



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO
DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN
QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023**

TESIS PRESENTADA POR

Bach. KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO
DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN
QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE :



Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO :



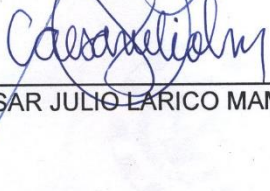
M. Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

SEGUNDO MIEMBRO :



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS :



Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

SANEAMIENTO AMBIENTAL



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 240-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de junio de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 050-2024-D/EPISA/FICP-UANCV** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N° 172-2024 de fecha 04 de mayo de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **Asesor** : Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 12 de junio de 2024
- * **HORA** : 08:00
- * **LUGAR** : Aula 306 - pabellón de hidráulica

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c Arch 2024
Interesado
Escuela Profesional



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. ESPRAIN PACHECO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 172-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 04 de mayo de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 074-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **INFORME N° 006-2024-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 617-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **18 de julio de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **25 de abril de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 090-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI.**

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN CASILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP 95531

cc.
archivo 2024
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 091-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de abril de 2024

VISTOS.-

El OFICIO N° 017-2024-D/EPISA/FICP-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental y el proveído del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, sobre el pedido de cambio de miembro (s) del sub comité de evaluación del Proyecto de Investigación, del Bachiller: KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023, y;

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES ha solicitado cambio del segundo miembro de la terna del sub comité de evaluación del Proyecto de Investigación, titulado: DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023 aprobado con la RESOLUCIÓN DECANAL N° 617-2023-D-FICP-UANCV de fecha 18 de julio de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- ❖ Presidente : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- ❖ 1er. Miembro : M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
- ❖ 2do. Miembro : Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS

Que; el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ha tomado conocimiento que él, segundo miembro no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, por lo que ha determinado proceder con el sorteo para el cambio de la terna de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y;

Estando, a los documentos de VISTOS, mediante el cual informa la designación de la nueva terna de la sub comisión de evaluación; el mismo que deberá actuar según el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del Comité de Investigación de la escuela profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, en concordancia al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, el cambio del segundo miembro de la Terna del sub comité de evaluación del Proyecto de Investigación presentado por el bachiller: KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES, titulado: DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental quedando la conformación del sub comité de evaluación de la siguiente forma:

- ❖ Presidente : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- ❖ 1er. Miembro : M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
- ❖ 2do. Miembro : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- ❖ Asesor (a) : Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI

ARTICULO SEGUNDO. - Disponer a los miembros de la sub comisión de evaluación designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del proyecto de investigación, borrador de trabajo de investigación o sustentación del trabajo de investigación, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución Decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO TERCERO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el responsable de investigación y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, el Secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese

CC.
Archivo 2024
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95631



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 617-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de julio 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 313-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 029-2023-UI-CI-EPISA-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 038-2023-UANCV-FICP-UI-CI** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **12 de julio de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el tema titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**
- * **2do Miembro** : **Ing. JAVIER ARTURO BOJORQUEZ GANDARILLAS**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI.**

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Milton Quispe Huanca
DECANO
CIR. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Efraim Parillo Sosa
Dr. EFRAIM PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIR. 95631

cc.
archivo 2023
interesado (a)



DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

30%

INDICE DE SIMILITUD

29%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	static.eoi.es Fuente de Internet	1%
7	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%

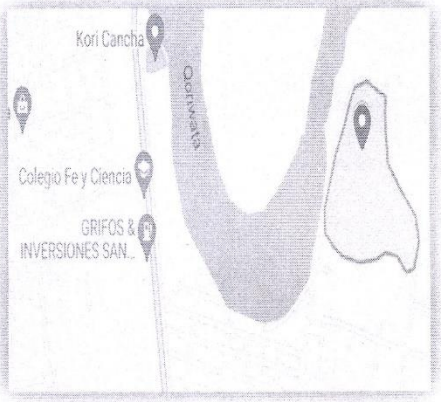


METADATOS COMPLEMENTARIOS



TITULO DE LA TESIS	
DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN UN TANQUE ELEVADO DE LA URBANIZACIÓN QORIWATA DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2023	
DATOS DE AUTOR	
Nombres y Apellidos	Katerin Fabiola Molina Flores
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	70900043
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-7971-4400
DATOS DE ASESOR	
Nombres y Apellidos	Cesar Julio Larico Mamani
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	42059080
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-1758-9475
DATOS DEL JURADO	
Presidente del Jurado	
Nombres y Apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI
Numero de documento de Identidad	40865558
Miembro del Jurado 1	
Nombres y Apellidos	Jesús Esteban Castillo Machaca
Tipo de documento	DNI
Numero de documento de Identidad	01323821
Miembro del Jurado 2	
Nombres y Apellidos	Franz Joseph Barahona Perales
Tipo de documento	DNI
Numero de documento de Identidad	02442876



DATOS DE INVESTIGACIÓN	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental.
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Ubicación: País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Urbanización: Qoriwata</p> <p>Coordenadas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Latitud: -15.44982 • Longitud: -70.13085  <p>URL: https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1gZLaHmX4GOLg4pSOoOOtIBv8LALUnTo&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2022 - septiembre 2023
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ingeniería de energía https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.03</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
Dr. Efraín Varillo Soza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Katerin Fabiola Molina Flores, identificado con DNI
Nro. 70900043 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Sanitaria y Ambiental

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

"Diseño Fotovoltaico Óptimo para el Abastecimiento de Agua en un tanque elevado de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca - 2023"

Asesorado por: Dr. Cesar Julio Larico Mamani

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.


Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 28 de Junio del 2024





FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Se lo dedico a Dios por darme la oportunidad de culminar mi proyecto laboral y darme la dicha más grande que es la vida y salud acompañado siempre de mi familia.

También está dedicada con mucho afecto a mis padres: Fredy Molina Narváez y Victoria Flores Rebollo, que pusieron todo su empeño y apoyo incondicional en mi trayecto de estudiante, sus palabras motivadoras y exigencias me impulsaron a realizar un logro más en la vida.



AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento va dirigido con todo respeto a mi asesor Dr. Cesar Julio Larico Mamani y a miembros jurados presentes de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez que aportaron sugerencias y observaciones necesarias durante mi trayecto de elaboración de tesis.

A la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez “, Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental por los conocimientos y educación otorgados durante mi formación académica.



ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Análisis de la situación problemática	5
1.2.Planteamiento del problema	7
1.2.1.Problema general	7
1.2.2. Problema específico	7
1.3.Objetivos de la investigación	8
1.3.1.Objetivo general	8
1.3.2.Objetivos específicos	8
1.4.Justificación de la investigación	8
1.4.1.Justificación social.....	8
1.4.2.Justificación técnica.....	9
1.4.3.Justificación ambiental.....	10
1.5.Hipótesis de la investigación	11
1.6.Variables	11



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación 13

 2.1.1. Internacionales 13

 2.1.2. Nacionales 14

 2.1.3. Locales 16

2.2. Bases Teóricas 18

 2.2.1. Radiación Solar 18

 2.2.2. Geometría solar 20

 2.2.3. Energía Solar Fotovoltaica 22

 2.2.4. Sistema de bombeo fotovoltaico 24

 2.2.5. Componentes de un sistema de bombeo fotovoltaico 26

2.3. Marco Conceptual 31

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de la investigación 33

3.2. Diseño de la investigación 33

3.3. Población 33

3.4. Muestra 34

3.5. Procedimiento metodológico 34



3.6.Materiales y equipos 34

3.7.Ubicación del área en estudio..... 35

3.8.Metodología..... 36

 3.8.1 Determinar la radiación solar existente considerando las diferentes épocas climáticas en la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca. 39

 3.8.2 Determinar la potencia de la bomba requerida para propulsar el agua subterránea a un tanque elevado en los diferentes niveles de vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca..... 43

 3.8.3 Dimensionar el sistema fotovoltaico para el bombeo de agua subterránea para una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca..... 44

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados 46

 4.1.1. Determinar la radiación solar existente de una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca..... 46

 4.1.2. Determinar la potencia del bombeo de agua convencional para el abastecimiento de agua a un tanque elevado de una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca. 64

 4.1.3. Dimensionar el sistema de bombeo fotovoltaico para una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca. 76



4.2.Discusión..... 84

CONCLUSIONES86

RECOMENDACIONES88

BIBLIOGRAFÍA89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalizacion de variables ----- 11

Tabla 2 Comparación del cálculo de la radiación solar en un día baja y alta nubosidad -63

Tabla 3 Cuadro comparativo de la radiación solar respecto al portal web Atlas Solar Global
-----63

Tabla 4 Cálculo del caudal-----68

Tabla 5 Perdida de carga de accesorios -----72

Tabla 6 Valores de tensión nominal -----80



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de la radiación solar	19
Figura 2 Geometría solar	22
Figura 3. Sistema de bombeo fotovoltaico	25
Figura 4 Macro localización del área de estudio	35
Figura 5 Micro localización del área de estudio	36
Figura 6 Gráfico de temperatura promedio	48
Figura 7 Tabla de Dotación	65



RESUMEN

El presente estudio analiza el diseño de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de agua en un tanque elevado en la Urbanización de Qoriwata, situada en la ciudad de Juliaca, una región que enfrenta serias dificultades debido a la insuficiencia del suministro de agua a través de la red pública. En este contexto, el estudio propone una solución innovadora y ecológica: la utilización de energía fotovoltaica para abastecer de agua subterránea a un tanque elevado. La propuesta del estudio incluye una serie de etapas y objetivos clave. Primero, se pretende determinar con precisión la radiación solar disponible en la zona de Qoriwata, lo cual es fundamental para diseñar un sistema fotovoltaico que maximice su eficiencia. En la zona de estudio, se ha encontrado que la radiación solar varía entre 2122,85 Wh/m² en condiciones de ausencia de nubes y 1988,76 Wh/m² con nubosidad. Esta información es crucial para ajustar el diseño del sistema fotovoltaico y asegurar que pueda generar suficiente energía para el bombeo de agua. El estudio evalúa el consumo energético del sistema de bombeo convencional actualmente en uso, que consume 1100 kWh. El diseño propuesto utiliza una bomba fotovoltaica de 1228 Wp y requiere 16 paneles solares de 50 Wp cada uno, inclinados a 15,64° y orientados al norte, con un inversor de 800 Wp y cableado para soportar 768 Wp. El sistema es adecuado para abastecer un tanque elevado con niveles de agua estático de 3 m y dinámico de 2 m, demostrando ser una solución óptima y sostenible. En conclusión, el estudio demuestra que el diseño de un sistema fotovoltaico para el bombeo de agua hacia un tanque elevado es una solución óptima y sostenible para enfrentar la problemática del abastecimiento de agua en la Urbanización de Qoriwata.

Palabras clave: óptimo, corriente alterna, corriente continua, irradiancia solar, irradiación solar, watt pico.



ABSTRACT

The present study analyzes the design of a photovoltaic system for supplying water to an elevated tank in the Qoriwata Urbanization, located in the city of Juliaca, a region facing serious challenges due to inadequate water supply from the public network. In this context, the study proposes an innovative and eco-friendly solution: the use of photovoltaic energy to supply groundwater to an elevated tank. The study's proposal includes a series of key stages and objectives. First, it aims to accurately determine the solar radiation available in the Qoriwata area, which is crucial for designing a photovoltaic system that maximizes its efficiency. In the study area, solar radiation has been found to vary between 2122.85 Wh/m² under clear conditions and 1988.76 Wh/m² under cloudy conditions. This information is essential for adjusting the photovoltaic system design and ensuring it can generate enough energy for water pumping. The study evaluates the energy consumption of the currently used conventional pumping system, which consumes 1100 kWh. The proposed design uses a photovoltaic pump of 1228 Wp and requires 16 solar panels of 50 Wp each, tilted at 15.64° and oriented north, with an 800 Wp inverter and wiring to support 768 Wp. The system is suitable for supplying an elevated tank with static water levels of 3 m and dynamic levels of 2 m, proving to be an optimal and sustainable solution. In conclusion, the study demonstrates that designing a photovoltaic system for water pumping to an elevated tank is an optimal and sustainable solution to address the water supply issues in the Qoriwata Urbanization.

Keywords: optimal, alternating current, direct current, solar irradiance, solar irradiation, peak watt.



INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, muchos hogares enfrentan la escasez de servicios básicos esenciales como el abastecimiento de agua y la energía eléctrica. Este problema es especialmente pronunciado en regiones donde estos recursos son costosos y difíciles de obtener, lo que obliga a los residentes a asumir gastos significativos para su adquisición, convirtiéndose en una necesidad prioritaria (Arévalo & Viena, 2019). En algunas áreas, el agua es un recurso extremadamente limitado, lo que requiere la implementación de regulaciones estrictas para su uso eficiente. Entre las prácticas comunes se encuentran el suministro de agua en horarios específicos y su almacenamiento para cubrir las necesidades diarias de las viviendas unifamiliares (Caipo, Chavez, Paico, & Valencia, 2019).

De manera similar, nuestro país también enfrenta desafíos en el acceso al agua, con algunas familias experimentando una disponibilidad limitada de este recurso, lo que resulta en carencias y afecta negativamente la calidad de vida (Aquino, E, 2017) No obstante, Perú cuenta con una ventaja en términos de capacidad energética, especialmente en el ámbito de la energía convencional, que está emergiendo como una solución prometedora para abordar cuestiones ambientales y económicas para las familias del país (Hospital & González, 2021). Además, para reducir la dependencia de la energía eléctrica convencional, que proviene de productos derivados del petróleo y contribuye significativamente a la contaminación ambiental, las energías limpias están ganando relevancia. En particular, los paneles solares fotovoltaicos ofrecen una alternativa limpia y sostenible para el bombeo de agua subterránea, representando una tecnología que promueve la sostenibilidad y reduce el impacto ambiental (Cerna, 2021).



Las energías fotovoltaicas han cobrado relevancia relativamente reciente, aunque sus fundamentos se remontan a más de un siglo. En 1890, el destacado ingeniero en el campo de la electricidad, Nikola Tesla, propuso que, si fuera posible almacenar la energía que el sol irradia hacia la Tierra, especialmente en regiones desérticas como el Sahara, podríamos disponer de suficiente energía para satisfacer todas las necesidades energéticas del mundo durante esta y muchas generaciones futuras (Heredia & Sánchez, 2018).

En este contexto, el presente estudio se enfoca en la energía fotovoltaica como una solución para apoyar el bombeo de agua hacia un reservorio unifamiliar ubicado a cierta altura sobre el nivel del suelo.

El objetivo general de la investigación es proponer un diseño fotovoltaico óptimo para el abastecimiento de agua en un tanque elevado en la Urbanización de Qoriwata, en la ciudad de Juliaca, durante el año 2023. La investigación está organizada en cuatro capítulos, descritos a continuación: **Capítulo I:** Planteamiento del problema, análisis de la situación problemática, formulación de hipótesis y justificación del estudio. **Capítulo II:** Revisión de la literatura relacionada, antecedentes del estudio, marco teórico y definición de términos clave. **Capítulo III:** Descripción del enfoque metodológico, incluyendo el tipo y diseño de la investigación. **Capítulo IV:** Presentación y análisis de los resultados obtenidos, discusión de los hallazgos, y exposición de las conclusiones y recomendaciones más significativas del estudio el manifiesta y detalla los resultados logrados en el estudio, y la discusión respectiva y, finalmente, se exhibe las conclusiones y recomendaciones más relevantes del estudio.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

A nivel mundial, el suministro de agua es crucial para el desarrollo de las actividades diarias de todas las personas. Sin embargo, actualmente, aproximadamente 2 mil millones de personas (26% de la población) carecen de acceso a agua potable, y cerca de 3,6 mil millones de personas (46% de la población) no cuentan con un saneamiento adecuado que garantice la seguridad del consumo. La escasez de este recurso representa riesgos significativos para medios de subsistencia, afectando áreas esenciales como la seguridad alimentaria y el acceso a la electricidad (UNESCO, 2023).

Ante la necesidad de abastecerse de agua, algunas personas recurren al bombeo de agua subterránea, utilizando generalmente motores de combustión interna y bombas hidráulicas. Estos motores, en su mayoría, dependen de combustibles fósiles como petróleo y gasolina, lo que resulta en altos costos tanto en términos de adquisición como de operación y mantenimiento del sistema de bombeo. Por otro lado, muchas personas no tienen un sistema de bombeo por su situación económica precaria. Esta falta de acceso a sistemas de bombeo adecuados impacta negativamente en su capacidad para realizar actividades cotidianas esenciales (Dávalos, 2019).

En Perú, al igual que en muchas partes del mundo, el bombeo de agua se realiza principalmente mediante motores de combustión interna o energía eléctrica convencional, instalados en pozos tubulares o de tajo abierto. Sin embargo, estos motores suelen estar sobredimensionados, lo que conlleva a altos costos operativos y una disminución en la rentabilidad del sistema de bombeo con el tiempo. Además, el uso de combustibles fósiles para estos motores contribuye a la contaminación atmosférica local, debido a la emisión de gases tóxicos como (CO₂, SO₂, NO_x, Pb) (Munive & Pereira, 2022).



En las zonas de la sierra del país, persiste el problema crónico relacionado con el abastecimiento de agua y energía. En estas áreas, el suministro de agua no es constante a lo largo del día, y la distribución hacia lugares elevados requiere una red eléctrica. Sin embargo, el costo asociado con el bombeo de agua hacia estos reservorios resulta insostenible para la economía de la población local, debido a los altos gastos implicados en mantener el sistema de distribución (Cerna, 2021).

En Juliaca, únicamente el 50% de la población tiene acceso a servicios de conexión al agua potable. Este acceso está condicionado a que dichas áreas estén debidamente habilitadas urbanísticamente. Sin embargo, actualmente existen 70 urbanizaciones en la ciudad de Juliaca que no cumplen con estos requisitos de habilitación, lo que impide que sus residentes puedan acceder a los servicios de agua potable. Esta falta de infraestructura adecuada no solo limita el acceso al agua, sino que también afecta la calidad de vida de los habitantes y subraya la necesidad urgente de mejorar la planificación urbana y los servicios básicos en estas áreas (SEDAJULIACA, 2023).

En la urbanización de Qoriwata, situada en la ciudad de Juliaca y clasificada como una zona periurbana, se enfrenta a un desafío crítico relacionado con el suministro de agua, ya que no cuenta con acceso a la red pública de abastecimiento. Como respuesta a esta carencia, los residentes han optado por utilizar captaciones de aguas subterráneas mediante sistemas de bombeo convencionales. No obstante, esta práctica impone una carga adicional sobre la red eléctrica local, comprometida por la falta de infraestructura adecuada. La urbanización carece de alumbrado público y se abastece de energía a través de postes temporales que son compartidos entre múltiples viviendas. Esta situación no solo genera un descontrol en el suministro eléctrico, sino que también compromete la eficiencia del sistema de bombeo, exacerbando las dificultades que enfrentan los residentes en su vida cotidiana.



Por lo tanto, la propuesta del proyecto se orienta hacia una solución de saneamiento ambiental sostenible, enfocándose en abastecer agua subterránea a un tanque elevado mediante tecnología renovable y ecológica. Se propone el diseño de un sistema fotovoltaico, una tecnología emergente que, a pesar de los desafíos asociados, ofrece una alternativa viable a gran escala. Este enfoque no solo proporciona una solución efectiva para el abastecimiento de agua, sino que también representa una opción ambientalmente favorable en comparación con las bombas de agua convencionales que dependen de combustibles fósiles como el diésel y la electricidad. La adopción de la tecnología fotovoltaica permite un abastecimiento más sostenible y eficiente, alineándose con las prácticas de desarrollo sostenible y la reducción de la huella ambiental (Bermeo & Silva, 2022).

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el diseño fotovoltaico óptimo para el abastecimiento de agua en un tanque elevado de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca - 2023?

1.2.2. Problema específico

- ¿Cuánta es la cantidad de radiación solar existente considerando las diferentes épocas climáticas en la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca?
- ¿Cuánto es la potencia de la bomba requerida que necesita para propulsar el agua subterránea a un tanque elevado en los diferentes niveles de vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca?
- ¿Cómo dimensionar el sistema fotovoltaico para el bombeo de agua subterránea para una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca?



1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Proponer el diseño fotovoltaico óptimo para el abastecimiento de agua en un tanque elevado de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca – 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la radiación solar existente considerando las diferentes épocas climáticas en la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca.
- Determinar la potencia de la bomba requerida para propulsar el agua subterránea a un tanque elevado en los diferentes niveles de vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico para el bombeo de agua subterránea para una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación social

El presente estudio se justifica socialmente dado su enfoque en mejorar el bienestar de la población de Juliaca. La investigación se orienta a implementar sistemas solares, que ofrecen varias aplicaciones para transformar significativamente la calidad de vida de los residentes. La adopción de tecnología solar, como los sistemas fotovoltaicos, no solo aborda la problemática del abastecimiento de agua mediante un método sostenible y eficiente, sino que también tiene un impacto positivo en varios aspectos de la vida comunitaria (Alfaro, 2016).

Primero, al reducir la dependencia de fuentes de energía tradicionales y contaminantes, se contribuye a un entorno más limpio y saludable. La utilización de energía



solar disminuye la emisión de gases contaminantes y la contaminación del aire, mejorando así la calidad del aire en la región. Además, el acceso a una fuente de energía renovable puede permitir la implementación de otros servicios básicos, como el alumbrado público, que es fundamental para la seguridad y el bienestar general de la comunidad.

En segundo lugar, la mejora en el suministro de agua mediante sistemas fotovoltaicos contribuye a la seguridad hídrica, esencial para la salud y el desarrollo de la población. La posibilidad de abastecimiento de agua constante y fiable reduce la vulnerabilidad ante problemas de escasez y asegura que las necesidades diarias de los hogares se cubren eficazmente.

Finalmente, la implementación de tecnologías solares puede fomentar el desarrollo económico local al generar nuevas oportunidades de empleo en la instalación y mantenimiento de estos sistemas, así como en la formación de técnicos especializados. Esto puede ayudar a aliviar las dificultades económicas y proporcionar una base más sólida para el crecimiento y desarrollo de la comunidad en su conjunto.

1.4.2. Justificación técnica

Este estudio se justifica desde un punto de vista técnico debido a su capacidad para ofrecer conocimientos especializados que contribuirán significativamente a la reducción de los costos asociados con el uso de fuentes de energía convencionales. La investigación se centrará en la aplicación de la energía fotovoltaica, una tecnología reconocida por ser económica, limpia y renovable. La adopción de esta tecnología no solo se traduce en una



disminución considerable de los gastos eléctricos, sino que también tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental al reducir la huella de carbono.

La energía fotovoltaica ofrece una alternativa eficaz a las fuentes de energía tradicionales, que a menudo implican altos costos y problemas ambientales asociados con su producción y consumo. Al incorporar sistemas fotovoltaicos, se logra una reducción en la dependencia de fuentes de energía no renovables, promoviendo así una transición hacia prácticas energéticas más sostenibles.

En particular, la implementación de sistemas fotovoltaicos resulta ser especialmente beneficiosa para el suministro de energía en sistemas de bombeo de agua, un componente esencial para muchas infraestructuras. En la Urbanización de Qoriwata, esta tecnología puede proporcionar una fuente de energía confiable y eficiente, optimizando el rendimiento de las instalaciones de bombeo y apoyando el desarrollo y la operación de las infraestructuras locales.

El estudio abordará cómo la integración de la energía fotovoltaica no solo mejora la eficiencia energética, sino que también contribuye al bienestar de la comunidad al ofrecer una solución que respeta el medio ambiente y reduce los costos operativos. Asimismo, se analizarán las implicaciones económicas y ambientales de esta tecnología en el contexto específico de la Urbanización de Qoriwata, con el objetivo de proporcionar una evaluación comprensiva de sus beneficios y potencial de aplicación.

1.4.3. Justificación ambiental

La investigación tiene una sólida justificación ambiental, ya que pretende ofrecer a la población una tecnología que contribuya a la conservación y protección del medio ambiente. En particular, se centra en el uso de la energía solar, una fuente de energía



renovable que juega un papel crucial en la mitigación de los efectos del calentamiento global, un problema ambiental cada vez más urgente. La energía solar representa una alternativa eficaz y sostenible, dado que su utilización para la generación de electricidad no implica emisiones de gases de efecto invernadero, lo que ayuda a reducir la huella de carbono.

El beneficio ambiental más destacado de esta tecnología es su capacidad para generar energía eléctrica sin producir contaminación atmosférica. A diferencia de las fuentes de energía tradicionales, como los combustibles fósiles, que liberan dióxido de carbono y otros contaminantes, la energía solar no contribuye al deterioro de la calidad del aire ni al cambio climático. Además, la instalación de sistemas fotovoltaicos para captar y convertir la luz solar en electricidad tiene un impacto ambiental muy bajo. En términos prácticos, estos sistemas no generan residuos peligrosos durante su operación y requieren mínimas intervenciones en el entorno, lo que asegura que su implementación no cause daños significativos al ecosistema.

1.5. Hipótesis de la investigación

El diseño del sistema fotovoltaico será eficiente para impulsar el agua hacia un tanque elevado, asegurando así el abastecimiento adecuado de la Urbanización de Qoriwata en la ciudad de Juliaca.

1.6. Variables

El presente estudio presentó variables a nivel descriptivo, cada variable fue descrita teniendo en cuenta sus dimensiones e indicadores denominados de la siguiente manera:



Tabla 1
Operacionalización de variables

<u>VARIABLES</u>	<u>DIMENSIONES</u>	<u>INDICADOR</u>	<u>UND</u>	<u>METODOLOGIA</u>	
Independiente					
Energía fotovoltaica	Radiación solar existente	Con nubes	Wh/	Tipo de investigación	
		Sin nubes	m2		
Dependiente	Dimensionamiento de almacenamiento	Caudal de diseño	l/s		
		Diámetro de línea de impulsión	Pulg		
		Perdida de carga	m		
		Altura dinámica total	m		
Sistema de bombeo fotovoltaico		Volumen de bombeo total al tanque elevado	m3		Diseño de investigación
		Potencia de la bomba a diferentes niveles	Hp Hp Hp		
		Dimensionamiento de bombeo solar fotovoltaico	unidad unidad		
		Nivel de inclinación	°		No experimental

Nota: Resumen indicadores que se utilizara posteriormente al estudio del proyecto. Fuente: Elaboración propia.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

(Perez V. D., 2022), El estudio titulado “Diseño de un sistema de suministro de agua potable mediante energía solar fotovoltaica para el Cantón Alta Vista, Aldea El Rodeo, San Marcos” busca desarrollar una solución de abastecimiento de agua utilizando energía solar en el mencionado cantón. El análisis preliminar del sitio indicó que el sistema de agua actual es inadecuado, con tanques pequeños para uso individual y uno comunitario que no satisfacen la demanda de la población. Con el fin de mejorar las condiciones de vida de los residentes, se ha propuesto instalar un sistema de bombeo fotovoltaico. Este sistema no solo disminuirá los gastos en energía eléctrica en comparación con los métodos tradicionales, sino que también empleará una tecnología limpia y renovable para la extracción del agua. El diseño sugerido incluye la instalación de paneles solares, una bomba con motor, un inversor de bomba, un pozo o tanque de succión, un sistema de tuberías y un tanque de almacenamiento. El sistema es fácil de operar y requiere una cantidad mínima de energía solar (3 horas-pico al día), lo que lo hace viable y práctico para su implementación

(Hospital & González, 2021) , Se llevó a cabo una investigación titulada “Diseño de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica en la región de Cundinamarca”, con el propósito de crear un sistema de bombeo solar para el departamento de Cundinamarca, enfocándose en el municipio de Chaguaní, Colombia. El proyecto



propone diseñar un sistema de bombeo para un pozo profundo que se alimentará mediante paneles solares fotovoltaicos. Además, se incorporará un sensor de nivel en el tanque de agua para monitorear el llenado, asegurando que el agua se almacene en un reservorio disponible para su uso. El sistema fotovoltaico estará diseñado para ser completamente autónomo, satisfaciendo toda la demanda energética necesaria para el bombeo. El objetivo es determinar los componentes más adecuados para garantizar un funcionamiento eficiente del sistema y proporcionar agua a las áreas rurales del municipio de Chaguaní.

2.1.2. Nacionales

(Rosales, 2021) El estudio titulado “Diseño de un Sistema de Bombeo Solar para la Extracción de Agua en la Ciudadela Muchick – Pacasmayo – La Libertad” se centró en evaluar la viabilidad de utilizar energía fotovoltaica para bombear agua desde un pozo tubular en la Ciudadela Muchick, ubicada en Pacasmayo, La Libertad. El proyecto desarrolló un sistema de bombeo impulsado por paneles solares para abastecer un tanque elevado, con el objetivo de cubrir la demanda de agua de la ciudadela. Los resultados del estudio proporcionaron datos cruciales, incluyendo especificaciones detalladas como un caudal de operación de 6.0 m³/h, una altura de bombeo de 20 metros y una potencia de 546.08 vatios. También se identificaron pérdidas de carga, con un máximo de 8.19 metros y un mínimo de 0.89 metros, utilizando una bomba sumergible de la marca KONTRACT. Los paneles fotovoltaicos, de 370 vatios cada uno y de la marca BAUER, operan a un voltaje de 24 V y un amperaje de 9.23 A, calculados para una irradiación solar promedio de 5.59 kWh/m² en la ciudadela. La valoración total del proyecto, basada en cotizaciones de proveedores locales, ascendió a S/. 30,343.05.



_(Cahuana Dueñas, 2020), Se llevó a cabo un estudio titulado “Diseño de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico para Abastecer Agua al Caserío CP14, Distrito Tambo Grande – Piura”, con el objetivo de desarrollar un sistema de bombeo solar para proporcionar agua a esta comunidad. Actualmente, el caserío carece de acceso directo a agua potable y depende de canales de riego para sus necesidades. El diseño propuesto contempla la utilización de un pozo cilíndrico para extraer agua, que será almacenada en cinco tanques de polietileno de 2500 litros cada uno, situados sobre una base de concreto. Dado que el suministro eléctrico convencional no es accesible en la aldea debido a su distancia de la red nacional, el sistema se basa en energía solar. Se emplearán dos paneles fotovoltaicos de 250 vatios cada uno, equipados con reguladores e inversores, sin necesidad de baterías, ya que el sistema funcionará con energía solar directa. El diseño considera una bomba sumergible de 0.75 HP que operará en dos ciclos de dos horas cada uno para garantizar el abastecimiento de agua al caserío CP14. La importancia de este proyecto radica en su rentabilidad y en mejorar el acceso al agua para los residentes, asegurando que se cumpla este derecho básico. Además, la viabilidad económica del diseño determinará su aceptación y efectividad dentro de la comunidad. Uno de los objetivos principales es aumentar el acceso al agua y mejorar los indicadores de desarrollo humano en la localidad.

_(García, 2022), realizó el trabajo de investigación denominado “Diseño de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar fotovoltaica”; se centró en desarrollar un sistema de bombeo para la Región Ica utilizando paneles solares. Para ello, se analizaron datos de radiación solar de la NASA y se calcularon las necesidades energéticas del sistema. Se diseñó un sistema hidráulico que incluye una electrobomba centrífuga de 3 HP y 15 paneles fotovoltaicos de 330 Wp cada uno, totalizando una potencia instalada de 4950



Wp. Este diseño se demostró económicamente viable a largo plazo, especialmente en comparación con las motobombas a gasolina o diésel. Al finalizar el proyecto, se alcanzaron todos los objetivos propuestos. El sistema ofrece una solución rentable y sostenible para el bombeo de agua en la Región Ica, apoyando la adopción de tecnologías solares y contribuyendo a un suministro de agua más eficiente.

2.1.3. Locales

_(Morales, 2022), El estudio titulado “Energía Fotovoltaica para el Mejoramiento del Sistema de Bombeo de Agua con Reservorios a Desnivel en una Vivienda Familiar, Puno 2022” se enfocó en optimizar un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar fotovoltaica. El objetivo fue mejorar el bombeo de agua desde una cisterna a nivel de suelo hasta un tanque elevado de 1100 litros situado a 18 metros de altura, abarcando tres niveles dentro de la vivienda. Se utilizó un enfoque hipotético-deductivo, un diseño experimental, y un enfoque cuantitativo, con un nivel de estudio aplicativo. Los resultados mostraron que el sistema de bombeo funcionó de manera eficiente, llenando el tanque elevado en 55 minutos. Se empleó un panel solar inclinado a 36° para maximizar la captación de energía. La conclusión principal es que el sistema de bombeo con energía fotovoltaica es eficiente y ofrece una solución sostenible y amigable con el medio ambiente para el suministro de agua.

_(Pari, 2022), su trabajo realizado este titulado “Diseño del Sistema de Bombeo de Agua con Energía Fotovoltaica para el Reservorio de 25 m^3 en Pomaoca, Puno 2022” se enfoca en diseñar un sistema de bombeo de agua basado en energía solar para abastecer un reservorio de 25 m^3 en Pomaoca. Esta investigación aplicada, con enfoque cuantitativo, utilizó un diseño transversal no experimental y un nivel de estudio aplicativo. El análisis



se centró en el sistema de bombeo, empleando un muestreo no probabilístico y fichas de recolección de datos para obtener la información necesaria. El análisis concluye que el caudal de extracción del pozo varía entre 4.5 L/s y 7.5 L/s, y que para superar una altura dinámica total de 91.37 metros se necesita una electrobomba de 5 HP. El sistema fotovoltaico recomendado incluye 19 módulos de 300 W, 17 baterías de 12V/100 Ah y un inversor de 8206 W, asegurando una operación eficiente del sistema de bombeo.

_(Apaza, 2021), El estudio titulado “Mejoramiento del Sistema de Agua para Incrementar el Caudal mediante Bombeo Fotovoltaico en el Distrito Cabana, San Román, Puno” tuvo como objetivo mejorar y rediseñar el sistema de agua potable incrementando el caudal mediante el uso de tecnología de bombeo fotovoltaico. La investigación, realizada en 2021, empleó un enfoque descriptivo basado en la recopilación y análisis de datos para evaluar y dimensionar el sistema de bombeo solar. Los resultados indicaron que la altura dinámica total (HDT) es de 132.13 metros. El sistema de bombeo fotovoltaico propuesto incluye una bomba de 6 HP (equivalente a 4.4742 kW) y un módulo fotovoltaico de 400 W PERC monocristalino de la marca ERA, junto con un regulador de carga, una batería de almacenamiento con capacidad C20 de 22.85 Ah y C10 de 22 Ah, y un inversor cargador. Se observó que el sistema de bombeo existente, en operación durante más de 10 años, ha alcanzado el final de su vida útil. La comparación entre el sistema actual y el propuesto reveló que el sistema fotovoltaico puede superar en un 115% el caudal diario de bombeo del sistema convencional, destacando su superioridad en eficiencia y capacidad.

_(Sosa, 2017), Se llevó a cabo el estudio titulado “Diseño del Sistema de Bomba Solar utilizando Bomba Sumergible Híbrida con Variador de Velocidad para la Comunidad Quenafajja del Distrito de Acora, Provincia de Puno”. El objetivo principal de esta



investigación fue diseñar un sistema de bombeo de agua alimentado por energía solar, que incorpore paneles fotovoltaicos y un variador de velocidad, para optimizar el bombeo hacia un reservorio y su posterior distribución por gravedad, asegurando un suministro de agua adecuado y confiable para la comunidad. Para el desarrollo del diseño, se recopilaron datos clave sobre el número de familias, el caudal del pozo, las características de la bomba sumergible, los paneles fotovoltaicos, el variador de velocidad y las dimensiones del reservorio. Esta investigación aplicada utilizó métodos cuantitativos y se enfocó en encontrar la solución técnica y económica más eficiente que cumpla con los requisitos del diseño. Durante el proyecto se observó que la automatización del sistema proporciona múltiples beneficios, incluyendo tiempos de operación precisos, mayor eficiencia en el servicio y una reducción significativa en los costos de mano de obra. Además, la implementación de este sistema mejorará la calidad del suministro de agua, beneficiando directamente a la población con acceso a agua potable y, en consecuencia, una mejor calidad de vida.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Radiación Solar

El Sol emite radiaciones electromagnéticas que, al llegar a la Tierra, pueden ser convertidas en energía utilizable. Este fenómeno físico es fundamental para diversas aplicaciones energéticas, especialmente en el contexto de la energía solar renovable. La efectividad en la conversión de estas radiaciones en energía depende de cómo se capturan y utilizan, y está influenciada por varios factores, como la dirección y el ángulo de incidencia de la radiación (Heredia & Sánchez, 2018).

La radiación solar que llega a la Tierra se divide en tres componentes principales, cada uno con características distintas, debido a la interacción con la atmósfera terrestre. La combinación de estos componentes resulta en la radiación solar global que se recibe en la superficie terrestre como podemos ver en la **Figura 1**. La suma de estos tres componentes constituye la radiación solar global (Martinez, 2016)

- Radiación solar directa:

Este tipo de radiación es la que traspasa la atmósfera y alcanza la superficie de la Tierra sin haber sufrido dispersión alguna en su trayectoria.

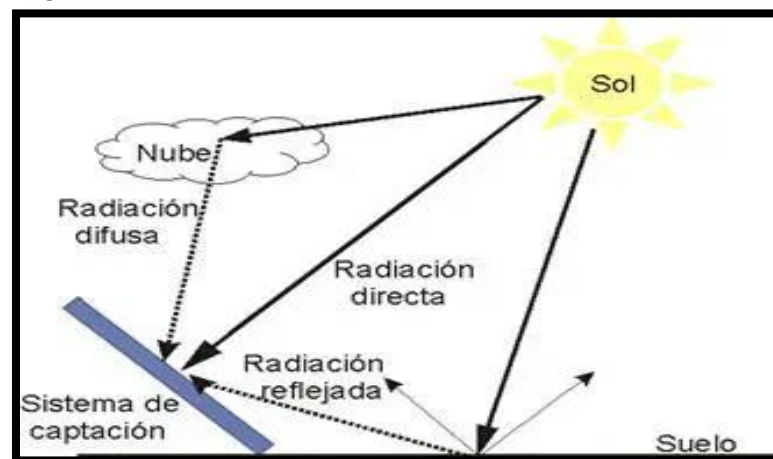
- Radiación solar difusa:

Es la radiación que alcanza la superficie de la Tierra tras haber sufrido múltiples desviaciones en su trayectoria, por ejemplo, por los gases presentes en la atmósfera.

- Radiación solar reflejada:

Es aquella fracción de radiación solar que es reflejada por la propia superficie terrestre, en un fenómeno conocido como efecto albedo.

Figura 1.
Componentes de la radiación solar



Nota: Esquema de representación de los componentes de radiación sobre una superficie. Adaptado de "estudio de arquitectura e interiorismo en Murcia" por J. Hernández ,2014. <https://pedrojherandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/copyright>



2.2.2. Geometría solar

La Tierra experimenta dos tipos principales de movimiento que afectan la recepción de la radiación solar: la traslación alrededor del Sol y la rotación sobre su propio eje. Estos movimientos tienen un impacto significativo en la posición del Sol en el cielo a lo largo del día y del año como podemos ver **Figura 2**. (Lamigueiro, 2016).

- **Movimiento de Traslación:**

Descripción: La Tierra se desplaza alrededor del Sol a lo largo de una órbita elíptica, completando una vuelta aproximadamente cada 365.25 días. Este movimiento es responsable de las variaciones estacionales y la longitud de los días a lo largo del año.

Impacto: Debido a la inclinación axial de la Tierra (aproximadamente 23.5°), la cantidad de radiación solar que recibe una región de la Tierra cambia a lo largo del año, resultando en las estaciones.

- **Rotación sobre el Eje:**

Descripción: La Tierra gira sobre su eje de rotación una vez cada 24 horas, creando el ciclo de día y noche. Este giro es responsable de la variación diaria en la posición del Sol en el cielo.

Impacto: La rotación afecta la trayectoria del Sol en el cielo, lo que determina la hora del día y la intensidad de la luz solar recibida en diferentes puntos de la Tierra.

Ángulos Solares y su Influencia:

La posición del Sol en el cielo puede ser descrita a través de varios ángulos geométricos que se definen en relación con la superficie terrestre y el Sol. Estos ángulos son cruciales para comprender la radiación solar incidente y su variación:



- **Latitud:**

Definición: Es el ángulo formado entre el plano ecuatorial de la Tierra y una línea que se extiende desde el centro de la Tierra hasta el punto considerado en la superficie.

Valores: La latitud varía de -90° en el Polo Sur a 90° en el Polo Norte. En el Ecuador, la latitud es 0° . La latitud determina la cantidad de radiación solar que un lugar recibe a lo largo del año y es fundamental para calcular la inclinación óptima de los paneles solares.

- **Longitud:**

Definición: Es el ángulo formado entre el radio terrestre que pasa por un punto específico en la superficie y el plano del meridiano de Greenwich.

Valores: La longitud se mide desde 0° en el meridiano de Greenwich hasta -180° hacia el este y $+180^\circ$ hacia el oeste. La longitud es crucial para determinar la hora local solar y coordinar sistemas de energía solar.

- **Declinación Solar:**

Definición: Es el ángulo entre los rayos solares y el plano del Ecuador terrestre al mediodía. Representa la posición del Sol en el cielo en relación con el Ecuador terrestre.

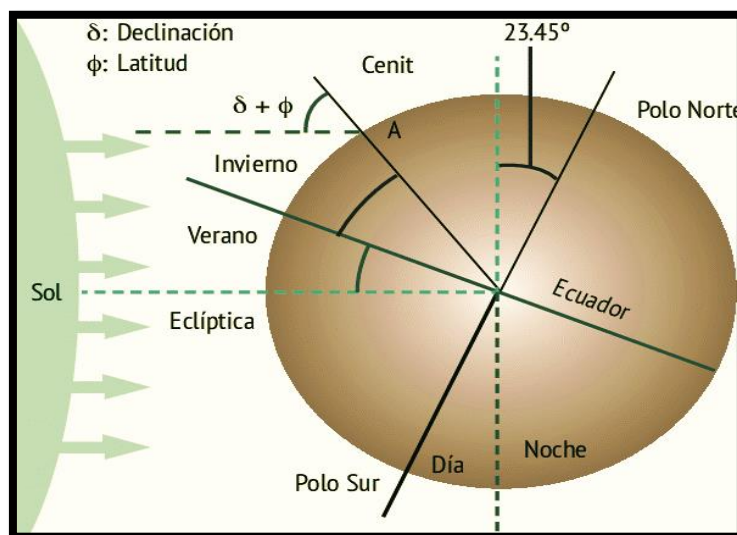
Variación: La declinación varía a lo largo del año entre $+23.45^\circ$ y -23.45° . Esta variación es responsable de los cambios estacionales en la altura del Sol al mediodía y en la duración de los días.

Signo Positivo (+): Cuando el Sol está más al norte del Ecuador terrestre, entre el 21 de marzo (equinoccio de primavera) y el 23 de septiembre (equinoccio de otoño), lo que resulta en días más largos y mayor altura del Sol en el cielo durante el verano en el hemisferio norte.

Signo Negativo (-): Cuando el Sol está más al sur del ecuador, entre el 23 de septiembre (equinoccio de otoño) y el 21 de marzo (equinoccio de primavera), resultando en días más cortos y menor altura del Sol en el cielo durante el invierno en el hemisferio sur.

En conclusión, estos ángulos geométricos (latitud, longitud y declinación) son esenciales para calcular la cantidad y la calidad de la radiación solar que llega a un lugar específico en la Tierra. Comprender estos factores permite una mejor planificación y diseño en la instalación de sistemas de energía solar, asegurando una captación óptima de la radiación solar y una mayor eficiencia en la generación de energía renovable.

Figura 2
Geometría solar



Nota: Ilustración de los ángulos con respecto a la posición relativa del sol. Adaptado por la página web Google imágenes https://www.researchgate.net/figure/FIGURA-21-Declinacion-solar_fig3_317370829.

2.2.3. Energía Solar Fotovoltaica

El efecto fotovoltaico es el principio físico que permite a las células fotovoltaicas convertir la luz solar directamente en electricidad. Este fenómeno ocurre cuando los fotones de la luz solar inciden sobre un material semiconductor, causando la liberación de electrones y generando una corriente eléctrica (Jara & Ramos, 2018)



- **Células Fotovoltaicas**

Las células fotovoltaicas, también denominadas celdas fotovoltaicas, son los componentes básicos en la conversión de energía solar en energía eléctrica. A continuación, se describe su funcionamiento y características (Ladrón, 2017).

Estructura y Funcionamiento:

Material Semiconductores: Las células fotovoltaicas están hechas de materiales semiconductores, como el silicio, que han sido tratados químicamente para formar dos capas con diferentes propiedades eléctricas. Una capa tiene una carga positiva (tipo p) y la otra una carga negativa (tipo n). Esta configuración crea un campo eléctrico interno en la célula.

Generación de Corriente Eléctrica: Cuando la luz solar incide sobre la célula fotovoltaica, los fotones de la luz transfieren su energía a los electrones en el material semiconductor. Este proceso hace que los electrones se liberen de sus átomos y se muevan hacia el campo eléctrico creado por la unión de las capas positivas y negativas. Los electrones libres se desplazan a través del material y son recogidos por los contactos eléctricos en la célula, generando así una corriente eléctrica continua (CC).

Tamaño y Color: Geométricamente, una célula fotovoltaica típica tiene un tamaño aproximado de 10 cm x 10 cm y suele tener un color azul oscuro debido al recubrimiento antirreflejante que ayuda a maximizar la absorción de luz.

Tratamiento Químico: El tratamiento químico del material semiconductor es esencial para crear el campo eléctrico necesario. El proceso implica dopar el material con elementos que alteren sus propiedades eléctricas, creando una



estructura que facilita la separación y el movimiento de los electrones libres generados por la incidencia de la luz solar.

- **Paneles Fotovoltaicos**

Las células fotovoltaicas individuales se agrupan para formar paneles fotovoltaicos, que son los componentes que se utilizan en la mayoría de los sistemas de energía solar. Los paneles fotovoltaicos se diseñan para maximizar la captura de luz solar y generar una cantidad significativa de electricidad.

Configuración: Un panel fotovoltaico está compuesto por múltiples células fotovoltaicas conectadas en serie y paralelo, lo que permite aumentar la tensión y la corriente eléctrica generada. Esta configuración permite que el panel produzca una cantidad mayor de energía eléctrica en comparación con una sola célula.

Montaje e Instalación: Los paneles fotovoltaicos se montan en estructuras que se colocan en ángulos óptimos para capturar la mayor cantidad de luz solar posible. Estos paneles se pueden instalar en techos, estructuras de soporte o en terrenos abiertos, dependiendo de las necesidades del sistema.

2.2.4. Sistema de bombeo fotovoltaico

El bombeo de agua utilizando energía solar fotovoltaica es una aplicación especializada dentro de los sistemas autónomos. Esta tecnología renovable ha demostrado ser crucial para el suministro y almacenamiento de agua, así como para el riego agrícola y ganadero.

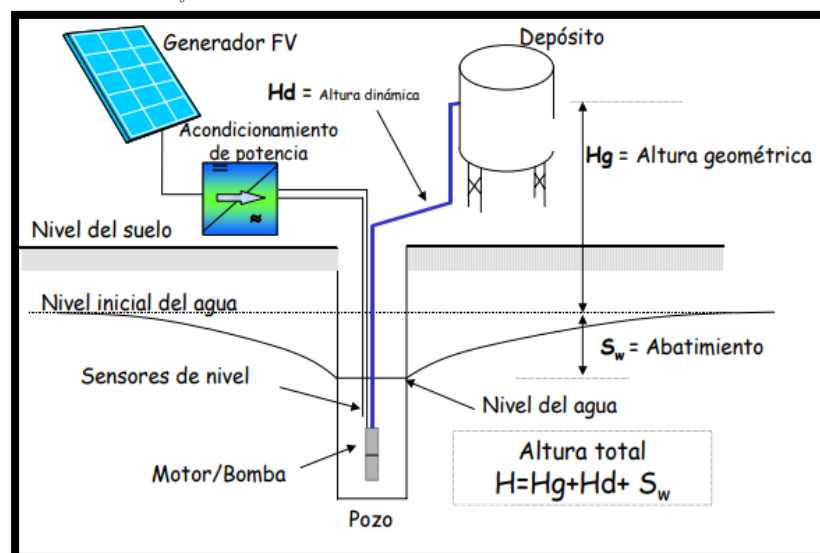
La elección de un sistema de bombeo impulsado por energía solar fotovoltaica en lugar de otras fuentes energéticas está influenciada principalmente por factores geográficos y económicos. Los

estudios indican que un proyecto de bombeo solar resulta económicamente viable cuando el ciclo hidráulico no excede los 1500 metros cúbicos (Abella, 2018).

Los principales factores que influyen en la configuración de un sistema de bombeo fotovoltaico incluyen (Cerna, 2021):

- **Condiciones Hidráulicas:**
 - La profundidad del nivel de agua en el pozo bajo la superficie.
 - La altura estática de elevación del agua por encima del nivel del suelo (por ejemplo, hasta un depósito de almacenamiento).
 - Las pérdidas adicionales de presión en tuberías y accesorios (altura dinámica).
- **Energía Suministrada por el Generador Fotovoltaico:**
 - La cantidad de energía producida a lo largo del día, que depende de la radiación solar y las condiciones climatológicas.

Figura 3.
Sistema de bombeo fotovoltaico



Nota: Esquema de componentes de un bombeo fotovoltaico. Adaptado del libro "Sistema de Bombeo solar fotovoltaico" por F. Romero, 2018.
[file:///C:/Users/HP/Downloads/componente45332%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/componente45332%20(3).pdf)



2.2.5. Componentes de un sistema de bombeo fotovoltaico

Un sistema de bombeo es aquel que mediante un equipo motor-bomba traslada un fluido desde un punto A hasta un punto B por medio de una tubería. El motor es alimentado con energía que puede ser eléctrica, este permite que la bomba transforme la potencia mecánica a una potencia de salida, aumentando la presión y velocidad provocando el bombeo de un líquido.

2.2.5.1. *Generador fotovoltaico.*

El generador fotovoltaico está compuesto por varios módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o en paralelo. Cada módulo está formado por unidades básicas llamadas células fotovoltaicas. La potencia de una célula fotovoltaica típica es de aproximadamente 3W. Dado que esta potencia es insuficiente para la mayoría de las aplicaciones, los fabricantes agrupan las células en módulos conectándolas en serie y/o en paralelo. La potencia de un módulo fotovoltaico depende del número de células que contiene. Por ejemplo, un módulo con 36 células conectadas en serie suele generar entre 50 y 100W, dependiendo del tamaño de las células. Si esta potencia no es suficiente para una aplicación específica, se pueden conectar varios módulos en serie y en paralelo hasta alcanzar la potencia requerida (Abela, 2018).

Orientación

La orientación de los módulos fotovoltaicos es crucial para maximizar la captación de energía solar. La mayor parte de la energía solar llega en línea recta, por lo que los módulos deben estar orientados hacia el sol. La orientación se determina mediante dos ángulos (Caipo, Chavez, Paico, & Valencia, 2019):



- **Azimut (α):** Es el ángulo que mide la desviación respecto al sur en el hemisferio norte (o el norte en el hemisferio sur). Para captar la máxima radiación durante el día, el módulo debe estar orientado hacia el ecuador terrestre ($\alpha = 0$).
- **Inclinación (β):** Es el ángulo formado entre la superficie del módulo y el plano horizontal. La inclinación óptima varía según las estaciones del año, alcanzando su valor máximo en el solsticio de verano y su mínimo en el solsticio de invierno. Puede ser conveniente tener dos inclinaciones diferentes para verano e invierno si hay una gran variación en el consumo estacional.

2.2.5.2. **Bomba**

- **Bombas centrífugas**

Las bombas centrífugas son adecuadas para pozos de diámetro pequeño y para almacenar agua en cisternas u otros depósitos. No se recomiendan para profundidades de aspiración superiores a 5 o 7 metros por debajo del nivel del suelo. Tienen una capacidad que varía de 1200 metros cúbicos por día a 10 metros cúbicos por día, y proporcionan un mayor caudal en comparación con las bombas volumétricas. Sin embargo, su eficiencia puede verse afectada por bajas irradiaciones solares, lo que reduce su potencia (Romero F. C., 2020).

- **Bombas volumétricas**

También conocidas como bombas de desplazamiento positivo, estas bombas son recomendadas para aplicaciones con caudales bajos en pozos profundos y para altas elevaciones. Su capacidad de aspiración varía desde 0,3 metros cúbicos al día y puede alcanzar elevaciones de 10 a 500 metros. Ofrecen un rendimiento superior en



comparación con las bombas centrífugas, son menos sensibles a las variaciones en la altura y son auto aspirantes (Romero F. C., 2020).

2.2.5.3. *Motor*

El sistema de bombeo solar fotovoltaico puede incluir un motor de corriente continua (CC) o corriente alterna (CA). Los arreglos de bombeo con sistemas fotovoltaicos incluyen (Farias, 2020):

- **Sistema de bombeo con motor CC**

La energía proporcionada por el generador fotovoltaico varía con la radiación solar y la temperatura a lo largo del día. El inversor CC/CC ajusta la impedancia entre el generador y el motor para maximizar la potencia disponible. El caudal de la bomba depende de la velocidad del motor, que a su vez está relacionada con el nivel de irradiancia. Es importante realizar un análisis económico del volumen del depósito de almacenamiento y considerar la altura de bombeo (Abella, 2018). Los componentes principales de este sistema son:

- Generador fotovoltaico
- Inversor CC/CC (opcional pero recomendable)
- Motor CC
- Bomba
- Depósito de almacenamiento

- **Sistema de bombeo con motor CA**

El generador fotovoltaico produce corriente continua, que el convertidor CC/CA transforma en corriente alterna monofásica o trifásica para alimentar el motor CA. Los motores de corriente alterna tienen una construcción simple, bajo mantenimiento y



costo reducido. La velocidad del motor puede ser regulada mediante sistemas de control electrónico (convertidores de frecuencia) incluidos en el inversor, permitiendo aprovechar al máximo los niveles bajos y altos de irradiancia en aplicaciones de bombeo fotovoltaico (Abella, 2018) Se recomienda usar motores CC para sistemas de baja potencia y motores CA para potencias mayores. Los principales componentes del sistema son:

- Generador fotovoltaico
- Convertidor CC/CA
- Motor CA
- Bomba
- Depósito de almacenamiento (opcional)

2.2.5.4. *Inversor*

El inversor convierte el voltaje de entrada de corriente continua (CC) generado por los paneles solares fotovoltaicos en corriente alterna (CA), permitiendo su uso en redes eléctricas o instalaciones eléctricas aisladas. Los inversores se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación hasta aplicaciones industriales de alta potencia (Aguirre, 2019).

Existen tipos de inversores, estos se aplican de acuerdo a la instalación a implementarse (Cely, 2017):

- **Autónomos:** Conectados a la salida del regulador de carga solar o a los bornes de las baterías, suelen ir a la salida de las baterías.
- **Conectados a la Red:** Conectados directamente a los paneles fotovoltaicos, pueden tener salida monofásica o trifásica, según la red a la que se conecten.



Estos inversores deben contar con un seguidor del punto de máxima potencia (MPP), un adaptador eléctrico que optimiza la potencia del generador independiente de la carga conectada.

2.2.5.5. *Pozo*

Un pozo es una estructura diseñada para captar agua de acuíferos, formaciones geológicas que acumulan agua subterránea (Gorka, 2012). Durante el bombeo, el nivel del agua en el pozo varía en función del caudal bombeado y el tiempo de bombeo. La diferencia entre el nivel estático y el nivel dinámico del agua es importante para dimensionar el sistema de bombeo, especialmente si se alcanza una profundidad de 30 metros o más en condiciones normales de operación (Arevalo, Viena, Fababa, & Lazaro, 2019).

El dimensionamiento del sistema de bombeo se basa en la altura manométrica, que incluye la altura geométrica estática (desde el nivel del agua en el pozo hasta el depósito de bombeo) y la altura dinámica, que se refiere a las pérdidas de carga en las tuberías de impulsión (Abella, 2018).

El dimensionamiento del sistema de bombeo se basa en la altura manométrica total, que incluye:

- **Altura Geométrica Estática:** La distancia desde el nivel del agua en el pozo hasta la superficie libre del agua en el depósito de bombeo, en condiciones estacionarias.
- **Altura Dinámica:** La altura adicional debida a las pérdidas de carga en las tuberías de impulsión, que depende de la longitud y el diámetro de las tuberías, así como de las características de los accesorios.



2.2.5.6. *Almacenamiento*

El almacenamiento se refiere a los depósitos diseñados para almacenar agua y abastecerla al sistema de manera continua. Los depósitos de almacenamiento permiten mantener autonomía en el suministro de agua, especialmente fuera de las horas de sol. Para asegurar una autonomía adecuada, el tamaño del depósito debe dimensionarse en función de los consumos fuera del horario solar. Se recomienda utilizar sistemas de almacenamiento a corto plazo para reducir la potencia necesaria del sistema de bombeo. El diseño del depósito debe considerar las variaciones en la altura manométrica que el llenado pueda provocar en el bombeo y la distribución posterior. Los depósitos deben estar diseñados para soportar la presión y el peso del agua almacenada (Romero C. , 2018).

2.3. **Marco Conceptual**

Óptimo: Utilizada como adjetivo que se caracteriza para dar credibilidad al objetivo aplicando diferentes parámetros o variables que facilitan el entendimiento que componen un sistema o proceso (Perez D. M., 2016).

Corriente Alterna (CA): Tipo de corriente eléctrica, se caracteriza por la magnitud y la dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos. La corriente que fluye por las líneas eléctricas y la electricidad disponible normalmente en las casas procedente de los enchufes de la pared es corriente alterna (Jara & Ramos, 2018).

Corriente Continua (CC): Es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, como la que fluye en una linterna o en cualquier otro aparato con baterías es corriente continua. (Jara & Ramos, 2018).



Horas sol pico: Número equivalente de horas a 1 kWh/m² de radiación solar que produce la misma cantidad de energía solar que bajo las condiciones reales de insolación.

Irradiancia solar: Utilizada para describir el valor de la potencia luminosa (energía/unidad de tiempo) incidente en un determinado instante por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. Sus unidades de medida son W/m (Aparicio, 2010).

Irradiación solar: También conocida como insolación se refiere a la cantidad de energía solar recibida durante un determinado periodo de tiempo. Su unidad de tiempo es Wh/m² (Aparicio, 2010).

Watt pico: Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el módulo a condiciones estándar de funcionamiento (Nilcs, 2018).



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de la investigación

El presente proyecto de investigación adopta un enfoque cuantitativo-explicativo, centrado en la aplicación rigurosa de métodos numéricos y fórmulas para el desarrollo y dimensionamiento del sistema fotovoltaico. Este enfoque permite un análisis detallado y preciso de los parámetros involucrados, asegurando la optimización del diseño fotovoltaico a través de cálculos matemáticos y la evaluación de diversas variables.

3.2. Diseño de la investigación

El presente estudio se caracteriza por un diseño "**no experimental**", dado que no se llevará a cabo una manipulación deliberada de las variables en estudio. En lugar de intervenir o alterar activamente las condiciones del entorno o las variables de interés, el enfoque del trabajo se centra en la observación y el análisis de datos existentes para comprender y explicar los fenómenos investigados.

3.3. Población

Para el estudio del proyecto, se definió como población objetivo a los residentes de la urbanización Qoriwata, ubicada en la ciudad de Juliaca, Perú. Esta urbanización es considerada una zona periurbana con aproximadamente 360 habitantes, quienes representan una muestra representativa en términos de edad, ocupación y nivel socioeconómico. La elección de esta población se basa en su relevancia para el estudio, considerando que la urbanización Qoriwata refleja las características



socioeconómicas y demográficas de la región. El análisis de esta población permitirá obtener datos específicos y aplicables a contextos similares en Juliaca y áreas circundantes.

3.4. Muestra

Para la recolección de los datos necesarios, se seleccionó como muestra una vivienda familiar que presenta una variedad de características estructurales. Esta vivienda está habitada por un grupo de seis personas, quienes ofrecen una representación diversa de las distintas variables de interés en el estudio. La selección de esta muestra se basa en su capacidad para reflejar de manera efectiva las distintas condiciones y características que se investigan.

3.5. Procedimiento metodológico

Para cumplir con los objetivos planteados en este trabajo de investigación, se implementó un procedimiento metodológico detallado. En primer lugar, se llevó a cabo una exhaustiva recopilación de información relevante, que incluyó la revisión de tesis previas, libros especializados, artículos científicos, y recursos en línea. Este proceso permitió asegurar una base sólida y actualizada de datos y teorías pertinentes al estudio. La información obtenida fue cuidadosamente evaluada y organizada para facilitar el desarrollo y análisis del estudio, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados.

3.6. Materiales y equipos

- ✓ Laptop
- ✓ Calculadora
- ✓ GPS
- ✓ Portal web Atlas Solar Global
- ✓ Bomba centrífuga
- ✓ Cámara fotográfica

- ✓ Equipo de protección personal
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Cronometro
- ✓ Tablero
- ✓ Lapicero

3.7. Ubicación del área en estudio

Departamento: Puno

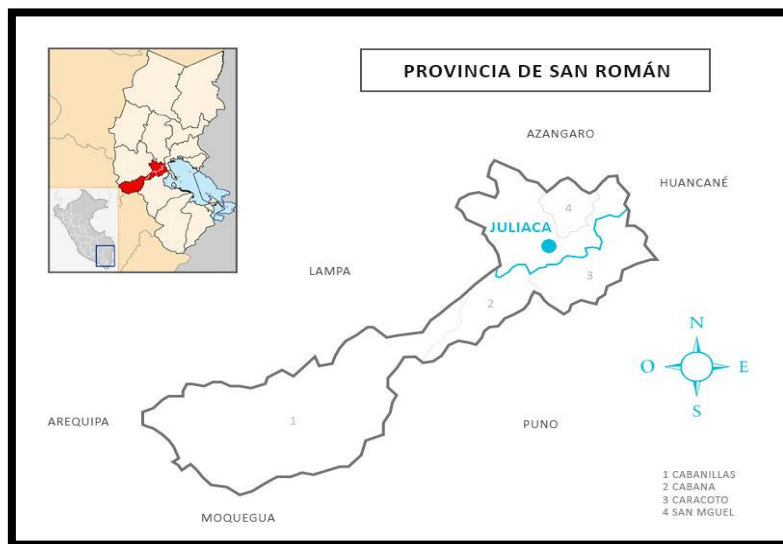
Provincia : San Román

Distrito : Juliaca

Urbanización : Qoriwata

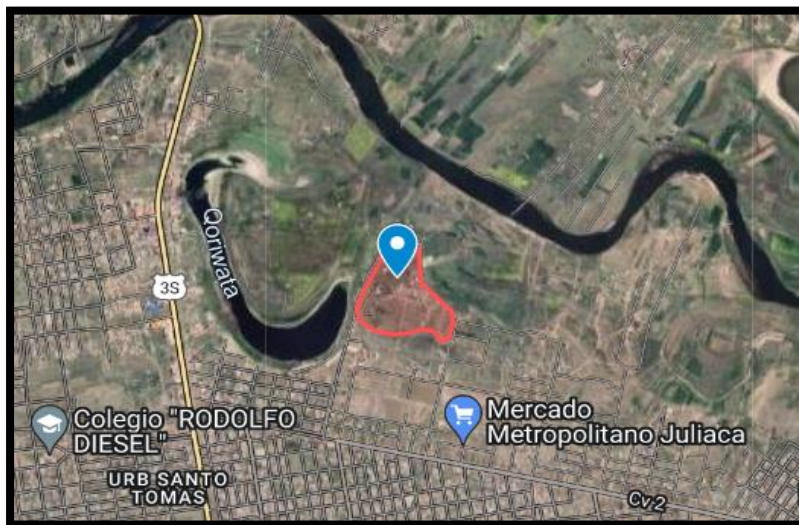
Latitud : -15.44982°

Figura 4
Macro localización del área de estudio



Nota: Ubicación del área de estudio por medio del mapa geográfico de Perú. Adaptado por la página web <https://es.wikipedia.org/wiki/Juliaca>

Figura 5
Micro localización del área de estudio



Nota: Ubicación del área de estudio por medio del mapa satelital. Adaptado por la aplicación de [GoogleMapsgoogle.com/maps/d/edit?hl=es&mid=1gZLaHmX4GOLg4pSOoOOtIBv8LALUnTo&ll=-15.452052679336433%2C-70.13507293733788&z=14](https://www.google.com/maps/d/edit?hl=es&mid=1gZLaHmX4GOLg4pSOoOOtIBv8LALUnTo&ll=-15.452052679336433%2C-70.13507293733788&z=14)

3.8. Metodología

Para cumplir con el objetivo establecido en este estudio, se siguió una metodología basada en los procedimientos descritos por (Luque, 2011) en su obra *Photovoltaic Science and Engineering (Ingeniería y Ciencia Fotovoltaica)*. Esta referencia proporciona un marco exhaustivo para la evaluación y aplicación de la energía fotovoltaica, y se utilizó como guía para calcular los parámetros necesarios para determinar la radiación solar en una ubicación específica.

Los pasos metodológicos adoptados son los siguientes:

- **Revisión Bibliográfica y Teórica:** Se realizó un análisis exhaustivo de la literatura existente sobre técnicas de cálculo de radiación solar y diseño de sistemas fotovoltaicos, basándose principalmente en el texto de (Luque, 2011). Esta revisión proporcionó una base sólida para entender los principios fundamentales y los procedimientos técnicos necesarios.



- **Determinación de Parámetros Clave:**
 - **Radiación Solar:** Se calcularon los parámetros necesarios para medir la radiación solar en la Urbanización Qoriwata. Esto incluye la evaluación de la irradiancia solar promedio, las variaciones estacionales y la influencia de factores climáticos locales.
 - **Ángulo de Inclinación y Orientación:** Se determinaron los ángulos óptimos de inclinación y orientación para los paneles fotovoltaicos en función de la latitud de la ubicación y las características específicas del sitio.
 - **Sombra y Obstáculos:** Se analizaron los posibles obstáculos y sombras que podrían afectar la eficiencia de los paneles solares, incluyendo la topografía del terreno y las estructuras circundantes.
- **Recopilación de Datos:**
 - **Mediciones In Situ:** Se llevaron a cabo mediciones directas en el sitio para recopilar datos sobre la radiación solar, las condiciones meteorológicas y otros factores ambientales relevantes.
 - **Uso de Instrumentos Especializados:** Se utilizaron equipos y software especializados para medir y analizar la radiación solar y otros parámetros técnicos, asegurando la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos.
- **Cálculo y Análisis:**
 - **Modelado Solar:** Utilizando los datos recopilados y los procedimientos descritos en el libro de Luque, se realizaron cálculos detallados para estimar la cantidad de energía solar disponible en la vivienda de la Urbanización Qoriwata.



- **Evaluación de Desempeño:** Se evaluaron las posibles configuraciones del sistema fotovoltaico para determinar su rendimiento óptimo y su capacidad para satisfacer las necesidades energéticas de la vivienda.
- **Implementación de Sistemas Fotovoltaicos:**
 - **Diseño del Sistema:** Con base en los cálculos y análisis realizados, se diseñó un sistema fotovoltaico adaptado a las condiciones específicas de la ubicación.
 - **Instalación y Monitoreo:** Se implementó el sistema y se realizó un monitoreo continuo para evaluar su funcionamiento y hacer ajustes si fueran necesarios.
- **Evaluación de Resultados:**
 - **Análisis Comparativo:** Se compararon los resultados obtenidos con los objetivos planteados para evaluar la efectividad del sistema en términos de reducción de costos y sostenibilidad ambiental.
 - **Informe Final:** Se elaboró un informe detallado con los hallazgos y recomendaciones basadas en el análisis de datos y la evaluación del desempeño del sistema fotovoltaico.

Este enfoque metodológico garantiza que el estudio no solo siga procedimientos técnicos rigurosos, sino que también se adapte a las características específicas de la Urbanización Qoriwata, proporcionando una solución eficiente y sostenible para la generación de energía solar.

Ya aclarado los puntos importantes que determina la metodología de investigación se procede a ejecutar los siguientes objetivos a continuación:



3.8.1 Determinar la radiación solar existente considerando las diferentes épocas climáticas en la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca.

Para el cumplimiento del presente objetivo se siguieron los procedimientos descritos por el libro de (Luque, 2011), Photovoltaic Science and Engineering (ingeniería y ciencia fotovoltaica); el cual indica el cálculo de los siguientes parámetros para determinar la radiación solar existente en una zona en específico siendo en este caso una vivienda de la Urbanización Qoriwata.

a) Declinación solar (°)

$$\delta = 23.45^\circ * \text{sen} \left(\frac{360(d_n + 284)}{365} \right)$$

Donde:

d_n : Días del año

b) Angulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal (°)

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\phi))$$

Donde:

δ : Angulo de declinación solar

ϕ : Latitud del área en estudio

c) Angulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado (°)

$$\omega_{ss} = \max \left(\omega_s; -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\phi - \beta)) \right)$$

Donde:

ω_s : Angulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal

δ : Angulo de declinación solar

ϕ : Latitud del área en estudio

β : Angulo de inclinación



d) Factor de excentricidad

$$\epsilon_0 = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{360 * d_n}{365}\right)$$

Donde:

d_n : Días del año

e) Irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal (Wh/m2)

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi}\right) * I_0 \epsilon_0 \left(-\left(\frac{\pi}{180}\right) * (\omega_s * \text{sen}(\phi) * \text{sen}(\delta)) - (\cos(\phi) * \cos(\delta) * \text{sen}(\omega_s))\right)$$

Donde:

T : Tiempo del día (horas)

I_0 : Factor de incidencia (1367)

ϵ_0 : factor de excentricidad

ω_s : Angulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal

ϕ : Latitud del área en estudio

δ : Angulo de declinación solar

f) Índice de claridad

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0}$$

Donde:

G_0 : Irradiación global horizontal (1861 Wh/m2)

H_0 : Irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal (Wh/m2)

g) Fracción difusa:

$$F_{Dm} = 1 - 1.13 K_{Tm}$$



Donde:

K_{Tm} : Índice de claridad

h) Radiación difusa sobre un plano horizontal

$$D_0 = F_{Dm} * G_0$$

Donde:

F_{Dm} : Fracción difusa

G_0 : Irradiación global horizontal (1861 Wh/m²)

i) Radiación directa que cae sobre un panel solar horizontal

$$H_{dm} = G_0 - D_0$$

Donde:

G_0 : Irradiación global horizontal (1861 Wh/m²)

D_0 : Radiación difusa sobre un plano horizontal

j) Radiación solar directa sobre un panel solar inclinado

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(0)} * K$$

Donde:

K : Factor de corrección (2.74)

H_{dm} : Radiación directa que cae sobre un panel solar horizontal

k) Radiación solar difusa sobre un panel solar inclinado

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 * \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

Donde:

D_0 : Radiación difusa sobre un plano horizontal

β : Angulo de inclinación



l) Radiación solar Albedo sobre un panel solar inclinado

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho * G_0 * \left(\frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right)$$

Donde:

ρ : Reflectividad del suelo

G_0 : Irradiación global horizontal (1861 Wh/m²)

β : Angulo de inclinación

m) Radiación solar global sobre un panel solar inclinado

$$R_G = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)}$$

Donde:

$H_{(\beta,\alpha)}$: Radiación solar directa sobre un panel solar inclinado

$D_{(\beta,\alpha)}$: Radiación solar difusa sobre un panel solar inclinado

$AL_{(\beta,\alpha)}$: Radiación solar Albedo sobre un panel solar inclinado

Finalmente, después de calcular la radiación solar utilizando las ecuaciones establecidas por (Luque, 2011), se llevó a cabo una comparación exhaustiva de los resultados obtenidos con los datos proporcionados por la plataforma web Atlas Solar Global de la NASA. Esta comparación se realizó para validar la precisión de los cálculos y asegurar que los resultados sean consistentes con las mediciones internacionales reconocidas. La plataforma Atlas Solar Global de la NASA ofrece datos detallados y confiables sobre la radiación solar en diferentes regiones del mundo, lo que permitió una evaluación comparativa rigurosa y una mayor fiabilidad en los hallazgos de esta investigación.



3.8.2 Determinar la potencia de la bomba requerida para propulsar el agua subterránea a un tanque elevado en los diferentes niveles de vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca.

Se realizó la medición del gasto de energía de bombeo de agua durante un tiempo estimado de 18 minutos; realizando todo ello con 5 repeticiones para tener resultados más certeros sobre el consumo de energía de la bomba de agua convencional de una vivienda de la ciudad de Juliaca.

- **Diámetro de tubería de impulsión**

El dimensionamiento del diámetro de la tubería de impulsión se realizó mediante la siguiente expresión:

$$D = 1.3 * X^{\frac{1}{4}} * \sqrt{Qb}$$

Dónde:

D: Diámetro de tubería (pulgadas)

X: Horas de bombeo de agua

Qb: Caudal de bombeo

- **Caudal de bombeo:**

$$Qb = Qmd * \left(\frac{24}{N}\right)$$

Donde:

N : Número de horas de bombeo (Horas)

Qb : Caudal de bombeo (m3/s)

Qmd: Caudal máximo diario (m3/s)

- **Potencia de bombeo**

$$Pb = \frac{1000 * Qb * HDT}{75 * \eta}$$



Dónde:

P_b : Potencia de la bomba (HP)

Q_b : Caudal de bombeo

HDT : Altura hidrodinámica total

Q_b : Eficiencia de la bomba (%)

3.8.3 Dimensionar el sistema fotovoltaico para el bombeo de agua subterránea para una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca.

Para el cumplimiento de ello se realizó el cálculo hidráulico tomando en consideración lo siguiente:

- **Potencia del generador fotovoltaico**

Se calculó la potencia total del generador fotovoltaico; siendo realizada mediante la siguiente expresión dada por (Davalos, 2019).

$$P_g = f.s. \frac{E_{POT.MEDIA}}{0.9 * HPT * KT}$$

Donde:

P_g : Potencia del generador (W)

$E_{POT.MEDIA}$: Potencia media (Wh/m²).

HPT : Hora sol pico (wh/día)

KT : Factor para el inversor

$f.s.$: factor de seguridad

- **Cantidad de paneles solares**

Se estimo la cantidad de paneles según la cantidad de Watio pico (Wp) que requiere la bomba para funcionar y (Wp) que posee el panel, según la siguiente ecuación:



$$\text{Cantidad de paneles} = \frac{Wp \text{ bomba}}{Wp \text{ Panel Solar}}$$

Donde:

Wp bomba: Cantidad de watio pico requerido por la bomba

Wp Panel Solar: Cantidad de watio pico establecido en el panel

- **Angulo de inclinación del panel**

Según Aquino (2017); para determinar el ángulo de inclinación; del módulo solar fotovoltaico se llevó a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$A = L - 23.5^\circ \text{sen} \left(\frac{T}{365.25} * 360^\circ \right)$$

Dónde:

L: Latitud del área en estudio

T: Número de días transcurridos a partir del equinoccio de la primavera

- **Altura del panel**

$$h = \text{sen}(A) * 1570 + 200$$

Donde:

h: Altura del módulo solar fotovoltaico

A: Angulo de inclinación

- **Distancia**

$$d = \frac{h}{\text{Tan}(61^\circ - A)}$$

Donde:

h: Altura del módulo solar fotovoltaico (m)

A: Angulo de inclinación (°)



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

4.1.1. Determinar la radiación solar existente de una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca.

Determinar la radiación solar existente en una vivienda de la urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca, se siguieron las directrices establecidas por (Luque, 2002) en su obra *Photovoltaic Science and Engineering* (Ingeniería y Ciencia Fotovoltaica).

Para cumplir este objetivo, se empleó un enfoque metodológico basado en la evaluación de dos parámetros climáticos clave: **baja nubosidad** y **alta nubosidad**. Estos parámetros fueron seleccionados debido a su impacto significativo en la radiación solar recibida, que puede variar considerablemente en función de las condiciones meteorológicas predominantes.

1. **Baja Nubosidad:** Este parámetro se refiere a las condiciones atmosféricas con poca o ninguna cobertura de nubes. En estos casos, la radiación solar alcanza la superficie de la vivienda con mayor intensidad. La baja nubosidad es común durante los días soleados y es crucial para evaluar la máxima radiación solar que puede recibir la vivienda en condiciones óptimas.
2. **Alta Nubosidad:** Este parámetro considera las condiciones con una alta cobertura de nubes, que reduce la cantidad de radiación solar que llega a la superficie. La alta nubosidad



es típica durante las temporadas de lluvias o días nublados, y su análisis es esencial para entender la variabilidad en la radiación solar durante estos periodos.

Para la evaluación de la radiación solar en la vivienda de la urbanización Qoriwata, se recogieron datos bajo estos dos parámetros durante diferentes períodos del año para capturar la variabilidad estacional. Los datos fueron obtenidos mediante la utilización de equipos de medición de radiación solar y análisis meteorológico, asegurando una evaluación precisa de la radiación solar en diversas condiciones climáticas.

Los resultados obtenidos permiten una comprensión detallada de la cantidad de radiación solar disponible en la vivienda bajo diferentes condiciones de nubosidad. Estos resultados se utilizan para evaluar la viabilidad de sistemas fotovoltaicos y otras aplicaciones que dependen de la radiación solar. La comparación de los datos de baja y alta nubosidad proporciona una visión integral de cómo las variaciones en las condiciones meteorológicas afectan la radiación solar y, en consecuencia, la eficiencia de los sistemas que la aprovechan.

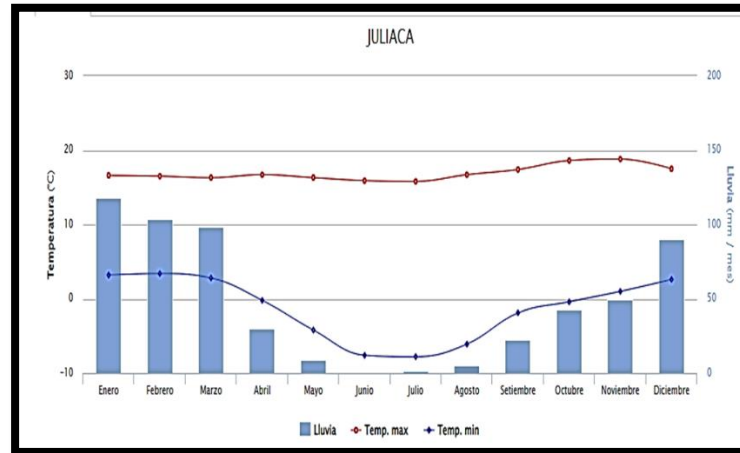
a) Cálculo de la declinación solar

$$\delta = 23.45^\circ * \text{sen} \left(\frac{360(d_n + 284)}{365} \right)$$

d_n Días del año: Para la evaluación del diseño del sistema fotovoltaico, se tomaron en cuenta las condiciones de nubosidad durante todo el año. Los datos sobre días con y sin nubosidad fueron obtenidos del análisis realizado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) **ver Figura 6**. Esta información es crucial para determinar la variabilidad en la disponibilidad de radiación solar y, por ende, para calcular la eficiencia del sistema fotovoltaico en diferentes condiciones

meteorológicas. El análisis de estos datos permite ajustar el diseño del sistema para asegurar un rendimiento óptimo y un abastecimiento continuo de agua para la Urbanización de Qoriwata en la ciudad de Juliaca, incluso en días con alta nubosidad.

Figura 6
Gráfico de temperatura promedio



Nota: Resumen anual de temperatura en Juliaca. Adaptado por Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú SENAMHI <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=21&localidad=0020#:~:text=20%C2%B0C%20%2F%208%C2%B0.Ci%20nublado%20lluvia%20frecuente>.

Teniendo en cuenta el gráfico de temperatura promedio de la ciudad de Juliaca obtenido por la plataforma del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), se clasificaron los días del año en función de la nubosidad. Basándonos en esta información, se consideraron aproximadamente 30 días como de alta nubosidad, mientras que los restantes 270 días se clasificaron como de baja nubosidad. Esta clasificación es esencial para el análisis del rendimiento del sistema fotovoltaico, ya que la cantidad de radiación solar disponible varía significativamente entre los días con alta y baja nubosidad. Al integrar estos datos en el diseño del sistema, se puede optimizar su capacidad para abastecer adecuadamente la Urbanización de Qoriwata, asegurando un suministro constante de agua incluso durante los períodos de mayor nubosidad.

Dónde:

d_n : Días del año



d_n baja nubosidad: 270 días

d_n alta nubosidad: 30 días

Variable 284: representa el número del último día relativo de equinoccio del año.

Variable 23.45°: grado de inclinación formado por los rayos del sol y el plano Ecuatorial. Su valor oscila entre +23.45° por el solsticio de verano y -23, 45° en el solsticio de invierno.

→ **Día con baja nubosidad**

$$\delta = 23.45^\circ * \text{sen} \left(\frac{360(d_n + 284)}{365} \right)$$

$$\delta = 23.45^\circ * \text{sen} \left(\frac{360(270 + 284)}{365} \right)$$

$$\delta = -2.61^\circ$$

→ **Día con alta nubosidad**

$$\delta = 23.45^\circ * \text{sen} \left(\frac{360(d_n + 284)}{365} \right)$$

$$\delta = 23.45^\circ * \text{sen} \left(\frac{360(30 + 284)}{365} \right)$$

$$\delta = -18.04^\circ$$

Durante la temporada de baja nubosidad, la declinación solar es de -2.61°, lo que indica que el ángulo de la radiación solar es relativamente más alto y que hay una mayor cantidad de radiación disponible debido a la menor presencia de nubes. En contraste, durante la temporada de alta nubosidad, la declinación solar es de -18.04°, lo que significa que el ángulo de incidencia de la radiación solar es significativamente más bajo. Esto resulta en una menor



cantidad de radiación solar que llega a la superficie, debido a la mayor presencia de nubes que bloquean y dispersan la luz solar.

b) Cálculo del ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\phi))$$

Donde:

δ : Angulo de declinación solar

δ baja nubosidad : -2.61°

δ alta nubosidad: -18.04°

ϕ : Latitud del área en estudio (-15.44982°)

→ **Día con baja nubosidad**

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(-2.61) * \tan(14.74))$$

$$\omega_s = -89.31^\circ$$

→ **Día con alta nubosidad**

$$\omega_s = -\arccos(-\tan(-18.04) * \tan(14.74))$$

$$\omega_s = -85.08^\circ$$

- **En temporada de baja nubosidad**, el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal es de -89.31° . Este valor indica que el sol sale en una dirección bastante cercana al este, dado que los ángulos negativos suelen representar posiciones hacia el sur desde una perspectiva de observador en el hemisferio norte, pero aquí se trata de una representación en relación con un plano horizontal.
- **En temporada de alta nubosidad**, el ángulo de salida del sol al amanecer es de -85.08° . Este valor es ligeramente mayor (menos negativo) en comparación con la temporada de baja nubosidad, lo que sugiere que, durante los días con más nubes, el sol sale un poco más hacia el noreste en comparación con los días más despejados.



Estos ángulos reflejan cómo la presencia de nubes puede afectar la percepción y el ángulo de salida del sol en el horizonte.

c) Cálculo del ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado

$$\omega_{ss} = \max(\omega_s; -\arccos(-\tan(\delta) * \tan(\phi - \beta)))$$

Donde:

ω_s : Angulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal

ω_s baja nubosidad: -89.31°

ω_s alta nubosidad: -85.08°

δ : Angulo de declinación solar

δ baja nubosidad : -2.61°

δ alta nubosidad: -18.04°

ϕ : Latitud del área en estudio (-15.44982°)

β : Angulo de inclinación (29.24° asumido según recomendación del libro)

- Día con baja nubosidad**

$$\omega_{ss} = \max(-89.31; -\arccos(-\tan(-2.61) * \tan(-15.45 - 29.24)))$$

$$\omega_{ss} = \max(-89.31; -93.99)$$

$$\omega_{ss} = -89.31^\circ$$

- Día con alta nubosidad**

$$\omega_{ss} = \max(-85.08; -\arccos(-\tan(-18.04) * \tan(-15.45 - 29.24)))$$

$$\omega_{ss} = \max(-85.08; -92.05)$$

$$\omega_{ss} = -85.08^\circ$$



Los valores dados para el plano horizontal son los mismos: -89.31° para la temporada de baja nubosidad y 85.08° para la temporada de alta nubosidad. Esto significa que el ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal refleja las mismas variaciones que se observan sobre el plano inclinado, sugiriendo que la influencia de la nubosidad afecta el ángulo de salida del sol de manera similar en ambos casos.

d) Cálculo del Factor de Excentricidad

$$\epsilon_0 = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{360 * d_n}{365}\right)$$

Donde:

d_n : Días del año

d_n baja nubosidad: 270 días

d_n alta nubosidad: 30 días

- **Día con baja nubosidad**

$$\epsilon_0 = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{360 * 270}{365}\right)$$

$$\epsilon_0 = 0.99$$

- **Día con alta nubosidad**

$$\epsilon_0 = 1 + 0.033 * \cos\left(\frac{360 * 30}{365}\right)$$

$$\epsilon_0 = 1.03$$

El factor de excentricidad en el área en estudio es de 0.99 durante la temporada de baja nubosidad y 1.03 durante la temporada de alta nubosidad. Esto indica que la órbita de la Tierra es ligeramente más elíptica en días nublados que en días despejados. Este cambio puede influir mínimamente en la cantidad de radiación solar recibida.



e) **Cálculo de la irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal**

$$H_0 = \left(\frac{T}{\pi} \right) * I_0 * \epsilon_0 \left(- \left(\frac{\pi}{180} \right) * (\omega_s * \text{sen}(\phi) * \text{sen}(\delta)) - (\cos(\phi) * \cos(\delta) * \text{sen}(\omega_s)) \right)$$

Donde:

T : Tiempo del día (24 horas)

I_0 : factor de incidencia (1367W/m² constante solar según recomendación del libro)

ϵ_0 : factor de excentricidad

ϵ_0 *baja nubosidad*: 0.99

ϵ_0 *alta nubosidad*: 1.03

ω_s : Angulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal

ω_s *baja nubosidad*: -89.31°

ω_s *alta nubosidad*: -85.08°

ϕ : Latitud del área en estudio (15.44982°)

δ : Angulo de declinación solar

δ *baja nubosidad* : -2.61°

δ *alta nubosidad*: -18.04°

- Día con baja nubosidad**

$$H_0 = \left(\frac{24}{\pi} \right) * I_0 * 0.99 \left(- \left(\frac{\pi}{180} \right) * (-89.31 * \text{sen}(14.74) * \text{sen}(-2.61)) - (\cos(14.74) * \cos(-2.61) * \text{sen}(-89.31)) \right)$$

$$H_0 = 19779.44 \text{ Wh/m}^2$$

- Día con alta nubosidad**

$$H_0 = \left(\frac{24}{\pi} \right) * I_0 * 1.03 \left(- \left(\frac{\pi}{180} \right) * (-85.08 * \text{sen}(14.74) * \text{sen}(-18.04)) - (\cos(14.74) * \cos(-18.04) * \text{sen}(-85.08)) \right)$$

$$H_0 = 8579.38 \text{ Wh/m}^2$$



En el área en estudio, la irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal es de 19779.44 Wh/m² durante la temporada de baja nubosidad y de 8579.38 Wh/m² durante la temporada de alta nubosidad. Esto indica que la cantidad de energía solar que llega al plano horizontal es mucho mayor en días despejados en comparación con los días nublados. La diferencia significativa en la irradiancia refleja cómo la nubosidad puede reducir considerablemente la cantidad de radiación solar disponible para aplicaciones como la generación de energía solar.

f) **Cálculo del índice de claridad**

$$K_{Tm} = \frac{G_0}{H_0}$$

Donde:

G_0 : Irradiación global horizontal (1861 Wh/m²)

H_0 : irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal

H_0 *baja nubosidad* : 19779.44 Wh/m²

H_0 *alta nubosidad*: 8579.38 Wh/m²

- **Día con baja nubosidad**

$$K_{Tm} = \frac{1861}{19779.4}$$

$$K_{Tm} = 0.09 \text{ Wh/m}^2$$

- **Día con alta nubosidad**

$$K_{Tm} = \frac{1861}{8579.38}$$

$$K_{Tm} = 0.21 \text{ Wh/m}^2$$

En el área en estudio, el índice de claridad es de **0.09 Wh/m²** durante la temporada de baja nubosidad y de **0.21 Wh/m²** durante la temporada de alta nubosidad. Este índice mide la



cantidad de radiación solar que llega a la superficie en relación con la cantidad esperada si no hubiera obstáculos atmosféricos. Un índice de claridad más alto durante la temporada de alta nubosidad indica que, a pesar de la presencia de nubes, hay una mayor proporción de radiación solar que alcanza la superficie en comparación con los días de baja nubosidad, cuando el índice es más bajo. Esto sugiere que la nubosidad puede afectar de manera diferente la radiación solar disponible en el área.

g) **Cálculo de la fracción difusa**

$$F_{Dm} = 1 - 1.13 K_{Tm}$$

Donde:

K_{Tm} : Índice de claridad

K_{Tm} baja nubosidad: 0.09 Wh/m^2

K_{Tm} alta nubosidad: 0.21 Wh/m^2

- Día con baja nubosidad

$$F_{Dm} = 1 - 1.13 * 0.09$$

$$F_{Dm} = \mathbf{0.89 \text{ Wh/m}^2}$$

- Día con alta nubosidad

$$F_{Dm} = 1 - 1.13 * 0.21$$

$$F_{Dm} = \mathbf{0.75 \text{ Wh/m}^2}$$

En el área en estudio, la fracción difusa de radiación solar es mayor durante la temporada de baja nubosidad (**0.89 Wh/m²**) en comparación con la temporada de alta nubosidad (**0.75 Wh/m²**). Esto indica que, a pesar de tener menos nubes en la temporada de baja nubosidad, la cantidad de luz solar difusa que llega a la superficie es mayor, lo cual puede reflejar una dispersión significativa de la radiación solar. En contraste, en días de alta nubosidad, aunque



hay más nubes que bloquean la radiación solar, la fracción difusa es menor. Estos datos muestran cómo las condiciones atmosféricas afectan la distribución de la radiación solar, siendo cruciales para la optimización de sistemas que dependen de la captación solar.

h) Cálculo de la radiación difusa sobre un plano horizontal

$$D_0 = F_{Dm} * G_0$$

Donde:

F_{Dm} : Fracción difusa

F_{Dm} baja nubosidad : 0.89 Wh/m^2

F_{Dm} alta nubosidad: 0.75 Wh/m^2

G_0 : Irradiación global horizontal (1861 Wh/m^2)

- **Día con baja nubosidad**

$$D_0 = 0.89 * 1861$$

$$D_0 = 1663.17 \text{ Wh/m}^2$$

- **Día con alta nubosidad**

$$D_0 = 0.75 * 1861$$

$$D_0 = 1404.86 \text{ Wh/m}^2$$

Esto indica que:

- **Durante la temporada de baja nubosidad**, la radiación difusa es más alta, con un valor de 1663.17 Wh/m^2 . Esto sugiere que, aunque hay menos nubes, la radiación solar difusa que llega a la superficie es considerable, lo que podría deberse a la dispersión de la luz solar por otras partículas atmosféricas.
- **En temporada de alta nubosidad**, la radiación difusa disminuye a 1404.86 Wh/m^2 . A pesar de que la presencia de nubes es mayor, la cantidad de radiación difusa que llega al plano horizontal es menor en comparación con la temporada de baja



nubosidad. Esto podría indicar que las nubes más densas bloquean una mayor proporción de la luz difusa.

En resumen, la radiación difusa es mayor en días con baja nubosidad que en días con alta nubosidad, reflejando cómo la dispersión de la radiación solar varía con las condiciones atmosféricas.

i) Cálculo de la radiación directa que cae sobre un panel solar horizontal

$$H_{dm} = G_0 - D_0$$

Donde:

G_0 : Irradiación global horizontal (1861 Wh/m²)

D_0 : radiación difusa sobre un plano horizontal

D_0 *baja nubosidad*: 1663.17 Wh/m²

D_0 *alta nubosidad*: 1404.86 Wh/m²

- **Día con baja nubosidad**

$$H_{dm} = 1861 - 1663.17$$

$$H_{dm} = 197.82 \text{ Wh/m}^2$$

- **Día con alta nubosidad**

$$H_{dm} = 1861 - 1404.86$$

$$H_{dm} = 456.13 \text{ Wh/m}^2$$

En el área en estudio, la **irradiación directa** sobre un panel solar horizontal es mayor durante la temporada de alta nubosidad (**456.13 Wh/m²**) en comparación con la temporada de baja nubosidad (**197.82 Wh/m²**). Este resultado sugiere que, a pesar de la presencia de nubes, la cantidad de radiación solar directa que alcanza el panel es significativamente mayor en días nublados. Esto podría indicar que las nubes permiten el paso de una cantidad considerable



de radiación solar directa o que hay características específicas en las condiciones meteorológicas que facilitan una mayor irradiación directa en estos días.

j) Cálculo de la radiación solar directa sobre un panel solar inclinado

$$H_{(\beta,\alpha)} = H_{dm(0)} * K$$

Donde:

K : Factor de corrección (2.74)

H_{dm} : radiación directa sobre un panel solar horizontal

H_{dm} baja nubosidad : $197.82 Wh/m^2$

H_{dm} alta nubosidad: $456.13 Wh/m^2$

- Día con baja nubosidad

$$H_{(\beta,\alpha)} = 197.82 * 2.74$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 542.03 Wh/m^2$$

- Día con alta nubosidad

$$H_{(\beta,\alpha)} = 456.13 * 2.74$$

$$H_{(\beta,\alpha)} = 649.79 Wh/m^2$$

Esto indica que:

- **En la temporada de baja nubosidad**, el panel inclinado recibe **542.03 Wh/m²** de radiación solar directa. Aunque hay menos nubes, este valor refleja una cantidad moderada de radiación directa que llega al panel.
- **En la temporada de alta nubosidad**, la radiación solar directa aumenta a **649.79 Wh/m²**. Este incremento sugiere que el panel inclinado capta más radiación solar directa en condiciones de alta nubosidad que en condiciones de baja nubosidad. Este fenómeno puede ser explicado por la inclinación del panel, que podría estar



optimizando la captación de radiación solar directa a pesar de la presencia de nubes. Además, la radiación puede ser más eficiente en días nublados debido a la forma en que las nubes dispersan la luz, permitiendo que más radiación solar directa llegue al panel.

k) Cálculo de la radiación solar difusa sobre un panel solar inclinado

$$D_{(\beta,\alpha)} = D_0 * \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right)$$

Donde:

D_0 : radiación difusa sobre un plano horizontal

D_0 baja nubosidad: 1663.17 Wh/m²

D_0 alta nubosidad: 1404.86 Wh/m²

β : Angulo de inclinación (29.24° asumido según recomendación del libro)

- Día con baja nubosidad**

$$D_{(\beta,\alpha)} = 1663.17 * \left(\frac{1 + \cos(29.24)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 1557.21Wh/m^2$$

- Día con alta nubosidad**

$$D_{(\beta,\alpha)} = 1404.86 * \left(\frac{1 + \cos(29.24)}{2} \right)$$

$$D_{(\beta,\alpha)} = 1315.36Wh/m^2$$

Esto indica que:

- Durante la temporada de baja nubosidad:** el panel inclinado recibe 1557.21 Wh/m² de radiación solar difusa. Este valor alto sugiere que, aunque las condiciones no son completamente despejadas, hay una cantidad significativa de luz solar difusa



que llega al panel. La inclinación del panel puede estar optimizando la captura de esta radiación difusa, que es importante cuando la luz directa es limitada.

- **En la temporada de alta nubosidad:** la radiación solar difusa disminuye a 1315.36 Wh/m². A pesar de la mayor cantidad de nubes, la radiación difusa es menor en comparación con la temporada de baja nubosidad. Esto puede ser debido a que las nubes más densas o extendidas bloquean más efectivamente la dispersión de la luz solar, reduciendo la cantidad de radiación difusa que llega al panel.

1) Cálculo de la radiación solar Albedo sobre un panel solar inclinado

$$AL_{(\beta,\alpha)} = \rho * G_0 * \left(\frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right)$$

Donde:

ρ : reflectividad del suelo (cuando el valor es desconocido es común asumir 0,2)

G_0 : Irradiación global horizontal (1861 Wh/m²)

β : Angulo de inclinación (29.24° asumido según recomendación del libro)

- **Día con baja nubosidad**

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 0.2 * 1861 * \left(\frac{1 - \cos(29.24)}{2} \right)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 23.61Wh/m^2$$

- **Día con alta nubosidad**

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 0.2 * 1861 * \left(\frac{1 - \cos(29.24)}{2} \right)$$

$$AL_{(\beta,\alpha)} = 23.61Wh/m^2$$



En el área en estudio, la radiación solar de albedo sobre un panel solar inclinado es de **23.61 Wh/m²**, tanto durante la temporada de baja nubosidad como en la de alta nubosidad.

Esto significa que la radiación reflejada desde el suelo y otras superficies hacia el panel solar inclinado mantiene un valor constante en ambas condiciones de nubosidad. Esta estabilidad en la radiación de albedo sugiere que el ángulo y la orientación del panel son efectivos para captar esta forma de radiación, independientemente de las variaciones en la nubosidad.

En resumen, el valor constante de la radiación solar de albedo indica que el panel inclinado está bien posicionado para aprovechar la luz reflejada en diversas condiciones meteorológicas, contribuyendo de manera consistente a la generación de energía solar.

m) Cálculo de la radiación solar global sobre un panel solar inclinado

$$R_G = H_{(\beta,\alpha)} + D_{(\beta,\alpha)} + AL_{(\beta,\alpha)}$$

Donde:

$H_{(\beta,\alpha)}$: radiación solar directa sobre un panel solar inclinado

$H_{(\beta,\alpha)}$ *baja nubosidad*: 542.03 Wh/m²

$H_{(\beta,\alpha)}$ *alta nubosidad*: 649.79 Wh/m²

$D_{(\beta,\alpha)}$: radiación solar difusa sobre un panel solar inclinado

$D_{(\beta,\alpha)}$ *baja nubosidad*: 1557.21 Wh/m²

$D_{(\beta,\alpha)}$ *alta nubosidad*: 1315.36 Wh/m²

$AL_{(\beta,\alpha)}$: radiación solar Albedo sobre un panel solar inclinado



$$AL_{(\beta,\alpha)}: 23.61Wh/m^2$$

- **Día con baja nubosidad**

$$R_G = 542.02 + 1557.21 + 23.61$$

$$R_G = 2122.85Wh/m^2$$

- **Día con alta nubosidad**

$$R_G = 649.79 + 1315.36 + 23.61$$

$$R_G = 1988.76Wh/m^2$$

En conclusión, en el área en estudio la radiación global sobre un plano inclinado es de 2122.85 Wh/m² durante la temporada de baja nubosidad y de 1988.76 Wh/m² durante la temporada de alta nubosidad. Estos valores reflejan la cantidad total de radiación solar recibida por el panel en diferentes condiciones meteorológicas.

Para facilitar la comparación de estos resultados, se elaboró una tabla comparativa (ver Tabla 2), que presenta los cálculos de la radiación solar en función de los parámetros de nubosidad en la urbanización de Qoriwata, de la ciudad de Juliaca. Esta tabla permite visualizar claramente cómo varía la radiación global según las condiciones de alta y baja nubosidad.

Además, para validar los resultados obtenidos, se llevó a cabo una comparación con los datos proporcionados por el sitio web Atlas Solar Global (ver **Anexo 2**). Esta comparación asegura la precisión de los cálculos y confirma la consistencia de los resultados en el contexto de las condiciones meteorológicas locales. La comparación de los datos obtenidos en el presente estudio con la información proporcionada por el Portal Web Atlas Solar Global (ver **Tabla 3**) muestra una alta similitud, lo que confirma la veracidad de los resultados obtenidos.



Tabla 2

Comparación del cálculo de la radiación solar en un día baja y alta nubosidad

DESCRIPCIÓN	BAJA NUBOSIDAD	ALTA NUBOSIDAD
Ángulo de declinación solar	-2.61°	-18.04°
Ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano horizontal	-89.31°	-85.08°
Ángulo de salida del sol al amanecer sobre un plano inclinado	-89.31°	-85.08°
Factor de Excentricidad	0.99	1.03
Irradiancia solar extraterrestre sobre un plano horizontal	19779.44 Wh/m ²	8579.38 Wh/m ²
Índice de claridad	0.094 Wh/m ²	0.21 Wh/m ²
Fracción difusa	0.89 Wh/m ²	0.75 Wh/m ²
Radiación difusa sobre un plano horizontal	1663.17 Wh/m ²	1404.86 Wh/m ²
Radiación directa que cae sobre un panel solar horizontal	197.82 Wh/m ²	456.13 Wh/m ²
Radiación solar directa sobre un panel solar inclinado	542.02 Wh/m ²	649.79 Wh/m ²
Radiación solar difusa sobre un panel solar inclinado	1557.21 Wh/m ²	1315.36 Wh/m ²
Radiación solar Albedo sobre un panel solar inclinado	23.61 Wh/m ²	23.61 Wh/m ²
Radiación solar global sobre un panel solar inclinado	2122.85 Wh/m²	1988.76 Wh/m²

Nota: Resumen de resultados hallados mediante fórmulas para obtener la radiación solar global sobre un panel solar inclinado en la urbanización de Qoriwata ciudad de Juliaca. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3

Cuadro comparativo de la radiación solar respecto al portal web Atlas Solar Global

ESPECIFICACIONES	RESULTADOS		PORTAL WEB ATLAS SOLAR GLOBAL
	BAJA NUBOSIDAD	CON NUBOSIDAD	
Radiación solar	2122.85 Wh/m ²	1988.76 Wh/m ²	2429.6 Wh/m ²

Nota: Se aprecia la comparación de los datos hallados de la radiación solar en una vivienda de la ciudad de Juliaca con respecto al sitio web Atlas Solar Global. Fuente: elaboración propia.



El balance de la radiación solar, considerando tanto la baja como la alta nubosidad, presenta un valor medio de **2055.8 Wh/m²**. Este valor medio es crucial para determinar la potencia necesaria del generador fotovoltaico, ya que proporciona una estimación precisa de la cantidad de radiación solar disponible que el sistema debe capturar y convertir en energía.

4.1.2. Determinar la potencia del bombeo de agua convencional para el abastecimiento de agua a un tanque elevado de una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca.

Para determinar la potencia necesaria del sistema de bombeo de agua convencional para abastecer un tanque elevado en una vivienda de la Urbanización Qoriwata, se llevó a cabo una serie de mediciones precisas del consumo de energía de la bomba.

- **Duración de las Mediciones:** Se realizó la medición del gasto de energía del sistema de bombeo durante un período estimado de **18 minutos**. Este intervalo de tiempo se seleccionó para capturar un ciclo representativo de operación de la bomba y obtener datos suficientes sobre su consumo energético.
- **Número de Replicaciones:** Con el fin de asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados, se realizaron **5 repeticiones** independientes de las mediciones. Cada repetición consistió en registrar el consumo de energía durante los 18 minutos especificados.
- **Objetivo de las Mediciones:** El objetivo de estas mediciones era obtener una evaluación precisa del consumo de energía de la bomba de agua convencional utilizada en una vivienda de la Urbanización Qoriwata. Los datos recolectados permiten calcular la potencia requerida para el bombeo de agua y asegurar un abastecimiento adecuado al tanque elevado de la vivienda.



- **Análisis de Datos:** Los resultados de las cinco repeticiones fueron analizados para determinar el promedio del consumo energético. Este promedio proporciona una estimación precisa de la potencia requerida por la bomba durante el ciclo de bombeo.

Esta metodología garantiza que los resultados obtenidos sean representativos y fiables, permitiendo la correcta determinación de la potencia del sistema de bombeo necesario para el suministro de agua a la vivienda.

a) Dotación

La dotación de agua para la vivienda se estableció de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) – Norma IS 0.10, que define la cantidad de agua necesaria según el área del terreno. En el caso de la vivienda con un área de 240 m² (**ver Anexo 5**), la dotación recomendada, según la Tabla del Reglamento (**ver Figura 7**), es de 1700 litros por día (L/día), equivalente a una tasa de 0.02 litros por segundo (l/s). Esta cantidad asegura un suministro adecuado de agua para cubrir las necesidades diarias de la vivienda.

Figura 7
Tabla de Dotación

Área total del lote en m ²	Dotación L/d
Hasta 200	1500
201 a 300	1700
301 a 400	1900
401 a 500	2100
501 a 600	2200
601 a 700	2300
701 a 800	2400
801 a 900	2500
901 a 1000	2600
1001 a 1200	2800
1201 a 1400	3000
1401 a 1700	3400
1701 a 2000	3800
2001 a 2500	4500
2501 a 3000	5000
Mayores de 3000	5000 más 100 L/d por cada 100 m ² de superficie adicional.

Nota: Dotación de consumo asumido por el área total del lote (L/d). Adaptado por el reglamento nacional de edificaciones RNE – norma IS0.10. www.efaidnbmnnnibpcajpcqlclefindmkaj/https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/03_IS/RNE2006_IS_010.pdf

b) Determinación de la oferta de agua de la captación propuesta

Se evaluó la oferta de agua del pozo situado en las coordenadas UTM: Este 379122.53 m y Sur 8286177.79 m.

El análisis reveló que el nivel estático del pozo, es decir, la profundidad del agua por debajo de la superficie cuando no se realiza bombeo, es de 3 metros. Después de bombear agua durante 18 minutos, el nivel dinámico, que indica la disminución del nivel de agua debido al bombeo, se redujo en 0.80 metros. Adicionalmente, el pozo tiene un diámetro de 2 metros y la altura desde el fondo del pozo hasta el espejo de agua es de 2.90 metros. Estos datos proporcionan una comprensión detallada de la capacidad de recuperación y el rendimiento del pozo en términos de suministro de agua.

Imagen 1
Muestra del pozo a realizar el estudio



Nota: Muestra del pozo de una vivienda familiar que se realizó el aforo, ubicada en la Urbanización de Qoriwata. Fuente: Elaboración propia

Imagen 2
Medidas del pozo



Nota: Obtención de datos para determinar el caudal de aforo. Fuente: Elaboración propia



Para obtener datos más precisos sobre el caudal del pozo, que incluye tanto la medición del área del pozo como la velocidad de desplazamiento del agua, se llevó a cabo un proceso de bombeo utilizando el método de prueba de bombeo. Este método implica varias etapas para garantizar resultados exactos y representativos:

- **Medición del Área del Pozo:** Se determinó el área transversal del pozo, la cual es esencial para calcular el volumen de agua desplazada durante el bombeo. El diámetro del pozo, que es de **2 metros**, fue utilizado para calcular esta área, y se consideró en el análisis de caudal.
- **Velocidad del Desplazamiento del Agua:** La velocidad a la que el agua es extraída del pozo se midió durante el bombeo para entender cómo varía el caudal bajo diferentes condiciones de operación.
- **Método de Prueba de Bombeo:** El procedimiento de prueba de bombeo se realizó mediante un aforo, que es un método estándar para evaluar el rendimiento del pozo. Este proceso implica bombear agua a una tasa constante mientras se monitorean y registran los cambios en el nivel del agua en el pozo.
- **Número de Replicaciones:** Para asegurar la precisión y confiabilidad de los datos, se realizaron 5 repeticiones independientes de la prueba. Cada prueba tuvo una duración de 18 minutos, permitiendo observar el comportamiento del pozo durante un período representativo de bombeo.
- **Análisis de Datos:** Los datos recopilados durante estas repeticiones incluyen la tasa de bombeo y las variaciones en el nivel de agua, lo que permite calcular el caudal promedio y evaluar la capacidad del pozo para mantener un flujo constante.



Este enfoque sistemático asegura que los resultados del caudal sean precisos y representativos del rendimiento real del pozo, facilitando una evaluación confiable de su capacidad para abastecer agua.

Tabla 4
Cálculo del caudal

Prueba	Velocidad de desplazamiento			Caudal		
	Distancia (D) m	Tiempo (T) s	Velocidad (Vd) m/s	Área del pozo m ²	Caudal de aforo m ³ /s	Caudal Promedio m ³ /s
1	0.80	1080	7.41E-04	1.77	0,00132	0.0013
2	0.82	1080	7.59E-04	1.77	0.00135	
3	0.81	1080	7.5 E-04	1.77	0.00133	
4	0.78	1080	7.22E-04	1.77	0.00127	
5	0.85	1080	7.87E-04	1.77	0.00139	

Nota: Resultado del caudal promedio por método de bombeo de un pozo obtenido mediante 5 tiempos. Fuente: Elaboración propia.

- **Caudal:**

$$Q = A_p * V_d$$

Donde:

Q : Caudal (m³/s)

A_p : Área del pozo (m²)

V_d : Velocidad de desplazamiento del agua (m/s)

- **Velocidad de desplazamiento del agua**

$$V_d = \frac{D}{T}$$

Donde:

V_d : Velocidad de desplazamiento del agua (m/s)

D : Distancia de desplazamiento (m)

T : Tiempo de desplazamiento (s)



El **caudal promedio** obtenido mediante el aforo de agua, utilizando la prueba de bombeo, es de **0.0013 m³/s**, lo que equivale a **1.3 l/s** (ver Tabla 4). Este caudal es superior a la demanda de agua requerida por la dotación de consumo establecida para una vivienda, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) – Norma IS 0.10 (ver Figura 7).

Antes de proceder con las siguientes etapas del estudio, se verificó si el caudal del pozo era suficiente para abastecer completamente la vivienda en la que se realizó el análisis. La evaluación confirmó que el caudal es adecuado y cubre la demanda de agua de manera óptima. Con esta conclusión, se determinó que el pozo cumple con los requisitos necesarios, permitiendo así avanzar con la investigación del proyecto sin inconvenientes.

c) Cálculo de la potencia de la bomba requerida

$$Pb = \frac{Qb * HDT}{75 * \eta}$$

Donde:

Pb : Potencia de la bomba

Qb : Caudal de bombeo

HDT : Altura hidrodinámica total

η : Eficiencia de la bomba (70%)

- **Caudal de bombeo:**

$$Qb = Qmd * \left(\frac{24}{N} \right)$$

Donde:

N : Número de horas de bombeo (Horas)

Qb : Caudal de bombeo (m³/s)

Qmd: Caudal máximo diario (m³/s)



Reemplazando:

$$Qb = 0.02 * \left(\frac{24}{0.30} \right)$$

$$Qb = 0.71 \text{ lps}$$

→ **Cálculo de la altura hidrodinámica total**

$$\boxed{HDT = He + Hftotal + Ps}$$

Donde:

HDT : Altura hidrodinámica total (m)

He: Altura estática (m)

Hftotal: Pérdida de carga total de tubería y accesorios (m.c.a)

Ps: Presión de salida de agua (m)

✚ **Cálculo de la pérdida de carga total de tubería y accesorios:**

$$\boxed{Hftotal = Hft + hfa}$$

✚ **Cálculo de la pérdida de carga total por tubería *Hft***

La selección de la pérdida de carga total de tubería se realizó mediante la fórmula de

Hazen Williams

$$\boxed{Hft = 10.674 x \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} x D^{4.78}} x L}$$

Donde:

Hft : Pérdida de carga total por tubería (PVC)

Q: caudal promedio del aforo de captación del pozo(m³/s)

C: coeficiente de rugosidad PVC

D: diámetro de tubería (m)

L: longitud de tubería (m)



Considerando el diámetro de tubería se basó mediante la Formula de Bresse a continuación:

$$D = Ko x \left(\frac{N}{24}\right)^{\frac{1}{4}} x \sqrt{Qb}$$

Donde:

Ko: coeficiente de Bresse con valor 1.3

N: número de horas de bombeo (0.30 h)

Qb: caudal de bombeo (0.0071 m³/s)

$$D = 1.3 x \left(\frac{0.30}{24}\right)^{\frac{1}{4}} x \sqrt{0.0071}$$

$$D = 0.037m x 39.37 pulg$$

$$D = 0.87 pulg$$

Consideramos el valor más próximo de diámetro de **1 pulg (0.0254 m)**

✚ **Procedemos a reemplazar el cálculo de la pérdida de carga total por tubería (*Hft*):**

$$Hft = 10.674 x \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} x D^{4.78}} x L$$

Donde:

Hft : Perdida de carga total por tubería (PVC)

Q: caudal promedio del aforo de captación del pozo (0.0013 m³/s)

C: coeficiente de rugosidad PVC (140)

D: diámetro de tubería (0,0508 m)

L: longitud de tubería (10.5 m)

$$Hft = 10.674 x \frac{0.0013^{1.852}}{140^{1.852} x 0.0508^{4.78}} x 10.5$$

$$Hft: 0,37 \text{ m.c.a}$$



✚ Cálculo de pérdida de carga total por accesorios (Hfa):

$$Hfa = \frac{K \times V^2}{2g}$$

Donde:

K: coeficiente de pérdida de carga por accesorios

V: velocidad del agua (m/s)

g: gravedad del agua (9.81m/s²)

Considerando la pérdida de carga (K) de los siguientes accesorios a utilizar:

*Tabla 5
Pérdida de carga de accesorios*

Accesorios	Cantidad	K	Total
codo de 45 °	1	0.4	0.4
codo de 90°	3	0.10	0.3
tee	1	0.10	0.10
válvula de retención	1	0.8	0.8
Sumatoria total			1.6

Nota: resultado de la pérdida de carga total (K) asumiendo necesario para la instalación. Fuente: Elaboración propia.

Considerando la velocidad del agua en la boca de entrada en el bombeo:

$$V = \frac{4 \times Qb}{\pi \times D^2}$$

$$V = \frac{4 \times 0.0071}{\pi \times 0.0508^2}$$

$$V = 3.5 \text{ m/s}$$

✚ Procedemos a reemplazar los datos para calcular la pérdida de carga total por accesorios:

$$Hfa = \frac{K \times V^2}{2g}$$



$$Hfa = \frac{1.6 \times 3.5^2}{2 \times 9.81}$$

$$Hfa = 1 \text{ m. c. a}$$

→ Obtenido los resultados de la pérdida de carga por tubería (Hft) y de accesorios (Hfa) se procede a reemplazar el cálculo de pérdida de carga total de tubería y accesorios:

$$\boxed{Hftotal = Hft + hfa}$$

$$Hftotal = 0.37 + 1$$

$$Hftotal = 1.37 \text{ m. c. a}$$

→ **Determinación de la altura hidrodinámica total (HDT)**

$$\boxed{HDT = He + Hftotal + Ps}$$

Donde:

He : Altura estática

He primer nivel : 2.15m

He segundo nivel: 5.65m

He tercer nivel: 9.15m

$Hftotal$: Pérdida de carga total de tubería y accesorios (1.37m.c.a)

Ps : Presión de salida de agua (2m)

Para determinar la potencia de bomba adecuada se realizó el muestreo de la Altura estática en diferentes niveles estructurales de viviendas:

Primer nivel:

$$HDT = 2.15 + 1.37 + 2$$

$$HDT = 5.52 \text{ m}$$



Segundo nivel:

$$HDT = 5.65 + 1.37 + 2$$

$$HDT = 9.02 \text{ m}$$

Tercer nivel:

$$HDT = 9.15 + 1.37 + 2$$

$$HDT = 12.52 \text{ m}$$

→ Al finalizar el hallazgo de los cálculos para asumir la potencia de la bomba se resume lo siguiente:

$$Pb = \frac{\gamma \times Qb \times HDT}{75 \times \eta}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos sabemos:

γ : peso específico del agua (1000 Kg/m³)

Qb : Caudal de bombeo (0.0071m³/s)

η : Eficiencia de la bomba (70%)

HDT primer nivel : 5.52 m

HDT segundo nivel : 9.02 m

HDT tercer nivel : 12.52 m

Primer nivel:

$$Pb = \frac{1000 \times 0.0071 \times 5.52}{75 \times 0.7}$$

$$Pb1 = 0.74 \text{ Hp}$$



Segundo nivel:

$$Pb = \frac{1000 \times 0.0071 \times 9.02}{75 \times 0.7}$$

$$Pb2 = 1.21 \text{ Hp}$$

Tercer nivel:

$$Pb = \frac{1000 \times 0.0071 \times 12.52}{75 \times 0.7}$$

$$Pb3 = 1.47 \text{ Hp}$$

La potencia requerida por la bomba varía con el nivel de agua, pero las diferencias observadas no son significativas. En base a los resultados obtenidos, se ha determinado que la potencia adecuada para la bomba es de 1 Hp. Dado que el diámetro y la profundidad del pozo son relativamente modestos, se ha optado por la bomba centrífuga de 1 Hp de la marca Rotoplas (**ver Anexo 6**) como la mejor opción, considerando sus características y el uso previsto.

A continuación, se detallan las características de consumo energético de la bomba centrífuga de 1 Hp, según la ficha técnica:

- Potencia: 746 W x 0.30 h = 223,8 Wh
- Tensión: 220 v
- Corriente máxima: 5,8 A

Con estos datos de consumo energético, el siguiente paso es determinar la potencia del generador fotovoltaico necesario. El objetivo es seleccionar un generador que supere las expectativas de consumo energético y sea adecuado para operar eficientemente la bomba centrífuga de 1 Hp. Esto garantiza que el sistema fotovoltaico pueda proporcionar la energía suficiente para el funcionamiento óptimo de la bomba, asegurando la viabilidad del proyecto.



4.1.3. Dimensionar el sistema de bombeo fotovoltaico para una vivienda de la Urbanización Qoriwata de la ciudad de Juliaca.

En relación con el objetivo específico 3 de diseñar un sistema de bombeo de agua fotovoltaico para una vivienda en la Urbanización Qoriwata, Ciudad de Juliaca, se ha llevado a cabo un proceso de dimensionamiento siguiendo las directrices establecidas por (Luque, 2002), en su obra “**Photovoltaic Science and Engineering**”. Este proceso incluye varias etapas clave para asegurar que el sistema fotovoltaico sea adecuado para las necesidades de la vivienda.

→ **Evaluación de Requisitos Energéticos:**

- Se determinó la **potencia de la bomba** necesaria, que se estableció en **1 Hp** basado en los datos de consumo energético de la bomba centrífuga seleccionada.
- Se calculó el **consumo energético diario** del sistema de bombeo, considerando la potencia de la bomba y el tiempo de operación.

→ **Selección de Componentes del Sistema Fotovoltaico:**

- **Paneles Solares:** Se seleccionaron paneles solares con suficiente capacidad para generar la energía requerida. La elección se basó en la irradiación solar promedio y la eficiencia de conversión de los paneles.
- **Baterías:** Se dimensionaron las baterías para almacenar la energía necesaria para operar la bomba durante las horas sin sol, garantizando un suministro continuo.
- **Controlador de Carga:** Se eligió un controlador de carga adecuado para regular la energía que se dirige a las baterías y proteger el sistema de sobrecargas.
- **Inversor:** Se seleccionó un inversor para convertir la energía de corriente continua (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC), si es necesario para el funcionamiento de la bomba.



→ **Cálculos y Resultados:**

- Se realizaron cálculos detallados para determinar el número de paneles solares necesarios, la capacidad de las baterías, y las especificaciones del controlador de carga y el inversor.
- Los resultados mostraron que el sistema fotovoltaico diseñado es capaz de cubrir la demanda energética de la bomba y asegurar un funcionamiento eficiente.

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico para el bombeo de agua se realizó con base en las consideraciones técnicas descritas por (Luque, 2002) asegurando que el sistema sea adecuado para las condiciones específicas de la Urbanización Qoriwata y cumpla con los requisitos de energía necesarios para la vivienda.

a) Potencia del generador fotovoltaico

Primeramente, se calculó la potencia total del generador fotovoltaico; siendo realizada mediante la siguiente expresión dada por (Davalos, 2019).

$$P_g = f.s. \frac{E_{POT.MEDIA}}{0.9 * HPT * KT}$$

Donde:

P_g : Potencia del generador (W)

$E_{POT.MEDIA}$: Potencia media (radiación solar 2055,8 Wh/m²(ver tabla 3).

HPT : Hora sol pico (3.71 Wh/día según el portal web Atlas Solar Global)

(Anexo 2)

KT : Factor para el inversor = 1 (bomba será alimentada a corriente continua)

$f.s.$: factor de seguridad = 1.2



$$P_g = 1.2 \frac{2055,8}{0.9 * 3.71 * 1}$$

$$P_g = 768.00 W$$

La **potencia nominal del generador fotovoltaico** es de **768.00 W**. Antes de proceder con el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se verificó si esta potencia era suficiente para operar de manera eficiente la bomba centrífuga seleccionada.

Para determinar la viabilidad, se compararon las potencias requeridas y generadas:

- **Potencia de la bomba centrífuga de 1 Hp:**

Consumo energético diario: $746 W \times 0.30 h = 223 W/h$

- **Potencia del generador fotovoltaico:**

Producción energética diaria: $768 W \times 0.30 h = 230 W/h$

La comparación entre la potencia requerida por la bomba y la producción del generador fotovoltaico indica que el generador fotovoltaico de **768 W** es adecuado para abastecer la bomba centrífuga de **1 Hp**. La producción del generador supera ligeramente la demanda de la bomba, confirmando que el generador fotovoltaico es viable y capaz de suministrar la potencia necesaria para el funcionamiento eficiente de la bomba.

b) **Determinación del número de paneles**

La potencia del generador fotovoltaico es de 768 W. Para calcular el número de paneles fotovoltaicos necesarios, siguiendo las directrices establecidas por (Luque, 2002), se optó por utilizar paneles con una potencia nominal de 50 W cada uno (**ver Anexo 7**). La elección del panel de 50 W se realizó para maximizar la eficiencia del sistema en relación con la potencia total requerida.

$$NP = \frac{P_g}{W_{Panel Solar}}$$



Donde:

NP : Número de paneles

P_g : potencia de generador (768 W)

$W_{PanelSolar}$: potencia del panel solar (50 W)

Reemplazando:

$$NP = \frac{768}{50}$$

$$NP = 16 \text{ paneles}$$

Dado que no se pueden instalar fracciones de paneles, se redondeó al número entero más cercano, que es **16 paneles**. Por lo tanto, se requiere un total de **16 paneles fotovoltaicos de 50 W** cada uno para alcanzar la potencia total necesaria de 768 W y garantizar el funcionamiento adecuado del sistema.

c) Cálculo del número de paneles en serie

Para determinar el número de paneles en serie, se calcula mediante la ecuación dada por (Davalos, 2019), mediante la siguiente expresión:

$$N_{p.serie} = \frac{V_{n.sgen}}{V_{n.p}}$$

Donde:

$V_{n.sgen}$: Sabemos que el Voltaje nominal del sistema de generación de la bomba (V) de 1 Hp es de 220 v (**ver Anexo 6**).

$V_{n.p}$: Para determinar el voltaje nominal del panel se obtuvo mediante los datos referenciales de tensión en función a la potencia del generador fotovoltaico (**ver Tabla 6**).



Tabla 6

Valores de tensión nominal

Potencia	Tensión nominal
$P \leq 800W$	12 V
$800 < P \leq 1600W$	24 V
$1600 < P \leq 3200W$	48 V
$P > 3200W$	96, 120 ó 300 V

Nota: Datos referenciales para determinar la tensión en función a la potencia del generador fotovoltaico. fuente Dávalos (2019).

En base a la potencia del generador fotovoltaico (768 W), es menor o igual a 800 w se determina como tensión nominal 12 V.

Reemplazando:

$$N_{p.serie} = \frac{220}{12}$$

$$N_{p.serie} = 10.25 = 10 \text{ paneles}$$

d) Cálculo del número de paneles en paralelo

Para determinar el número de paneles en paralelo, se calcula mediante la ecuación dada por (Davalos, 2019), mediante la siguiente expresión:

$$N_{p.paralelo} = \frac{NP}{N_{p.serie}}$$

Donde:

$N_{p.paralelo}$: Número de paneles en paralelo

NP : Número de paneles (16 paneles)

$N_{p.serie}$: Número de paneles en serie (10 paneles)



Reemplazando:

$$N_{p.paralelo} = \frac{16}{10}$$

$$N_{p.paralelo} = 1.56 = 2 \text{ paneles}$$

Como resultado se tendrá 2 paneles en paralelo; por ello se puede decir que el módulo solar estará comprendido por 16 paneles solares (10 paneles en serie y 2 en paralelo)

Como resultado del cálculo, se determinó que se necesitarán **16 paneles solares** en total para cumplir con la potencia requerida. Para optimizar el sistema, los paneles se configurarán de la siguiente manera:

- **10 paneles en serie:** Esto asegura que el voltaje total del sistema alcance el nivel necesario para el funcionamiento del generador fotovoltaico.
- **2 grupos de paneles en paralelo:** Cada grupo de paneles en serie se conectará en paralelo para garantizar la capacidad de corriente adecuada y mantener la estabilidad del sistema.

Por lo tanto, el módulo solar estará compuesto por **16 paneles solares**, organizados en **10 paneles conectados en serie y 2 cadenas de paneles en serie conectadas en paralelo.**

Esta configuración permite alcanzar la potencia total de **768 W** necesaria para el sistema, optimizando tanto el voltaje como la corriente para un rendimiento eficiente del sistema fotovoltaico.

e) Modelamiento de posición

→ Angulo de inclinación

Según (Aquino, E, 2017); para determinar el ángulo de inclinación; del módulo solar fotovoltaico se llevará a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$A = L - 23.5^\circ \text{sen} \left(\frac{T}{365.25} * 360^\circ \right)$$



Donde:

L: Latitud (14.7392° del área en estudio)

T: Número de días transcurridos a partir del equinoccio de la primavera (263 días)

$$A = 14.7392 - 23.5^{\circ} \text{sen} \left(\frac{263}{365.25} * 360^{\circ} \right)$$

$$A = 15.64^{\circ}$$

El ángulo de inclinación del módulo solar fotovoltaico para el área en estudio será de 15.64°

→ **Orientación**

Según (Aquino, E, 2017) la **orientación de un módulo solar** se define como el ángulo formado entre la dirección del meridiano y la perpendicular a la superficie del módulo. En el hemisferio norte, este ángulo se mide respecto al sur, mientras que, en el hemisferio sur, se mide respecto al norte.

Para maximizar la captación de energía solar, se recomienda orientar los módulos solares fotovoltaicos hacia el **norte magnético** de la Tierra. Esta orientación asegura que los paneles reciban la mayor cantidad posible de radiación solar durante el día, optimizando así la eficiencia y la producción de energía del sistema fotovoltaico.

→ **Altura**

Para determinar la altura adecuada de instalación de los módulos solares, se considera un ángulo de inclinación de **15.64°**. Según las recomendaciones de (Aquino, E, 2017), el cálculo de la altura se realiza multiplicando el ángulo de inclinación por una altura base recomendada de **1570 mm**. A esta altura base, se deben añadir **200 mm** adicionales para el soporte de los módulos.

$$h = \text{sen}(A) * 1570 + 200$$



Donde:

h: Altura del módulo solar fotovoltaico

A: Angulo de inclinación del módulo solar fotovoltaico

$$h = \text{sen}(15.64) * 1570 + 200$$

$$h = 623.26 \text{ mm} = 0.62 \text{ m}$$

La altura en la que estará ubicado cada módulo solar fotovoltaico sobre la superficie terrestre será de 0.62 metros.

→ **Distancia**

Según (Vargas, 2018), para estimar la distancia adecuada entre las filas de módulos solares, se deben tener en cuenta las propiedades del panel y su inclinación, así como el impacto de las sombras proyectadas. La distancia horizontal *d* entre las filas de módulos, que deben tener una altura *h*, debe ser suficiente para asegurar que cada fila reciba un mínimo de **cuatro horas de sol** durante el mediodía del solsticio de invierno. Esta separación es crucial para evitar la sombra de una fila de paneles sobre la fila siguiente, maximizando así la captación de radiación solar. La distancia *d* se puede calcular utilizando la siguiente expresión:

$$d = \frac{h}{\text{Tan}(61^\circ - A)}$$

Donde:

h: Altura del módulo solar fotovoltaico (0.62m)

A: Angulo de inclinación (15.64°)

$$d = \frac{0.62}{\text{Tan}(61^\circ - 15.64)}$$

$$d = 0.61 \text{ m}$$

La distancia de cada módulo solar fotovoltaico será de 0.61 m equivalente a 61 cm.



4.2. Discusión.

- Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran diferencias notables en comparación con el diseño de bombeo solar propuesto por (Perez V. D., 2022). En el estudio, se abordó un sistema de bombeo solar a una altitud de 32 metros, con un caudal de bombeo de 6.353 lps y una potencia requerida de 40 Hp. Para satisfacer estos requisitos, se estimó una capacidad fotovoltaica de 30,278.98 Wp. Agustín diseñó un sistema compuesto por 56 módulos solares, organizados en 14 paneles conectados en serie y 4 cadenas en paralelo, cada panel con una potencia nominal de 310 Wp. Esta configuración se ajusta al rango de tensiones y corrientes de entrada del inversor seleccionado.
- En comparación con el estudio de (Rosales, 2021), el presente estudio revela diferencias en los diseños de los sistemas de bombeo solar. Rosales diseñaron un sistema para el poblado de Muchic con un caudal de **6.0 m³/h**, una altura de bombeo de **20 metros**, y una bomba sumergible de **546.08 W**. Utilizaron paneles fotovoltaicos de **370 W** de la marca BAUER. En contraste, el presente estudio tiene diferentes requisitos y condiciones, afectando la elección del equipo y la configuración del sistema. Las variaciones en caudal, altura de bombeo y características del equipo subrayan cómo cada diseño debe adaptarse a las condiciones específicas del sitio y las necesidades operativas. Estas diferencias destacan la importancia de personalizar el diseño del sistema fotovoltaico para optimizar su eficiencia y eficacia en función de los requisitos particulares de cada proyecto



- En conclusión, el análisis comparativo entre el presente estudio y el de (Garcia, 2022) pone de manifiesto diferencias clave en el diseño y la implementación de sistemas de bombeo solar. Garcia utilizó una electrobomba centrífuga de **3 HP** junto con **15 paneles fotovoltaicos de 330 Wp**, alcanzando una potencia instalada de **4950 Wp**. Su estudio concluyó que el sistema fotovoltaico es una opción rentable a largo plazo en comparación con las motobombas a gasolina o diésel, que presentan una vida útil más corta y mayores costos operativos.

Estas diferencias destacan cómo los requisitos específicos del proyecto y las consideraciones económicas influyen en la selección de equipos y la configuración del sistema. El estudio de Garcia resalta las ventajas de los sistemas fotovoltaicos en términos de durabilidad y coste-efectividad a largo plazo, subrayando la importancia de adaptar el diseño del sistema a las condiciones particulares y los objetivos del proyecto para maximizar la eficiencia y sostenibilidad del sistema de bombeo solar.



CONCLUSIONES

- Para determinar la radiación solar disponible, se utilizó un enfoque basado en las consideraciones del libro *“Photovoltaic Science and Engineering”* y se corroboraron los datos obtenidos con el portal web Atlas Solar Global. Esta metodología combinada permitió una evaluación rigurosa y precisa de la radiación solar, asegurando la validez de los resultados. La referencia a fuentes especializadas y la verificación a través de herramientas reconocidas garantizan que los datos utilizados para el diseño del sistema fotovoltaico sean confiables y adecuados para el contexto del estudio.
- En respuesta a las variaciones estacionales, se analizaron dos condiciones de radiación solar: alta nubosidad y baja nubosidad. Los datos obtenidos muestran una radiación de **2122.85 kWh/m²** durante periodos de baja nubosidad y **1988.76 kWh/m²** durante periodos de alta nubosidad. Para optimizar el diseño del sistema fotovoltaico, se calculó un balance de la radiación media, que resultó ser **2055.8 kWh/m²**. Este valor medio proporciona una base sólida para el diseño, asegurando que el sistema fotovoltaico sea eficiente y adecuado para las condiciones variables de radiación solar a lo largo del año.
- El caudal de aforo obtenido para la captación subterránea fue de **1.3 l/s**, lo cual se ajusta adecuadamente a la demanda de consumo de agua de la vivienda. Tras evaluar el caudal disponible y las necesidades de abastecimiento, se determinó que un tanque elevado con una capacidad de **1100 litros** es apropiado para garantizar un suministro continuo y eficiente. Esta capacidad de almacenamiento asegura que el sistema pueda manejar tanto



las variaciones diarias en el consumo como las posibles fluctuaciones en el caudal disponible, optimizando así el suministro de agua a la vivienda.

- La selección de la bomba para el sistema se basó en las fórmulas de Hazen-Williams y Bréese, que consideraron la altura manométrica y el caudal requerido, resultando en la elección de una bomba centrífuga TCP130 de **1 HP**. Para el sistema fotovoltaico, se diseñó una configuración con una potencia total de **768 Wp**, compuesta por **16 paneles solares** (10 en serie y 2 en paralelo), cada uno con una capacidad de **50 W**. Esta configuración asegura que el sistema fotovoltaico proporcione la energía necesaria para operar de manera eficiente el sistema de bombeo de agua.
- Cada módulo solar se instalará con una inclinación de **15.64°** y a una distancia de **0.62 m**, orientado hacia el Norte, para maximizar la captación de energía solar. Con este diseño, se concluye que el sistema fotovoltaico proporcionará un suministro adecuado de energía para abastecer de agua subterránea a una vivienda familiar, optimizando así el acceso y uso del recurso hídrico.



RECOMENDACIONES

PRIMERO: Antes de iniciar la fase experimental, es crucial realizar un análisis exhaustivo del dimensionamiento del generador fotovoltaico para el bombeo de agua subterránea. Este análisis debe considerar diversos factores, tales como la radiación solar media (kW/m^2), el tipo y la potencia de la bomba, así como la ubicación y el área de instalación del sistema. Un estudio detallado de estos elementos permitirá optimizar el diseño del sistema, asegurando su eficiencia y adecuación para las condiciones específicas del proyecto.

SEGUNDO: Se recomienda sobredimensionar el sistema fotovoltaico para maximizar las horas de operación diaria. Sobredimensionar el sistema permitirá que funcione durante períodos prolongados, incluso cuando la radiación solar no sea óptima. Esto asegura que el sistema pueda operar eficientemente más allá de las horas pico de radiación solar, proporcionando un suministro más consistente y confiable de energía para el bombeo de agua.

TERCERO: Se recomienda que, si se desea operar el sistema de bombeo de agua durante las horas nocturnas o en condiciones de baja radiación solar, se utilice un generador de respaldo o un sistema de almacenamiento en batería. Las baterías pueden almacenar la energía generada durante el día, permitiendo que el sistema funcione de manera continua incluso después de la puesta del sol o durante períodos nublados. Alternativamente, un generador de respaldo puede proporcionar energía adicional cuando la capacidad de las baterías no sea suficiente. Implementar estas opciones de respaldo garantizará que el sistema de bombeo mantenga su funcionalidad y eficacia en todo



BIBLIOGRAFÍA

Abela, M. (2018). *sistemas fotovoltaicos* . CIEMAT.

Abella, M. A. (2018). *sistema de bombeo fotovoltaico*. CIEMAT.

Aguirre, A. (2019). *Bombeo solar fotovoltaico* . USTA.

Agustin, V. (2022). Diseño del sistema de agua potable por bombeo fotovoltaico para el Cantón Alta Vista, Aldea El Rodeo, San Marcos. *Revista de Investigación Proyección Científica*, 1 - 12.

Alfaro, J. (2016). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar de agua al cacero plan Manzanas, provincia y departamento Cajamarca-2016*. Cajamarca - Perú: Repositorio César Vallejo.

Aparicio, M. P. (2010). *Radiación solar y su aprovechamiento energético*.

Apaza, P. (2021). *Mejoramiento del Sistema de agua para incrementar caudal de agua aplicando Bombeo fotovoltaico en Distrito Cabana, San Roman, Puno*. Callao: Universidad César Vallejo.

Aquino, E. (2017). *Determinación de la energía solar para el diseño bioclimático de viviendas en la ciudad de Juliaca región Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Arévalo, E., & Viena, G. (2019). *Dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua para el caserío de Pamashto en Lamas, utilizando energía solar fotovoltaica*. Tarapoto - Perú: Repositorio Universidad César Vallejo.



Arevalo, E., Viena, G., Fababa, R., & Lazaro, E. (2019). *Dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua para el caserío de Pamashto en Lamas, utilizando energía solar fotovoltaica*. Tarapoto: Universidad Cesar Vallejo.

AutoSolar. (06 de Abril de 2020). *Energía Solar*. Obtenido de <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/energia-solar-fotovoltaica-que-es-beneficios>

Bermeo, E., & Silva, A. (2022). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el centro poblado Puerto Tamborapa, distrito Chirinos - San Ignacio*. Jaén: Universidad Nacional del Jaén.

Bustamante, C. (2020). *Análisis multicriterio basado en un SIG enfocado a determinar áreas potenciales para el emplazamiento de un relleno sanitario en el cantón Santa Rosa, provincia de el Oro*. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador.

Caipo, J., Chavez, C., Paico, D., & Valencia, Y. (2019). *El funcionamiento de la energía solar fotovoltaica en las zonas rurales del Perú entre los años 2010 -2018*. Lima: Universidad Tecnológica del Perú.

Ccahuana Dueñas, L. (2020). *Diseño de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico para Abastecer Agua al Caserío CP14, Distrito Tambo Grande – Piura*". Chiclayo .

Cely, L. (2017). *bombeo solar fotovoltaico*. USTA.

Cerna, L. (2021). *Diseño del Sistema de Bombeo con Energía Sustentable Para Abastecer Agua de Riego al Anexo Chakiqampa – Vinchos – Huamanga – Ayacucho*. Lima: Universidad César Vallejo.



Choque, J. (2022). *Diseño e instalación de un sistema de bombeo fotovoltaico para un pozo de agua subterránea en el distrito de Sama – Tacna*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Comisión Nacional de Riego. (2018). *Manual de inspeccion y revision de sistemas Fotovoltaicos*. Santiago de Chile: Ministerio de agricultura.

Dávalos, J. (2019). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el caserío la Guayaba, distrito de Bellavista, Jaén – Cajamarca*. Jaén: Universidad Nacional del Jaén.

Farias, C. A. (2020). *DISEÑO DE SISTEMA DE BOMBEO A BASE DE ENERGÍA SOLAR PARA SUMINISTRO DE AGUA*.

Garcia, J. C. (2022). *Diseño de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar fotovoltaica*. Ica.

Gorka, E. (2012). *Automatizacion de sistema de Riego por goteo*. España: Universidad Publica de Navarra.

Heredia, C., & Sánchez, D. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado para terrenos de cultivo de espárragos del fundo inca verde en el sector pampas la Sandia Provincia de Chepén - departamento de la Libertad*. Pimentel: Universidad Señor de Sipan.

Hernández, R., & Mendoza, C. (2014). *Metodología d ela investigación: Las rutas cuantitativa,cualitativa y mixta*. Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.



Hospital, K., & González, L. (2021). *Diseño de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica en la zona de cundinamarca*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

INTA. (26 de Enero de 2018). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* . Obtenido de <https://inta.gob.ar/noticias/reservorios-de-agua-y-riego-por-goteo-en-producciones-hortícolas>

Jara, J., & Ramos, J. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo automatizado de un sistema de bombeo de agua para riego, pecuario y consumo humano utilizando energía fotovoltaica*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Ladrón, J. (2017). *Diseño y calculo de una instalación Fotovoltaica aislada*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid.

Lamigueiro, O. P. (2016). *ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA*. CREATIVE COMMONS.

Lara, F. (2007). *Diseño de un sistema de riego por medio de energía solar, a través de paneles FV*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.

Laureano, D. (2020). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para abastecer agua al caserío CP14 Distrito Tambogrande – Piura*. Chiclayo: Universidad César Vallejo.

Luque, A. (2002). *Photovoltaic Science and Engineering*. Madrid: Instituto de energia solar - Universidad politecnica de madrid.

Luque, A. (2011). *Photovoltaic Science and Engineering*. Madrid: Instituto de energia solar - Universidad politecnica de madrid.



Mariños, K., & Medina, D. (2021). *Diseño de un Sistema de Bombeo accionado por Paneles fotovoltaicos para extracción de Agua a la Ciudadela Muchick – Pacasmayo – La Libertad*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.

Mora, K. M. (2021). *Diseño de un sistema de bombeo alimentado por energía solar fotovoltaica en la región de Cundinamarca*.

Morales, D. (2022). *Energía fotovoltaica para el mejoramiento del sistema de bombeo de agua con reservorios a desnivel en una vivienda familiar Puno 2022*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.

Munive, S., & Pereira, J. (2022). *Diseño de un sistema de bombeo alimentado mediante paneles solares fotovoltaicos para riego en un cultivo de ñame en el municipio del Carmen de Bolívar, Colombia*. Cartagena: Universidad Antonio Nariño.

Nilcs, B. (2018). *Dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua para el caserío Chochor en Mórrope utilizando energía solar fotovoltaica*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Olivera, W. (2019). *Disponibilidad hidrica superficial de la subcuenca del Rio Shullcas con fines agricolas frente al escenario de cambio climatico - Huancayo*. Huancayo - Perú.

OMS. (18 de Junio de 2019). *Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news/item/18-06-2019-1-in-3-people-globally-do-not-have-access-to-safe-drinking-water-%E2%80%93-3-unicef-who>

OSINERGMIN. (2017). *La industria de la energía renovable en el Peru*. Lima: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.



P., D. A. (2018). *Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles fotovoltaicos* .

Pari, R. (2022). *Diseño del sistema de bombeo de agua mediante el uso de energía fotovoltaica para suministrar al reservorio de 25m³ Pomaoca, Puno 2022*. Puno: Universidad César Vallejo.

Peña, I. (04 de Diciembre de 2014). *Equipos de bombeo para aguas potables e Instalaciones auxiliares*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ivanderp/equipos-de-bombeo-y-obras-auxiliares>

Perez, D. M. (2016). *introduccion a la ingenieria* . alfaomega.

Perez, V. D. (2022). *DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA EL CANTON ALTA VISTA, ALDA DE RODEO, SAN MARCOS* .

Romero, C. (2018). *sistema bombeo fotovoltaico*. ciemat.

Romero, F. C. (2020). *Sistema de Bombeo Fotovoltaico*. ciemat.

Rosales, K. J. (2021). *Diseño de un Sistema de Bombeo Solar para la Extracción de Agua en la Ciudadela Muchick – Pacasmayo – La Libertad*". trujillo.

Sánchez, G. (2019). *Propuesta de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua subterránea en la provincia de Celendín-Cajamarca*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Sangucho, J., & Villacis, B. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua, alimentado por un sistema fotovoltaico para riego por goteo en el barrio Rumipamba de Navas- Salcedo*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.



Sangucho, J., & Villacis, B. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua, alimentado por un sistema fotovoltaico para riego por goteo en el barrio Rumipamba de Navas- Salcedo*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.

SEDAJULIACA. (2023). El 50% de la población de Juliaca no tiene agua potable y alcantarillado. *La republica*.

Sosa, E. (2017). *Diseño del sistema de bomba solar utilizando bomba sumergible híbrido con variador de velocidad para la comunidad Quenafajja del distrito de Acora provincia de Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Tercero, R. M. (2019). *declinacion solar*. Obtenido de <https://www.elbierzodigital.com/>.

UNESCO. (2023). *Riesgo inminente de una crisis mundial del agua (UNESCO/ONU-Agua)*.

Vargas, B. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo de agua subterránea con energía solar fotovoltaica para riego en la comunidad de Valencia*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.

Vidales, J. (2022). *Diseño de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar fotovoltaica*. Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.

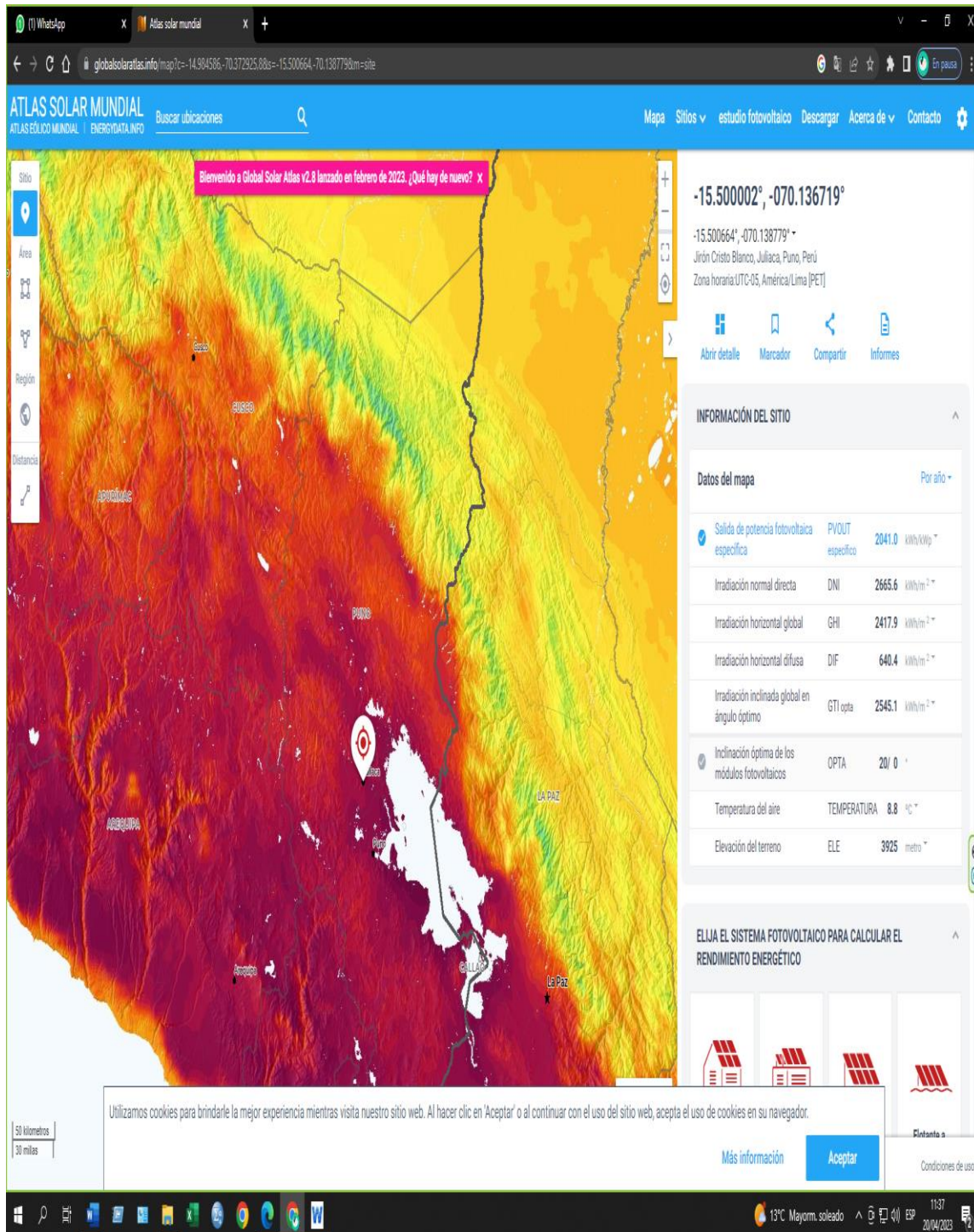


ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UND
<p>General</p> <p>¿Cuál será el diseño fotovoltaico óptimo para el abastecimiento de agua en un tanque elevado de la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca-2023?</p>	<p>General</p> <p>Proponer el diseño fotovoltaico óptimo para el abastecimiento de agua en un tanque elevado de la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca-2023</p>	<p>Hipótesis Alternativa</p> <p>El diseño fotovoltaico óptimo si es posible para el abastecimiento de agua en un tanque elevado de la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca-2023</p>	<p>Independiente</p> <p>Energía fotovoltaica</p>	<p>Radiación solar existente</p>	<p>Con nubes</p> <p>Sin nubes</p>	<p>Wh/m²</p> <p>Wh/m²</p>
<p>Específicas</p> <p>¿Cuánto es la cantidad de radiación solar existente considerando las diferentes épocas climáticas en la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Cuánto es la potencia de la bomba requerida que necesita para impulsar el agua subterránea a un tanque elevado en los diferentes niveles de vivienda de la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Cómo dimensionar el sistema fotovoltaico de agua subterránea para una vivienda de la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Específicas</p> <p>Determinar la radiación solar existente considerando las diferentes épocas climáticas en la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca.</p> <p>Determinar la potencia de la bomba requerida que necesita para impulsar el agua subterránea a un tanque elevado en los diferentes niveles de vivienda de la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca</p> <p>Dimensionar el sistema fotovoltaico de agua subterránea para una vivienda de la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca</p>	<p>Hipótesis Nula</p> <p>El diseño fotovoltaico óptimo no es posible para el abastecimiento de agua en un tanque elevado de la Urb. Qoriwata de la ciudad de Juliaca-2023</p>	<p>Dependiente</p> <p>Sistema de bombeo fotovoltaico</p>	<p>Dimensionamiento de almacenamiento</p> <p>Potencia de bomba</p>	<p>Caudal</p> <p>Diámetro de línea de impuls.</p> <p>Altura dinámica</p> <p>Volumen de bombeo</p> <p>Primer nivel</p> <p>Segundo nivel</p> <p>Tercer nivel</p> <p>Cantidad de paneles solares</p> <p>Número de módulos fotovoltaicos</p> <p>Nivel de inclinación</p>	<p>l/s</p> <p>Pulg.</p> <p>m</p> <p>M³</p> <p>Wp</p> <p>Wp</p> <p>Wp</p> <p>un id</p> <p>un id</p> <p>°</p>

Anexo 2. Radiación solar en el area en estudio según el sitio web Atlas Solar Mundial





Formato de Proyecto de Tesis x Atlas solar mundial x Baby Calm Down | Selena G. x

globalsolaratlas.info/detail?c=-15.188784,-70.628357,98s=-15.498679,-70.1128m=site

ATLAS SOLAR MUNDIAL

ATLAS EÓLICO MUNDIAL | ENERGYDATA.INFO

Mapa Sitios estudio fotovoltaico Descargar Acerca de Contacto

INFORMACIÓN DEL SITIO

Datos del mapa

Salida de potencia fotovoltaica específica	PVOUT específico	2061.0 kWh/kWp °
Irradiación normal directa	DNI	2708.8 kWh/m ² °
Irradiación horizontal global	GHI	2429.6 kWh/m ² °
Irradiación horizontal difusa	DIF	639.0 kWh/m ² °
Irradiación inclinada global en ángulo óptimo	GHI _{opt}	2558.8 kWh/m ² °
Inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos	OPTA	20/ 0 °
Temperatura del aire	TEMPERATURA	9.2 °C °
Elevación del terreno	ELE	3830 metro °

Mapa

Folleto | Mosaicos satelitales © Esri

Horizonte y camino de sol

Solar azimuth [°]

Solar elevation [°]

South West North East South

mapa PVOUT

Folleto | Mapa PVOUT © 2023 Solargis

PVOUT: Long-term average of annual totals of PV power potential

kWh/kWp

Utilizamos cookies para brindarle la mejor experiencia mientras visita nuestro sitio web. Al hacer clic en 'Aceptar' o al continuar con el uso del sitio web, acepta el uso de cookies en su navegador.

Más información **Aceptar** Condiciones de uso

WORLD BANK GROUP

Próximas ganancias 15:35 20/04/2023



Anexo 3. Plantilla de diseño de la línea de impulsión

PARÁMETROS DE DISEÑO LINEA DE IMPULSION

PROYECTO : DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN TANQUES ELEVADOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA-2022
PROPIETARIO : Bach. KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES
UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA - DISTRITO DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGION DE PUNO
FECHA : MAYO DEL 2023

Referencia: RNE - IS 010

I. DATOS

Datos	Código	Resultado	Unidad	Referencia
Dotacion	D	770.00	Lpd	IS - 010 - RNE
Caudal Máximo Diario (Diseño)	SD	0.01	Lps	-
Numero de horas de bombeo	N	0.30	Horas	Criterio estandarizado
Caudal de bombeo	Qb	0.71	Lps	D*24/N

II. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN

Informacion Base de diseño	Código	Formula	Resultado	Unidad	Fuente
Diámetro de tubería de impulsión	D	$0.96 \cdot (N \cdot 24)^{1/4} \cdot Qb^{0.45}$	12.31	mm	Formula Bresse
Diámetro de tubería de impulsión en pulgadas	D	-	1.00	"	-
Diámetro Interno de tubería	D	-	33.00	mm	-

III. SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Informacion Base de diseño	Código	Resultado	Unidad	Referencia
Caudal de bombeo	Qb	0.71	Lps	I17
Cota nivel de bombeo (nivel de parada)	Cnb	3830.00	msnm	GPS
Cota de llegada al punto de descarga	Cpd	3839.15	msnm	Criterio tecnico
Altura estática	He	9.15	m	Qd-Qnb
Longitud de la tubería PVC	L	15.00	m	Sgn plano
Coef. De Hazen Williams PVC	C	150.00	-	Sgn. Hazen Williams

Calculo de la perdida de carga	Código	Formula	Resultado	Unidad	Fuente
Perdida de carga por tubería PVC	hft _{pvc}	$\frac{((10.64 \cdot L \cdot (Qb \cdot 1.85))^C)}{1.85 \cdot D^{4.87}}$	0.37	m	x frm1. D Hazen Williams
Perdida de carga por acces (hfa)	hfa	$0.20 \cdot hft$	0.07	m	-
Perdida de carga total tubería y accesorios	hf	$hft + hfa$	0.45	m	-
Presion de salida	P	-	2.00	m	Criterio estandarizado
Altura hidrodinamica total	HDT	$He + Hft_{total} + Ps$	11.60	m	-
Pendiente de a Línea Gradiente	S	$(Cnb + HDT - Cpd)/L$	163.07	%	-

Potencia teorica de la Bomba	Código	Formula	Resultado	Unidad	Fuente
Potencia teorica de la Bomba	Pb	$(HDT \cdot Qb) / 75 \cdot n$	0.16	HP	-
Potencia de la bomba comercial asumida	Pb	-	1.00	HP	Criterio tecnico



Anexo 4. Plantilla de diseño del módulo solar fotovoltaico

PARÁMETROS DE DISEÑO MODULO SOLAR FOTOVOLTAICO

PROYECTO : DISEÑO FOTOVOLTAICO ÓPTIMO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN TANQUES ELEVADOS PARA LA CIUDAD DE JULIACA-2022
PROPIETARIO : Bach. KATERIN FABIOLA MOLINA FLORES
UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA - DISTRITO DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMAN - REGION DE PUNO
FECHA : MAYO DEL 2023

Referencia: LUQUE (2002)"

I. CALCULO DE LA RADIACION SOLAR "SIN NUBOSIDAD"

Datos	Código	Resultado	Unidad	Referencia
Declinacion solar	δ	-2.61	°	$23.45^\circ \cdot \sin(360(dn + 284)/365)$
Angulo de salida solar sobre un plano horizontal	ω_s	-89.31	°	$-\arccos(-\tan(\delta) \cdot \tan(\theta))$
Angulo de salida solar sobre un plano inclinado	ω_{ss}	-88.31	°	$\max(\omega_s; -\arccos(-\tan(\delta) \cdot \tan(\theta - \beta)))$
Factor de excentricidad	e_0	0.99	-	$1 + 0.033 \cdot \cos((360 \cdot d_n)/365)$
Irradiancia solar est. sobre un plano horizontal	H0	19779.44	Wh/m2	$e_0 \cdot (1 - \beta) / (80 \cdot \sin(\omega_s) \cdot \sin(\theta) + \cos(\theta) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_s))$
Indice de claridad	KTm	0.09	Wh/m2	G0/H0
Fraccion difusa	FDm	0.89	Wh/m2	1 - 1.13KTm
Radiación difusa sobre un plano horizontal	D0	1663.17	Wh/m2	FDm * G0
Radiación directa sobre un plano horizontal	Hdm	197.82	Wh/m2	G0 - D0
Radiación solar directa sobre p. solar inclinado	H(β, α)	542.03	Wh/m2	H(dm(0)) * K
Radiación solar difusa sobre p. solar inclinado	D(β, α)	1557.21	Wh/m2	D0 * ((1 + cos(β))/2)
Radiación solar albedo sobre p. solar inclinado	AL(β, α)	23.61	Wh/m2	$\rho \cdot G0 \cdot ((1 - \cos(\beta))/2)$
Radiación solar global sobre p. solar inclinado	Rg	2122.85	Wh/m2	H(β, α) + D(β, α) + AL(β, α)

II. CALCULO DE LA RADIACION SOLAR "CON NUBOSIDAD"

Datos	Código	Resultado	Unidad	Referencia
Declinacion solar	δ	-18.04	°	$23.45^\circ \cdot \sin(360(dn + 284)/365)$
Angulo de salida solar sobre un plano horizontal	ω_s	-85.08	°	$-\arccos(-\tan(\delta) \cdot \tan(\theta))$
Angulo de salida solar sobre un plano inclinado	ω_{ss}	-85.08	°	$\max(\omega_s; -\arccos(-\tan(\delta) \cdot \tan(\theta - \beta)))$
Factor de excentricidad	e_0	1.03	-	$1 + 0.033 \cdot \cos((360 \cdot d_n)/365)$
Irradiancia solar est. sobre un plano horizontal	H0	8579.38	Wh/m2	$e_0 \cdot (1 - \beta) / (80 \cdot \sin(\omega_s) \cdot \sin(\theta) + \cos(\theta) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_s))$
Indice de claridad	KTm	0.21	Wh/m2	G0/H0
Fraccion difusa	FDm	0.75	Wh/m2	1 - 1.13KTm
Radiación difusa sobre un plano horizontal	D0	1404.86	Wh/m2	FDm * G0
Radiación directa sobre un plano horizontal	Hdm	456.13	Wh/m2	G0 - D0
Radiación solar directa sobre p. solar inclinado	H(β, α)	649.79	Wh/m2	H(dm(0)) * K
Radiación solar difusa sobre p. solar inclinado	D(β, α)	1315.36	Wh/m2	D0 * ((1 + cos(β))/2)
Radiación solar albedo sobre p. solar inclinado	AL(β, α)	23.61	Wh/m2	$\rho \cdot G0 \cdot ((1 - \cos(\beta))/2)$
Radiación solar global sobre p. solar inclinado	Rg	1988.76	Wh/m2	H(β, α) + D(β, α) + AL(β, α)

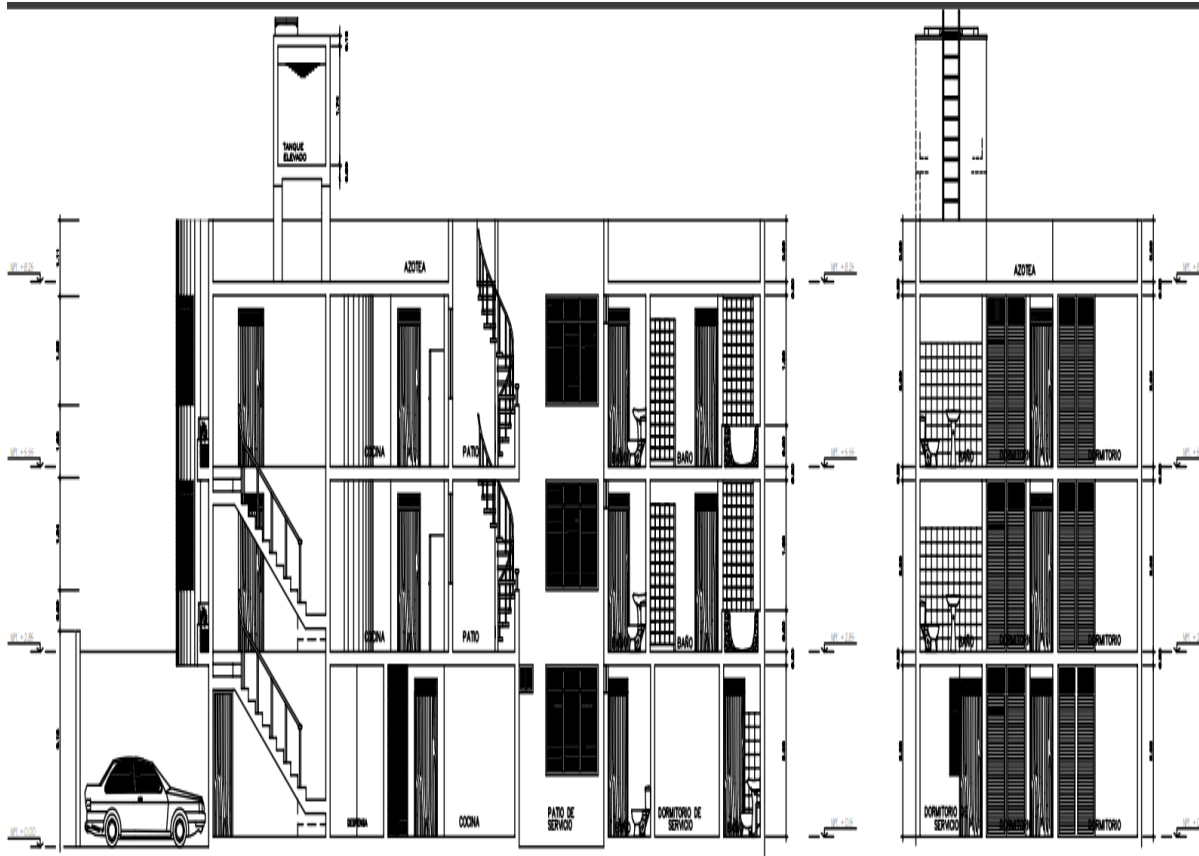
III. CALCULO DEL MODULO SOLAR FOTOVOLTAICO

Datos	Código	Resultado	Unidad	Referencia
Radicion Solar existente	Rs	2122.85	kw/m2*día	-
Angulo de inclinacion	A	15.64	°	$-23.5^\circ \cdot \sin((T/365.25) \cdot 360^\circ)$
Orientacion	O	Norte	-	-
Altura	h	623.26	mm	$\sin(A) \cdot 1570 + 200$
Distancia	d	0.61	m	$h / \tan(61^\circ - A)$
Votencia total del generador fotovoltaico	Vn	762.92	Wp	(Epot.max.diaria/0.9*HPT)*KT
Tension nominal	Tn	12.00	V	-

Inversor	I	$P \leq 800Wp$	Wp	-
Potencia de la bomba en Watío Pico	Pb	768.00	Wp	Pb*768
Potencia total de la bomba	PT	1228.80	Wp	Wp*1.6
Potencia de cada panel a utilizar	PP	50.00	Wp	-
Cantidad de paneles	CP	24.58	Panel	PT/PP
Cantidad de paneles a utilizar	CP	25.00	Panel	-
NOTA: Para el funcionamiento de la bomba sera necesario la utilización de 25 paneles solares de generacion de 50 Wp de energia.				
Numero de paneles en serie	Nps	16.47	Panel	Vn/PP
Numero de paneles en serie	Nps	16.00	Panel	-
Numero de paneles en Paralelo	Npp	1.52	Panel	CP/Nps
Numero de paneles en Paralelo	Npp	2.00	Panel	-

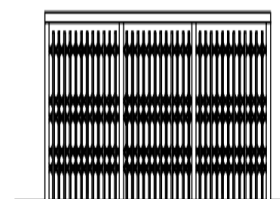
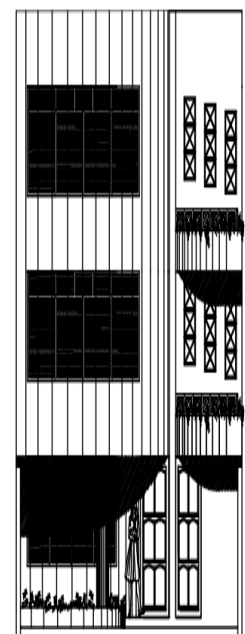
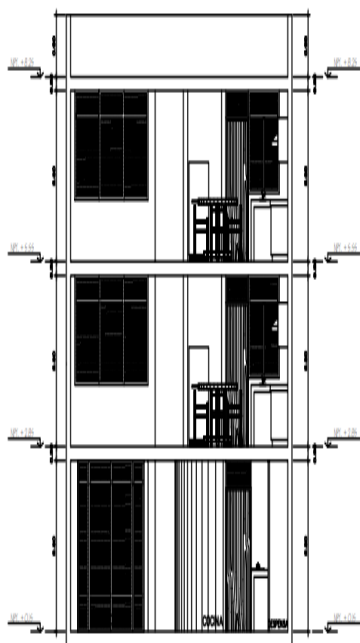


Anexo 5. Planos de la vivienda con tanque elevado



CORTE A-A
ESC. 1/90

CORTE B-B
ESC. 1/90



CERCO

Anexo 6. Especificaciones técnicas de la bomba de agua

Ficha técnica

Bomba Centrífuga 1/2 y 1HP Modelo TCP130/TCP158

Fecha: Septiembre 2020



Descripción

ideal para llenado de tanques donde requiera mayor caudal.

Características

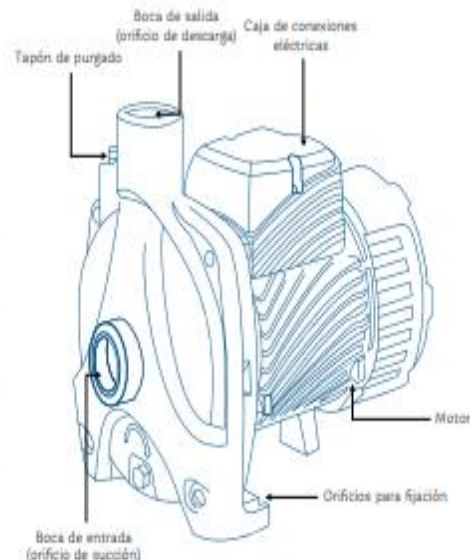
- Sellado perfecto gracias a sus sellos mecánicos de alta duración de carbón, cerámica/buna.
- Impulsor de Noryl, evita la corrosión.
- Funcionamiento silencioso.
- Resistentes a la intemperie gracias a su recubrimiento con pintura horneada.
- Fácil instalación y operación.
- Calidad y garantía Rotoplas.



Especificaciones Técnicas

Detalles	Centrífuga 1/2 HP (TCP130)	Centrífuga 1 HP (TCP158)
Temperatura máxima de líquido bombeado	+40°C	
Temperatura ambiente máxima/mínima	+40°C/5°C*	
Número máximo de puestas en marcha/hora	60 veces/hora	
Altura máxima de aspiración (aconsejada)	8m	
Presión máxima de ejercicio (válvula cerrada)	28bar	38bar
Altura Máxima de descarga (válvula cerrada)	20m	30m
Tensión	220V	
Corriente máxima	2.7A	5.8A
Potencia	0.5Hp	1Hp
Frecuencia	60Hz	
Caudal máximo (Q)	4.4m ³ /h	8m ³ /h
Aislamiento	Clase F	
Grado de protección	IP44	
Conexión de succión	1"	
Conexión de descarga	1"	

*Con temperaturas inferiores a 5 °C vaciar la Bomba Rotoplas para evitar desperfectos o daños causados por el hielo.



Anexo 7. Ficha técnica de panel solar de 50 W

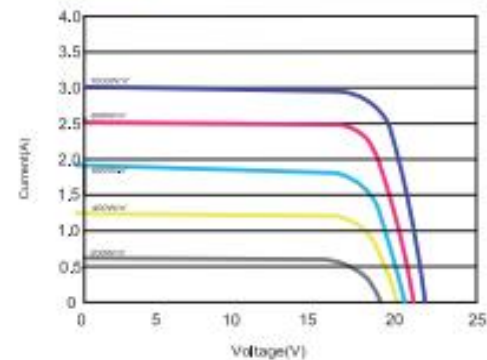


MESM-50W

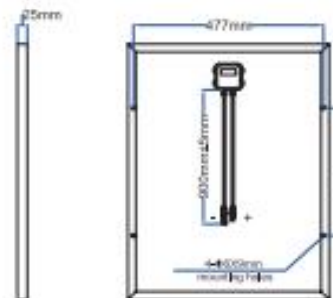
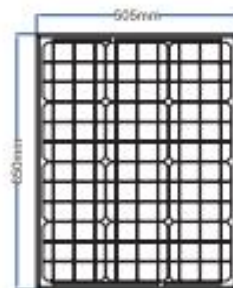
Monocrystalline Solar Panel Grade A



Characteristics



Module Diagram



Electrical Characteristics

Electrical Characteristics	
Product code	MESM-50W
Maximum power (Pmax)	50W
Voltage at Pmax (Vmp)	17.8
Current at Pmax (Imp)	2.81
Open-circuit voltage (Voc)	22.3
Short-circuit current (Isc)	3.03
Power temperature coefficient	-0.41%/°C
Voltage temperature coefficient	-0.31%/°C
Current temperature coefficient	+0.05%/°C
Cells Efficiency(%)	18.43%
The maximum system voltage	600VDC(IEC)
Output power tolerance	±3%

Specifications

Specifications	
Cells	Germany A grade Solarworld solar cell
No. of cells and connections	36(3X12)
Module dimension	605*505*25mm
Weight	3.7KG
Certification	CE, RoHS, ISO

www.me-energy.eu



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 28-06-24

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Katerin Fabiola Molina Flores

Dirección: Jr. Sandia N° 414

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70900043

Teléfono: 957133065

email: fab1009.mf@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono:

email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: Ingenierías y Ciencias Puras

Escuela Profesional o Mención: Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Título o Grado Académico a optar: Ingeniero Sanitario y Ambiental

Asesor: Dr. César Julio Lanico Mamani

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación []

Tesis [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional []

Trabajo Académico []

Título: Diseño Fotovoltaico Óptimo para el Abastecimiento de agua en un tanque elevado de la Urbanización Poriwata de la ciudad de Juliaca - 2023

Palabras claves, (3 a 5 términos): Óptimo, Irradiación Solar, Irradiancia Solar

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV 1, 2?

1.

1 Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

2 Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: Saneamiento Ambiental

[Handwritten Signature]

Firma de Autor



huella digital

28 de Junio del 2024

Fecha