - SNA  
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

## INFORME DE ENSAYO N° 073739-2020 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Superficial	
Matriz analizada	Agua Superficial	
Fecha de muestreo	2013-11-28	
Hora de inicio de muestreo (h)	16:45	
Descripción del punto de muestreo	Captación Naciente Pirari	
Condiciones de la muestra	Preservada y refrigerada	
Código del cliente	MIRAFLORES	
Código del Laboratorio	13112223	
Ensayo	Unidades	Resultados
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg / L	2.59
*Color	UCV-Pt-Co	40
Conductividad	µS/cm	241
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	0.716
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<0.003
**pH	Unid. pH	7.78
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	155
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	48.60
Sólidos Sedimentables (SS)	mL/L/h	<0.5
Sólidos totales (TS)	mg/L	206
*Sólidos fijos	mg/L	145
*Sólidos volátiles	mg/L	61
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	<1.00
Turbiedad	NTU	60
Numeración de Coliformes Fecales <sup>(1)</sup>	NMP /100mL	130 x 10 <sup>1</sup>

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

Medición de conductividad y pH realizada a 25°C.

\* El método indicado no ha sido acreditado por INDECOPI-SNA.

\*\*El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INDECOPI-SNA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo por haber superado el tiempo de perecibilidad.

  
Blga. Paola del Pilar Illescas V.  
JEFE DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO  
C.B.P. N° 8950  
SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.

  
Quina Beibela Fajardo León  
C.B.P. 648  
Jefe de Emisión de Informes  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.



SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.

**SAG**

EXPERTS WORKING FOR YOU

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL SERVICIO NACIONAL DE ACREDITACIÓN  
INDECOPI - SNA  
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

## INFORME DE ENSAYO N° 073739-2020 CON VALOR OFICIAL

### II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Subterránea		
Matriz analizada	Agua Subterránea		
Fecha de muestreo	2020-08-26		
Hora de inicio de muestreo (h)	16:45		
Descripción del punto de muestreo	Captación		
Condiciones de la muestra	Preservada y refrigerada		
Código del cliente	---		
Código del Laboratorio	13112223		
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados
<b>Metales totales</b>			
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004
Hierro (Fe)	0.001	mg/L	0.498
Potasio (K)	0.03	mg/L	0.97
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	3.06
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.0692
Sodio (Na)	0.03	mg/L	3.56
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0041

L.D.M.: Límite de detección del método

### III. PERIODO DE CONSERVACIÓN DE MUESTRAS:

Ensayo	Tiempo de perecibilidad
Ensayos microbiológicos	24 horas
Nitratos, Nitritos, Color, Turbiedad	48 horas
Sólidos Sedimentables, TSS, TDS, TS	7 días
Conductividad, Cloruros, Sulfatos	28 días
Metales	3 meses

Lima, 03 de Setiembre del 2020

  
Químico Betán Fajardo León  
C.O.P. 648  
Jefe de Emisión de Informes  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.