



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA
DE MICROGENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL BOMBEO
DE AGUA PARA RIEGO CON PVSYST EN EL CASERÍO
NUEVO LIMA-BELLAVISTA – SAN MARTIN”**

Autor:

Bach. OTTO AUGUSTO GIL RODRÍGUEZ

Asesor:

Dr. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

LAMBAYEQUE – PERÚ

Junio del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS DE INGENIERÍA

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA
DE MICROGENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL BOMBEO
DE AGUA PARA RIEGO CON PVSYST EN EL CASERÍO
NUEVO LIMA-BELLAVISTA – SAN MARTIN”**

Autor:

Bach. OTTO AUGUSTO GIL RODRÍGUEZ

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: M.Sc. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA

SECRETARIO: Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ

MIEMBRO: Ing. HECTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ

ASESOR: Dr. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO

LAMBAYEQUE – PERÚ

Junio del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS DE INGENIERÍA

TITULO

“VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE MICROGENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO CON PVSYST EN EL CASERÍO NUEVO LIMA-BELLAVISTA – SAN MARTIN”

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Autor: Bach. OTTO AUGUSTO GIL RODRÍGUEZ

M.Sc. ANIBAL JESÚS SALAZAR MENDOZA
PRESIDENTE

Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ
SECRETARIO

Ing. HECTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ
MIEMBRO

Dr. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

Junio del 2019

DEDICATORIA

El presente PROYECTO DE TESIS está dedicado principalmente, a Dios, puesto que, gracias a él, se han materializado mis logros y objetivos que me he trazado en lo largo de mi vida.

A mi Padre WALTER, por ser una gran persona, muy fuerte y brindarme su apoyo en cada paso que realizo en mi vida, por sus grandes consejos, y perseverancia de llevar a nuestra familia adelante, y quien es la motivación principal en mi vida.

A mi Madre ADELINDA, por darme la vida e inculcarme valores, los cuales han sido de guía para lograr mis objetivos.

A mis familiares y amigos, en especial a mis hermanos RÓMULO y ANTHONY, mi tía ELIDA, quienes son personas muy importantes para mi vida y que, me ayudaron en cada momento que juntos pasamos.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradecer a Dios, que siempre ilumina mi camino y el de mi familia, y por darme las fuerzas necesarias para afrontar los obstáculos que se interponen en el camino de cada etapa de mi vida.

A mi Padre WALTER, por ser mi principal ejemplo a seguir en mi vida, por sus consejos, que fueron la guía para culminar mi carrera profesional, y por ser quien me apoya en cada etapa de mi vida.

A mi Madre ADELINDA, por ser la mujer quien me regaló la vida.

A mis hermanos RÓMULO y ANTHONY, mi tía ELIDA, por el apoyo que me brindan tanto en los buenos como en los malos momentos de mi vida y quien están presentes para ayudarme a lograr las metas que me trazo en mi familia.

A mis amigos, con quienes juntos hemos logrado nuestro gran objetivo, con perseverancia y apoyo durante los años de estudio.

Al Dr. Daniel Carranza Montenegro, asesor de mi Proyecto de Tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A todas aquellas personas que ayudaron en la realización de este Proyecto de Tesis.

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo general determinar la viabilidad técnica y económica de un sistema de microgeneración eléctrica en el bombeo de agua para riego con PVSYST en el caserío Nuevo Lima-Bellavista – San Martín” como un estudio del caso de 2 hectáreas de terreno de cultivo de arroz, los datos climáticos a partir del software CLIMWAT tomando los datos de la estación meteorológica Moyobamba y a partir del cual se obtuvo la evapotranspiración el cual varía desde 2,90 mm/día hasta 3,51 mm/día . Del software CROPWAT se obtuvo el máximo de agua requerida es de 28,4 mm/dec es decir 2,84 mm/día. A partir de los datos del software CROPTWAT y sabiendo que el se trata de 2 hectáreas de terreno de cultivo de arroz se calculó la cantidad de agua promedio diaria teniendo en cuenta la precipitación dando como resultado $56,80 \frac{m^3}{m^2}$ Se dimensiono el sistema de bombeo obteniéndose que se requiere de una bomba LORENTZ PS- 1200 C-SJ12-3 con su controlador (ANEXO 01) el cual cumple con los requerimientos hídricos. Se realizo el cálculo del sistema fotovoltaico por medio del método del mes critico obteniéndose 05 paneles solares de la marca Jinko de 210 Wp, 06 baterías U Power de 165 A.h, los resultados fueron corroborados con los obtenidos por el software PVSYST. Se realizo la evaluación económica de la propuesta para un horizonte de 20 años y una tasa de 12 % obteniéndose el VAN= 6 555,81 y la TIR = 14 % por lo que la propuesta resulta ser viable.

Palabras clave: irradiación solar, Bombeo fotovoltaico, panel fotovoltaico

ABSTRACT

The general objective of this thesis was to determine the technical and economic viability of an electric microgeneration system in the pumping of water for irrigation with PVSYST in the Nuevo Lima - Bellavista - San Martin farmhouse "as a case study of 2 hectares of land rice cultivation, the climatic data from the CLIMWAT software taking the data from the Moyobamba meteorological station and from which the evapotranspiration was obtained, which varies from 2,90 mm / day to 3,51 mm / day. From the CROPWAT software, the maximum water required was 28,4 mm / dec, 2,84 mm / day. From the data of the CROPTWAT software and knowing that it is about 2 hectares of rice cultivation land, the average daily amount of water was calculated taking into account the precipitation, which resulted in 56,80 m³ / day. The pumping system was dimensioned, obtaining that a LORENTZ PS-1200 C-SJ12-3 pump with its controller (ANNEX 01) is required, which meets the water requirements. The calculation of the photovoltaic system was carried out by means of the critical month method, obtaining 05 solar panels of the Jinko brand of 210 Wp, 06 U Power batteries of 165 A.h, the results were corroborated with those obtained by the PVSYST software. The economic evaluation of the proposal was carried out for a horizon of 20 years and a rate of 12%, obtaining the NPV = 6 555,81 and the IRR = 14%, for which the proposal turns out to be viable.

Keywords: solar irradiation, photovoltaic pumping, photovoltaic panel

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
CAPITULO I:	
1.1. Realidad Problemática	2
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Delimitación de la Investigación	4
1.3.1. Delimitación espacial	4
1.3.2. Delimitación temporal	6
1.4. Justificación e Importancia de la TESIS	6
1.5. Limitaciones de la TESIS	7
1.6. Objetivos de la TESIS	7
1.6.1. Objetivo General	7
1.6.2. Objetivo Específicos	7
MARCO TEÓRICO	8
CAPITULO II:	
2.1. Antecedentes de Estudios.....	8
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado.....	13
2.2.1. Energía solar fotovoltaica	13
2.2.2. Descripción de un sistema de bombeo fotovoltaico	25
2.2.3. Paneles fotovoltaicos	28
2.2.4. Subsistema motor bomba	33
2.2.5. Acondicionamiento de potencia	44
2.2.6. Software PVSYST.....	48
2.2.7. Evaluación económica de proyectos de inversión	49
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada	53
MARCO METODOLÓGICO	57
CAPITULO III:	
3.1. Tipo y diseño de investigación	57

3.2. Población y muestra.....	57
3.3. Hipótesis	58
3.4. Variables - Operacionalización.....	58
3.5. Métodos y Técnicas de investigación.....	58
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.....	60
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos	61
PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	62
CAPITULO IV:	
4.1. Descripción del sistema propuesto	62
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	
CAPITULO V:	
5.1. Obtención de datos de la energía solar disponible	64
5.2. Demanda de agua promedio diaria.....	68
5.3. Dimensionamiento del sistema de bombeo.....	70
5.3.1. Cálculo de la carga dinámica total	70
5.3.2. Cálculo del caudal.....	71
5.3.3. Selección de la bomba sumergible	71
5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico por el método del mes crítico	73
5.4.1. Generador fotovoltaico.....	73
5.4.2. Simulación del sistema fotovoltaico en PVSYST	84
5.5. Costo de inversión de la propuesta.....	87
5.5.1. Costo del sistema de bombeo fotovoltaico.....	87
5.6. Estudio de viabilidad técnico económica.....	88
5.6.1. Flujo de caja proyectado.....	88
5.6.2. Estructura del flujo de caja.....	88
5.6.3. Sistema bombeo de agua con energía convencional	89
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	92
6.1. Conclusiones	92
BIBLIOGRAFÍA	94
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Ubicación del Caserío Nuevo Lima.....	6
Tabla N° 2: Principales características de las bombas fotovoltaicos	44
Tabla N° 3: Operacionalización de variables	58
Tabla N° 4: Técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.....	60
Tabla N° 5: Datos climatológicos obtenidos del software CROPWAT	66
Tabla N° 6: Valores de precipitación efectiva promedios mensuales	67
Tabla N° 7: Coeficiente de cultivo del arroz.....	68
Tabla N° 8: Requerimiento hídrico del arroz con el software CROPWAT 8.069	
Tabla N° 9: Caudal requerido por el arroz	70
Tabla N° 10: Especificaciones del panel Jinko de 210 Wp.....	74
Tabla N° 11: Datos técnicos de la bomba	76
Tabla N° 12: Porcentajes de caída de tensión.....	80
Tabla N° 13: Conductores eléctricos NH -80	81
Tabla N° 14: Costo de inversión de un sistema de bombeo fotovoltaico	87
Tabla N° 15: Costo de inversión de la propuesta	88
Tabla N° 16: Flujo de caja	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación del caserío Nuevo Lima	5
Figura N° 2: Distribución horaria de la radiación solar.....	17
Figura N° 3: distribución horaria de la radiación solar (1) caso real (2) caso hipotético	19
Figura N° 4: Mapa solar del Perú	21
Figura N° 5: irradiación solar en el departamento de San Martín	22
Figura N° 6: Gama de energía radiante.....	24
Figura N° 7: Componentes y parámetros que intervienen en el bombeo solar	25
Figura N° 8: Ejemplo de configuraciones de sistemas de bombeo de agua ...	28
Figura N° 9: Sección de un Panel Fotovoltaico	30
Figura N° 10: tipo de células solares	31
Figura N° 11: Curva característica de un panel fotovoltaico	32
Figura N° 12: Curva característica respecto a la temperatura	33
Figura N° 13: Bombas centrifugas de succión superficial.....	38
Figura N° 14: Bomba centrifuga superficial	39
Figura N° 15: Bomba centrifuga sumergible	40
Figura N° 16: Bomba volumétrica de cilindro	41
Figura N° 17: Bomba de diafragma sumergible.....	42
Figura N° 18: Inversor para bomba Lorentz	46
Figura N° 19: ventana de inicio al software	48
Figura N° 20: Pasos para desarrollar la propuesta.....	63
Figura N° 21: Ingreso de las coordenadas geográficas al software CLIMWAT64	
Figura N° 22: Selección de la estación meteorológica más próxima al caserío en estudio.....	65
Figura N° 23: Guardando datos de la estación meteorológica	65
Figura N° 24: bomba LORENTZ PS- 1200 C-SJ12-3.....	72
Figura N° 25: Curva característica de la bomba seleccionada	72
Figura N° 26: Panel Jinko Solar de 210 Wp	74
Figura N° 27: Batería U POWER de 165 A.h	79
Figura N° 28: Pantalla de inicio de PVSYST	84

Figura N° 29: Ingreso del ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos en PVSYST	85
Figura N° 30: ingreso del volumen de agua	85
Figura N° 31: selección de la bomba en PVSYST	86
Figura N° 32: Selección de paneles y controlador	86
Figura N° 33: Selección del panel fotovoltaico	87

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulado: “VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE MICROGENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO CON PVSYST EN EL CASERÍO NUEVO LIMA-BELLAVISTA – SAN MARTIN” es una investigación realizada con la finalidad de sustituir un sistema de bombeo de agua con una motobomba de 8 HP por un sistema de bombeo de agua utilizando la energía solar fotovoltaica propuesta que permitirá bombear agua a 2 hectáreas de terreno donde se siembra arroz; debido a la realidad problemática existente del costo de combustible, transporte, mantenimiento de la motobomba es que presenta esta tesis como una opción para reducir los gastos y con ello mejorara la calidad de vida del propietario.

En el Capítulo I, se presenta la realidad problemática existente en el Caserío Nuevo Lima específicamente en el terreno del señor José Carranza Paredes ubicado en el caserío Nuevo Lima en Bellavista debido al sistema de bombeo de agua viene utilizando motobomba haciendo hincapié en la consecuencias económicas y ambientales. Luego se formulan los objetivos de la Investigación.

En el Capítulo II, se presenta el Marco Teórico, donde se muestran los antecedentes los cuales se presentan trabajos relacionados con el tema de tesis y que respaldan la investigación.

En el Capítulo III, se presenta el Marco Metodológico donde se describe el procedimiento desde la obtención de los datos hasta su procesamiento.

En el Capítulo IV, se presenta los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico

En el Capítulo V, se presenta los resultados obtenidos en base a los objetivos planteados. En el Capítulo VI, se presenta las Conclusiones, así como los anexos.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

En el caserío Nuevo Lima Ubicado en la provincia de Bellavista perteneciente al departamento de San Martín algunos pobladores utilizan motobomba para bombear agua en sus cultivos un caso específico es el bombeo de agua para riego de 2 hectáreas de terreno de arroz propiedad del señor José Carranza Paredes. Los pobladores al no conocer otras alternativas para suministrar de energía eléctrica es que optan por esta opción, pero indican que el consumo de combustible, mantenimiento hacen que no sea económico por lo que en esta tesis se presenta otra alternativa para el bombeo de agua.

Dada la necesidad de fuentes energéticas limpias, no contaminantes de bajo impacto ambiental y a la vez renovable, es por lo que los sistemas solares fotovoltaicos cumplen un papel preponderante en la provisión de energía eléctrica. En la mayoría los países en vías de desarrollo la energía eléctrica convencional no está aún disponible en vastas regiones aisladas. La construcción y el mantenimiento de redes de distribución resulta onerosa, por lo menos hasta la actualidad. Lo mismo ocurre con los grupos electrógenos. En las regiones rurales dispersas, generalmente las necesidades energéticas son pequeñas y existe una baja densidad poblacional en donde los usuarios potenciales están ampliamente diseminados.

Los generadores solares fotovoltaicos resultan una solución fiable para el desarrollo rural, suministrando energía eléctrica destinada a bombeo y al tratamiento de agua en cualquier sitio y en cantidades razonables, facilitando

el consumo humano y animal, riego, impulsando el desarrollo socioeconómico de áreas rurales alejadas.

En el Perú promueve el uso de las energías no convencionales con su plan Nacional de Energías Renovables el cual incluye aquellas estrategias, programas y proyectos a desarrollarse utilizando energías renovables (energía eólica, energía solar, energía geotérmica, energía mareomotriz), que tienden a mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente (Según el Artículo 11° de DLEG-1002-2008).

La velocidad del viento en el caserío Nuevo Lima es menor a 3,5 m/s (obtenido del software HOMER) por lo que su aplicación es limitada. En cuanto a la irradiación solar es mayor a 4,0 kW.h/m²/día por lo que aplicar la energía solar para la producción de energía eléctrica resulta conveniente.

Entonces con la finalidad de reducir los costos de un sistema de bombeo de agua usando motobomba y reducir la contaminación ambiental que ella produce se propone un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica.

1.2. Formulación del Problema

¿Será viable técnica y económicamente un sistema de microgeneración eléctrica en el bombeo de agua para riego con PVSYST en el caserío Nuevo Lima -Bellavista-San Martín?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación espacial

El caserío Nuevo Lima se encuentra ubicado en la provincia de Bellavista

El **distrito de Bellavista**¹ es uno de los seis distritos que conforman la provincia de Bellavista en el departamento de San Martín, bajo la administración del Gobierno Regional de San Martín en el Perú. Su capital es la **localidad de Bellavista**.

El distrito limita con:

Norte: con el distrito de San Pablo.

Sur: con el distrito de Huallaga.

Este: con el distrito de San Rafael.

Oeste: con la provincia de Huallaga.

¹ <https://www.iperu.org/distrito-de-bellavista-provincia-de-bellavista>

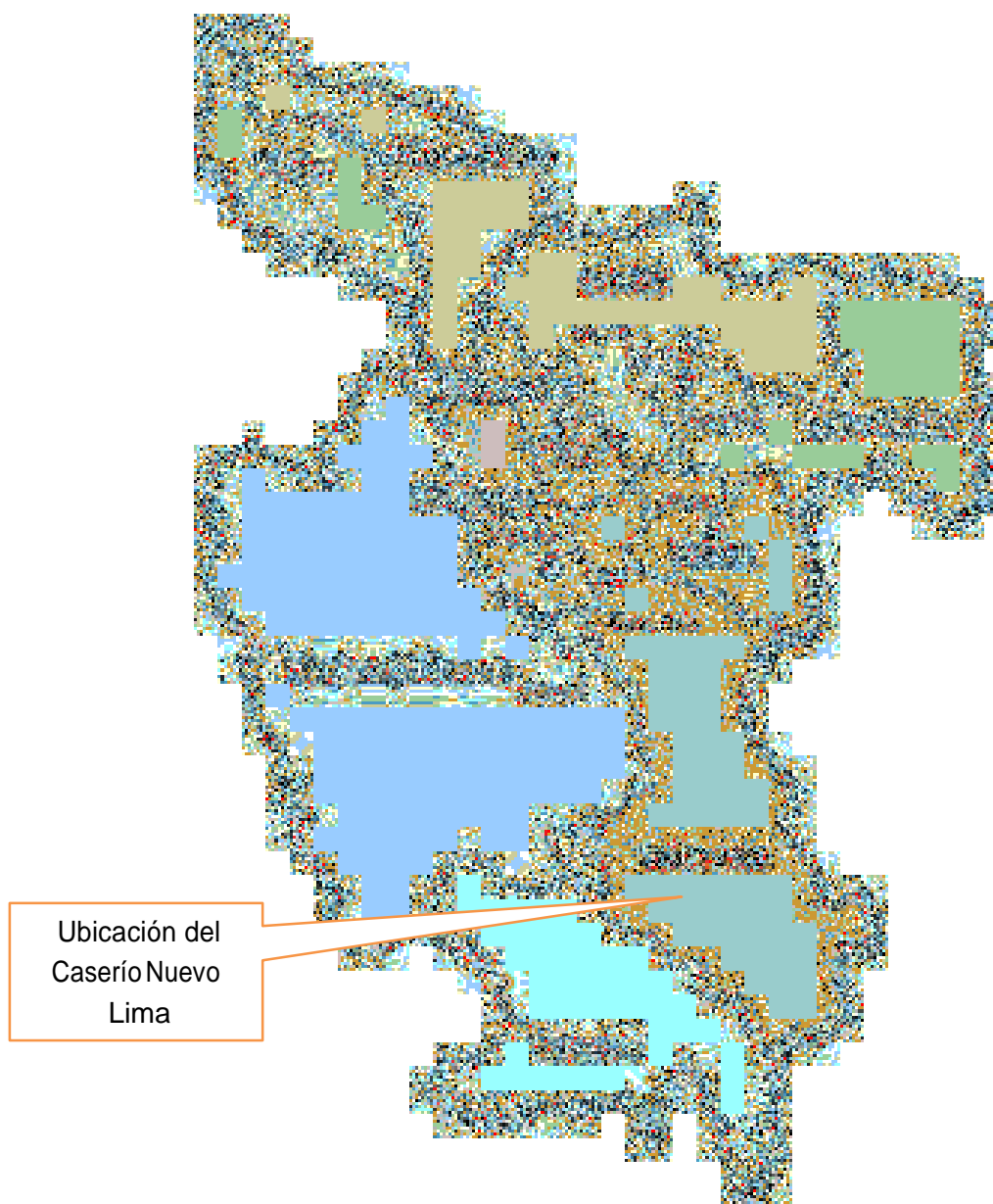


Figura N° 1: Ubicación del caserío Nuevo Lima²

La ubicación del caserío Nuevo Lima en términos de latitud y longitud se presenta en la Tabla N° 1

² <http://paramitarea.blogspot.com/2011/08/mapa-politico-de-san-martin.html>

Tabla N° 1: Ubicación del Caserío Nuevo Lima³

Longitud	Latitud
-76.4720234666	-7.10162501327

1.3.2. Delimitación temporal

Este trabajo de Tesis tuvo una duración de 06 meses, durante el año 2019.

1.4. Justificación e Importancia de la TESIS

Justificación ambiental

Al sustituir la fuente de energía eléctrica para el sistema de bombeo en el cual se usa motobomba que será reemplaza por un sistema fotovoltaico se reducirá las emisiones de CO₂ y otros gases que contribuyen al efecto invernadero.

Justificación económica

Con el sistema propuesto en la tesis ya no se utilizará combustibles y por ende el transporte y mantenimiento quedan reducidos por lo que los habitantes mejoraran su economía y por lo tanto su calidad de vida.

Justificación social

La presente tesis tiene la finalidad de despertar el interés de entidades y gobiernos locales para fomentar la implementación de tecnologías limpias en sus proyectos de inclusión social como sistemas de bombeo de agua para

³ https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Jayanca

consumo humano, ganadero y agrícola en lugares inaccesibles o alejadas del departamento.

1.5. Limitaciones de la TESIS

Con respecto a los datos de irradiación solar la investigación se ha limitado a los datos de la NASA y a los datos de atlas solar del Perú.

.

1.6. Objetivos de la TESIS

1.6.1. Objetivo General

Determinar la viabilidad técnica y económica de un sistema de microgeneración eléctrica en el bombeo de agua para riego con PVSYST en el caserío Nuevo Lima-Bellavista – San Martín”

1.6.2. Objetivo Específicos

- a) Obtener los datos climatológicos utilizando las herramientas computacionales CLIMWAT V 2.0 y CROPWAT 8.0.
- b) Determinar el volumen de agua promedio diaria necesaria para riego.
- c) Dimensionar el sistema fotovoltaico para el bombeo de agua utilizando el software PVSYST.
- d) Determinar la viabilidad técnica y económica de la propuesta.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

Contexto Internacional

Cabrera peña & Fermin Montiel (2003, pág. 12) en su tesis titulado “Celdas fotovoltaicas para energizar un sistema de bombeo de agua”, en esta tesis explica que se realizó un análisis para la producción de la energía eléctrica a partir de los rayos del sol, que está basada en el fenómeno físico denominado “Efecto Fotovoltaico”, que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados celdas fotovoltaicas. Se da a conocer que una de las aplicaciones de gran importancia de la energía solar fotovoltaica es el bombeo solar de agua, ya que estos están diseñados para el suministro de agua y riego en áreas retiradas donde no se dispone de un suministro de energía convencional, o esta no es fiable.

Con estos sistemas el agua puede ser bombeada durante el día y almacenada en tanques, con lo que estará disponible durante la noche y en los días nublado. La capacidad de almacenar el agua elimina la necesidad de baterías en el sistema. Esta configuración del sistema le da una característica más fiable y económica. (Cabrera peña & Fermin Montiel, 2003)

Además, se realizó un análisis energético de un sistema de bombeo solar de agua con una potencia pico de 75 W, acoplado a una bomba monofásica, lo que permitió establecer las condiciones bajo las cuales el sistema se

desempeña mejor (Carga Dinámica Total y litros producidos por día). Se llevaron acabo mediciones de las variables involucradas en el sistema de bombeo fotovoltaico, tales como: voltaje y corriente consumida por la bomba, irradiancia incidente y el flujo de agua producido por día. (Cabrera peña & Fermin Montiel, 2003)

Eddi Albert Maldonado Rodas expresa en su trabajo de tesis “Paneles solares como fuente de energía eléctrica para sistemas de mini riego en producción de hortalizas en el departamento de quiché” que los sistemas de riego accionados con energía fotovoltaica son una opción que presenta ahorros significativos durante la vida del proyecto. Además, son fáciles de gestionar, debido a que no requieren gran mantenimiento, por lo que son ideales para regiones en donde la organización de la gente para darle mantenimiento a un sistema, es una de las principales dificultades⁴.

Félix Natael Elenes, en su trabajo de tesis “Análisis de factibilidad de un sistema de bombeo de agua con energía solar como propuesta de adaptación para riego en rayón, Sonora” en esta tesis se hace inicialmente un análisis de mercado, expresa cuantitativamente el interés de buscar alternativas por parte de un grupo de agricultores, que les provea una solución a la problemática del alto consumo de energía eléctrica, derivado de su aplicación para el bombeo de agua de los pozos. Así mismo, el interés por invertir en el desarrollo de un sistema de bombeo de agua a partir de la energía solar si la propuesta es económicamente viable (Natael Elenes, 2012) .

El análisis técnico arroja como resultado que el municipio de Rayón, así como el estado de Sonora en sí, representa un área de oportunidad para el

⁴ (Maldonado Rodas 2011)

aprovechamiento de la energía solar, debido a que el promedio de insolación que recibe anualmente satisface la demanda requerida por el sistema para su operación. Así mismo, la cercanía con la capital del estado, Hermosillo, Sonora, permite contar con una serie de proveedores que cuentan con los componentes mencionados en las diferentes propuestas para construir el sistema de bombeo de agua con energía solar. Así mismo, es posible aprovechar la infraestructura que la Ciudad le ofrece.

Del análisis operativo, se obtiene que, si el sistema cuenta con dos paneles solares, será suficiente para satisfacer la demanda que se requiere para operar el sistema (Natael Elenes, 2012).

Alvares Arboleada (2017, pág. 54), En su tesis de grado titulado “Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC “ nos dice el proyecto cumple con las exigencias planteadas utilizando recursos naturales mediante el uso de paneles fotovoltaicos como fuente de energía para el bombeo y abastecimiento del agua que sirve para el consumo, y riego de los cultivos en zonas rurales donde carecen de suministro de energía eléctrica y agua potable. Los paneles fotovoltaicos es una clara muestra de energía alternativa siendo estos más viables y estables para alimentar el sistema de bombeo abaratando costos a largo plazo teniendo una amplia ventaja sobre los sistemas de riego tradicionales que usan combustibles. Las bombas solares son considerablemente eficientes porque no requieren de baterías su función es bombear siempre y cuando exista radiación solar disponible en el lugar del proyecto.

Contexto nacional

Sánchez Barboza (2016, pág. 9) **en su tesis titulado** “Diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del estable Gesa - Lambayeque, 2016” nos expresa que con la finalidad de Diseñar un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica que permita mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del estable GESA - Lambayeque; el proceso metodológico presenta un tipo de investigación aplicado – tecnológico con diseño pre - experimental, se trabajó con una población y muestra representativa constituida la capacidad de agua necesaria para el estable de GESA en Lambayeque. Se utilizó la técnica de la observación y los instrumentos permitieron medir los valores adecuados para el diseño; el análisis y procesamiento estadístico se realizó a través de la estadística descriptiva. El propósito del presente trabajo, es contribuir el mejoramiento del bombeo del estable GESA, las celdas fotovoltaicas permiten en condiciones óptimas desarrollar las actividades de una manera segura. El diseño realizado se justifica, en la medida que ayudará, a solucionar los problemas propios del estable GESA en cuanto a sus necesidades de agua, así mismo el aporte de la investigación se centra en la importancia de esta investigación que propone una alternativa de ahorro energético. La conclusión más relevante del informe se expresa en que el costo total para el diseño será de 10,050 nuevos soles que garantizará una adecuada funcionalidad para un prolongado tiempo del sistema fotovoltaico, a pesar del corto tiempo de implementación.

Josue Eliezer (2015, pág. 2) en su tesis titulado: “DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE BOMBEO CON PANELES SOLARES – CASO UNALM” En el resumen expresa que el bombeo de agua con energía solar

fotovoltaica se ha vuelto una gran alternativa en las comunidades rurales y los sistemas aislados del país. Las primeras instalaciones en el Perú se remontan a 1978 donde se utilizaban motores de corriente continua de media y baja potencia (menores a 800 W) directamente acoplados al generador fotovoltaico utilizando bombas centrífugas. Posteriormente, la inclusión de los motores de corriente alterna en la aplicación del bombeo fotovoltaico ofreció un avance en la tecnología de la electrónica, incrementando la fiabilidad y el rango de potencia de operación. Pero a pesar de las cuantiosas mejoras introducidas como convertidores AC/DC o inversores DC/AC todavía se sigue buscando la manera de optimizar los sistemas de bombeo fotovoltaico, su rendimiento, fiabilidad, el rango de potencia y una reducción en los costos.

Hoy en día, las necesidades básicas de agua establecen un consumo humano en áreas rurales en 20 litros/día aproximadamente. En las zonas rurales el mayor consumo de agua se produce para los sistemas de cultivos agrícolas así como en la alimentación de animales. (Alata Rey, 2015)

En resumen, el presente trabajo consiste en el dimensionamiento de un sistema de bombeo con paneles solares fotovoltaicos para una estación de bombeo de agua. La aplicación del presente estudio se desarrollará como un programa piloto para abastecer con agua a los servicios higiénicos de un pabellón de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Posteriormente se aplicará en todo el campus y como referencia para las comunidades rurales en donde la universidad tiene un convenio establecido. (Alata Rey, 2015)

Hernández Quijaite , en su trabajo de tesis “Bombeo de agua con energía solar en el departamento de Ica” da a conocer qué el principal limitante de los

sistemas convencionales es que el combustible suele tener continuos incrementos en su precio de venta, si a esto le suma el costo por transporte y los gastos operativos que supone la instalación, el costo resulta mayor respecto a lo obtenido con la energía solar. Aunque la inversión inicial se estima relativamente alta, los gastos operativos (operador, mantenimiento, etc.) no son significativos. Se debe tener en cuenta que el precio de los módulos solares ha disminuido en los últimos años, haciendo que los sistemas de bombeo solar resulten económicos.

Además, sostiene que los sistemas de bombeo de agua con energía solar requieren de una alta inversión inicial, pero el costo de mantenimiento y operación es muy bajo, en contraste con los sistemas que utilizan combustible, donde su inversión inicial es baja y un alto costo de operación y mantenimiento. Por otro lado, la larga vida útil y alta confiabilidad. La vida útil de un panel fotovoltaico se estima alrededor de 20 años y durante ese periodo el porcentaje de fallas es extremadamente bajo, lo que hace un sistema de alta confiabilidad (Hernandez Quijaite).

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Energía solar fotovoltaica

2.2.1.1. Aspectos generales

La electricidad es la forma más versátil de energía que tenemos. Permite que los ciudadanos de los países desarrollados dispongan de luz, refrigeración, control de la temperatura en sus casas, colegios y oficinas y acceso a los

medios de comunicación por cable y radio. El acceso a la electricidad está directamente relacionado con la calidad de vida. (Telecomunicación, 2002)

La Energía Solar Fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio desde hace 30 años. (Telecomunicación, 2002)

La Energía Solar Fotovoltaica presenta ventajas e inconvenientes tanto técnicas como no técnicas. A menudo, las ventajas y desventajas son diametralmente opuestas a las de las centrales convencionales de fuel. Por ejemplo, las plantas de combustibles fósiles provocan emisiones peligrosas para el medio ambiente, usan una fuente limitada, su coste tiende a crecer y no son modulares, es decir, no se pueden hacer plantas pequeñas. La Energía Solar Fotovoltaica no tiene ninguno de esos problemas; por el contrario, tiene la desventaja de su difícil almacenamiento. Por último, coinciden en ser ambas tecnologías muy fiables. (Telecomunicación, 2002)

2.2.1.2. Historia de la Energía solar fotovoltaica

Su desarrollo empezó en el año 1839 cuando Becquerel descubrió que, si se ilumina uno de dos electrodos sumergidos en un electrolito, aparece entre ambos una diferencia de potencial, dando lugar al efecto fotovoltaico. (Facio Reyes & Estrada Preciado, 2014)

En 1876, mientras Adams y Day se hallaban experimentando con la conductividad de unas varillas de selenio amorfo embebidas en hierro, descubrieron que se creaba una diferencia de potencial cuando sus aparatos eran iluminados. Los estudios realizados en el siglo XIX por Michael Faraday, James Clerk Maxwell, Nikola Tesla y Heinrich Hertz sobre inducción electromagnética, fuerzas eléctricas y ondas electromagnéticas, y sobre todo los de Albert Einstein en 1905, proporcionaron la base teórica al efecto fotoeléctrico, que es el fundamento de la conversión de energía solar a electricidad. (Facio Reyes & Estrada Preciado, 2014)

Laboratorios Bell, descubrieron en el año de 1954, de manera accidental, que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz. Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial. Emplearon una unión difusa de silicio p-n, con una conversión de la energía solar de aproximadamente 6%, un logro comparado con las células de selenio que difícilmente alcanzaban el 0,5%. (Facio Reyes & Estrada Preciado, 2014)

Al principio, las células fotovoltaicas se emplearon de forma minoritaria para alimentar eléctricamente juguetes y en otros usos menores, dado que el coste de producción de electricidad mediante estas células primitivas era demasiado elevado. (Facio Reyes & Estrada Preciado, 2014)

Las células fotovoltaicas fueron rescatadas gracias a la carrera espacial. La URSS lanzó su primer satélite espacial en el año 1957, y Estados Unidos le seguiría un año después. La primera nave espacial que usó paneles solares fue el satélite norteamericano Vanguard 1, lanzado en marzo de 1958. En el diseño de éste se usaron células solares creadas por Peter Iles en un esfuerzo

encabezado por la compañía Hoffman Electronics. (Facio Reyes & Estrada Preciado, 2014)

2.2.1.3. Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica⁵

Entre las principales aplicaciones tenemos:

- a) Electrificación en zonas rurales o apartadas, a las cuales no llegan las líneas de transmisión.
- b) Alumbrado público: Iluminación auto sustentada, con la utilización de pequeños paneles solares y luminarias especiales que se utiliza especialmente en parques, jardines y lugares de recreación en montañas y demás.
- c) Vallas publicitarias, letreros luminosos y señalización, así como en los letreros ubicados en carreteras y lugares en mantenimiento, señalización de pistas aéreas y vías férreas, evitando con esto el uso de generadores.
- d) Bombeo de agua para sistemas de riego y tratamiento de agua.
- e) En sistemas de comunicación, sus aplicaciones van desde trabajar como fuentes de respaldo para repetidoras, y demás aparatos colocados en montañas generalmente de difícil acceso, hasta en aplicaciones como navegación aérea y marítima y cabinas telefónicas aisladas que trabajan vía satélite,
- f) Sistemas de control y medida, telecontrol vía satélite, estaciones receptoras de datos, estaciones meteorológicas, equipos de sismología, dispositivos de alarmas.

⁵ Fuente especificada no válida.

- g) Actualmente se están utilizando como centrales fotovoltaicas, cuya energía eléctrica generada es entregada a la red eléctrica
- h) Centros médicos en comunidades rurales, donde se trabajan con equipamiento médico y lugares de almacenamiento de medicinas y vacunas.

2.2.1.4. Horas de sol pico (H.S.P.)

Esta unidad denominada hora solar pico es muy usado en el campo de la energía solar fotovoltaica y su conocimiento resulta útil en el análisis de sistemas fotovoltaicos.

El origen e interpretación de la hora solar pico puede comprenderse a partir de las siguientes consideraciones:

La irradiación solar sobre la superficie terrestre en un día cualquiera puede tener un comportamiento como el mostrado en la figura N° 2. La presencia de las nubes modifica esta distribución, pero en el presente análisis, no resulta esencial y no será tomada en cuenta.

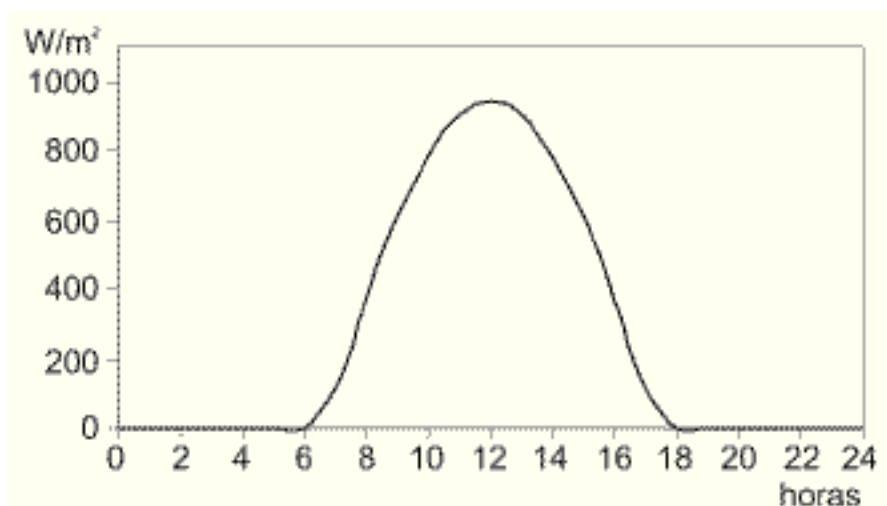


Figura N° 2: Distribución horaria de la radiación solar⁶

⁶ Valdiviezo Salas, Paulo Daniel. «Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.» Lima, 2014

El cálculo de la energía total recibida en un metro cuadrado de superficie terrestre (o de un panel fotovoltaico) horizontal, es representado por el área bajo la curva de la figura N° 3, por lo que debe obtenerse un valor de 5 000 Wh/m² o 5 kWh/m².

Este valor de 5 kWh/m² resulta de la suma o integración de la energía incidente en cada hora, tanto los menores valores de las horas tempranas o tardes del día, como los de mayores valores del mediodía.

Con el objetivo de facilitar los cálculos, se considera el caso hipotético de un Sol que logre una irradiancia constante de 1 000 W/m², durante un relativo corto tiempo, pero de modo tal que la energía total que incidirá sobre el metro cuadrado considerado, durante todo el día, fuera igual a la que produce el Sol verdadero.

En la figura N° 3 se ha representado el efecto del Sol hipotético actuando desde las 9:30 a.m. hasta las 2:30 p.m., es decir, un tiempo total de 5 horas. Gráficamente, las áreas bajo las curvas son iguales, ya que ambas representan la misma energía total incidente.

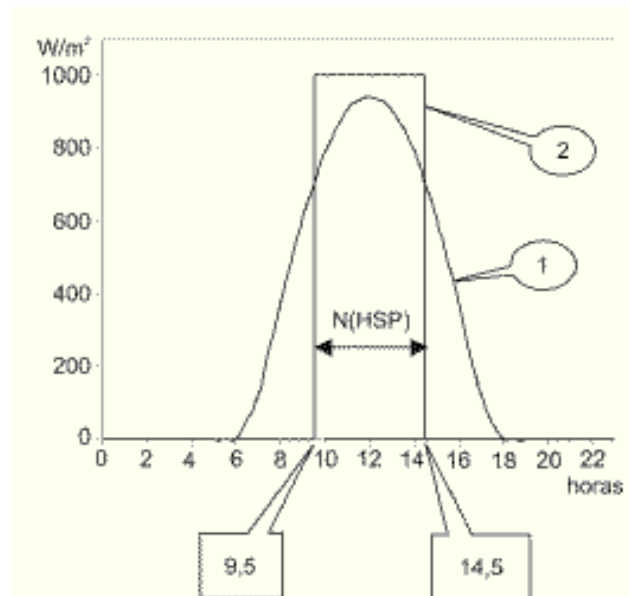


Figura N° 3: distribución horaria de la radiación solar (1) caso real (2) caso hipotético⁷

2.2.1.5. Energía Solar en el Perú⁸

La energía solar es una de las opciones que se están desarrollando como alternativas a las energías provenientes de la quema de combustibles fósiles. A diferencia de los países nórdicos, el territorio peruano, por estar mucho más próximo al Ecuador, cuenta con sol durante la mayor parte del año. Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5,5 a 6,5 kWh/m²; 5,0 a 6,0 kWh/m² en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4,5 a 5,0 kWh/m² (ver figura 4).

En el Perú hay tres ámbitos donde se ha desarrollado el uso de energía solar en el Perú. El primer ámbito (y más tradicional) es el uso como fuente térmica a través de termas de agua en zonas del sur peruano, principalmente Arequipa

⁷ <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia22/HTML/articulo03.htm>

⁸ <http://gruporural.pucp.edu.pe/nota/el-desarrollo-de-la-energia-solar-en-el-peru/>

y Puno, departamentos en los que existe cerca de 30 empresas dedicadas a la fabricación y mantenimiento de estos aparatos. No obstante, aún es amplio el camino a recorrer para masificar el uso de paneles solares tanto para áreas urbanas como rurales destinados al uso térmico el cual implicaría menor consumo de la red eléctrica en los hogares (una terma eléctrica es uno de los principales consumidores de energía eléctrica en un hogar). Asimismo, su uso no se limitaría a lo doméstico sino también podría incluirse en usos productivos como secadores de granos para la agricultura (en la zona sur la producción de granos andinos como kiwicha, quinua, kañihua es alta) así como para la potabilización de agua en aquellas zonas que lo requieran.

Como vemos, el sector de la energía solar va desde pequeñas instalaciones familiares hasta grandes proyectos de centrales solares. Es interesante que los avances, en este último caso, generen el desarrollo tecnológico y la difusión de esta fuente de energía renovable en el país. Una característica primordial de la energía solar es su capacidad para adecuarse a proyectos de mediana y pequeña envergadura para usuarios individuales. Este tipo de innovaciones permite acercar la producción de electricidad al punto de consumo evitando pérdidas durante el transporte y además de reemplazar el consumo de energía eléctrica de la red nacional y ahorrar costos a quienes la implementan.

No cabe duda de que las opciones de uso de la energía solar son grandes. Lamentablemente, aún existe desconocimiento de aquellos sectores que pueden aprovecharlo más intensamente.



Figura N° 4: Mapa solar del Perú⁹

⁹ (SENAMHI, 2003)

2.2.1.6. Energía solar en San Martín

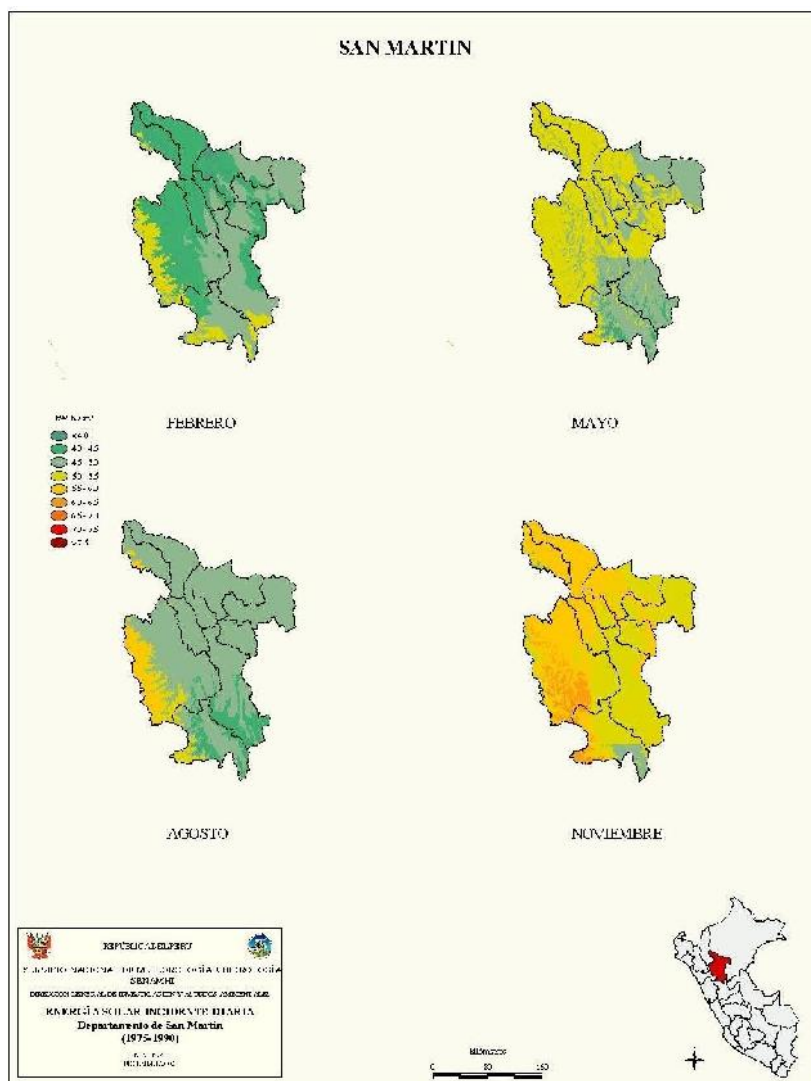


Figura N° 5: irradiación solar en el departamento de San Martín¹⁰

2.2.1.7. Efecto fotoeléctrico

La electricidad es un flujo de electrones, cargas negativas que rodean el núcleo atómico. Se comprobó que en algunos cristales se producía un flujo eléctrico por la incidencia de la luz. En 1905 Albert Einstein descubrió que,

¹⁰ <https://deltavolt.pe/phocadownload/Amazonas.jpg>

en algunos casos, los fotones golpeaban a los electrones de un material al incidir sobre él, hasta llegar a liberarlos de sus átomos, permitiéndoles circular libres en forma de corriente eléctrica. La radiación electromagnética está compuesta por paquetes de energía o fotones. Cada fotón transporta una energía

$$E = h \cdot \nu \dots (1.1)$$

donde h es la constante de Planck y ν la frecuencia del fotón en Hertz.

Cuando un fotón incide sobre el metal, transfiere toda su energía a alguno de los electrones. Si esta energía es suficiente para romper el enlace del electrón con el metal, entonces el electrón se desprende y se recombina (diferencia de potencial). Si el fotón transporta más energía de la necesaria, este exceso se transforma en energía cinética del electrón, saliendo del cristal al circuito exterior mediante conductores, la diferencia de potencial hará que fluya por el conductor exterior, esto dará lugar a la intensidad de corriente, que circulará en un solo sentido, es decir en corriente continua (cc). Es decir, que, si la energía del fotón es suficientemente grande, los electrones saldrán del cristal creando un flujo de electrones en el conductor del circuito, si la energía del fotón es pequeña, se desprenderán los electrones dentro del cristal, pero no saldrán de él, de esta manera tendremos una tensión en vacío o circuito abierto y ninguna o poca intensidad. Si los fotones tienen muy pocas energías son repelidas sin efecto alguno. No toda la energía de la luz se puede aprovechar para el efecto fotoeléctrico. Para el aprovechamiento total solo es importante la llamada radiación térmica, en la que se incluye la ultravioleta (UV), visible

(VIS) y la infrarroja (IR). (Figura N° 6) La temperatura en un cuerpo afecta a la hora de la radiación emitida por éste. (Gimenes, 2010)

Cuanto mayor es la temperatura mayor son los cambios:

- i. La intensidad de la emisión es mayor, la energía por metro cuadrado que abandona el cuerpo es más elevada, es decir mayor frecuencia.
- ii. El tipo de radiación cambia hacia una menor longitud de onda. De esta forma tenemos que la energía radiante (fotones) se caracteriza por su longitud de onda, que es inversamente proporcional a la frecuencia, según la siguiente expresión:

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

λ = longitud de onda de la luz. La unidad es el Ångstrom (Å)

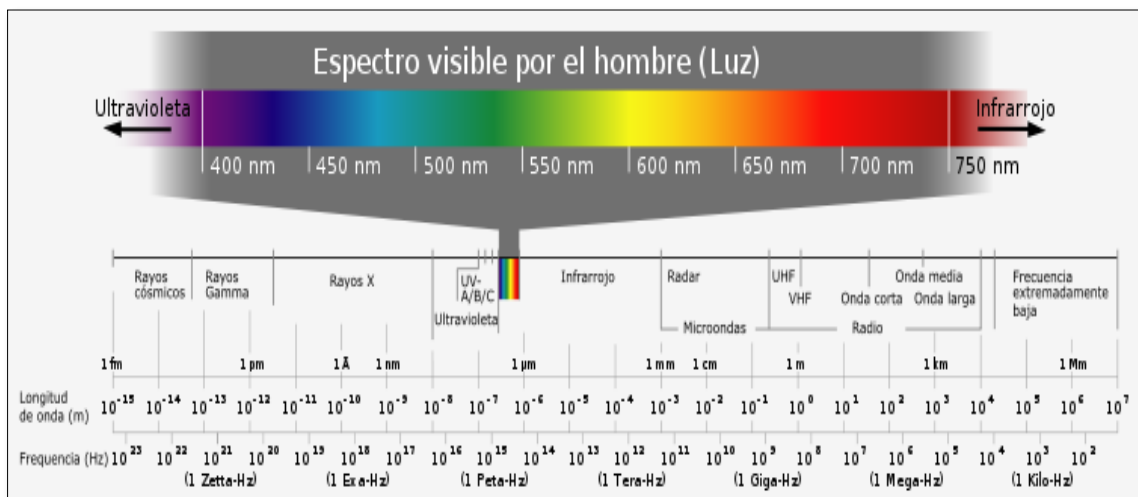


Figura N° 6: Gama de energía radiante

Fuente: (Gimenes, 2010)

2.2.2. Descripción de un sistema de bombeo fotovoltaico

Una instalación de bombeo fotovoltaico (ver Fig.7) está compuesta principalmente por un generador FV, un motor/bomba, un pozo, un sistema de tuberías y un depósito de acumulación. Se puede disponer de un sistema de acondicionamiento de potencia (controladores DC/DC, inversores DC/AC u otros dispositivos electrónicos) de acoplo entre el generador FV al motor, para poder operar motores AC o para incrementar el rendimiento medio diario en sistemas con motores DC que accionen bombas de desplazamiento positivo.

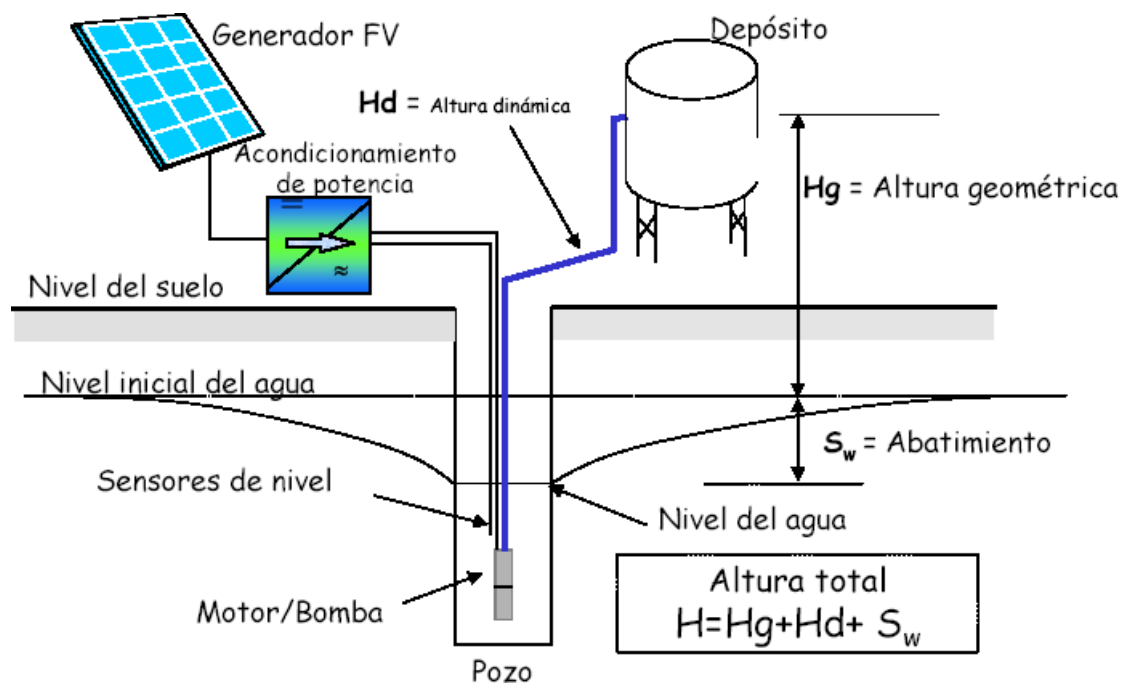


Figura N° 7: Componentes y parámetros que intervienen en el bombeo solar¹¹

El sistema ha de estar debidamente instalado y protegido, utilizando sensores de nivel en el pozo y en el depósito de acumulación para evitar el desperdicio del agua y la operación en vacío. A pesar de que se instalan bombas de

¹¹ (Cruz Baldan, 2011)

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

Para llevar a cabo un diseño, se necesita calcular el valor de la **altura** del sistema a instalarse. Este valor representa la suma de todos los valores que deben ser tenidos en cuenta cuando la bomba está en actividad, a fin de determinar la potencia a instalarse (ver Fig.7) Uno de ellos es la profundidad dinámica del pozo (**Hd**). Este valor es siempre superior al del valor estático (**Sw**), ya que el nivel de agua se hace más profundo al extraerse el agua. A parte de haber pérdidas en el entubado. Dependiendo del caudal y la velocidad de extracción, esta variación puede ser despreciable o apreciable. (Cruz Baldan, 2011)

La altura de cisterna o depósito (**Hg**), incrementa el valor total. En las tuberías se originan pérdidas por rozamiento, estas deben ser consideradas en todo el sistema como una función del caudal. Es evidente que las pérdidas por fricción en las tuberías se incrementan de manera proporcional al caudal. Por tal motivo se recomienda seleccionar un diámetro adecuado para que las pérdidas sean mínimas. Las pérdidas por fricción en la cañería, se dan como la altura dinámica. La altura dinámica para los codos, si se usan, dependen del ángulo y de su diámetro. La distancia horizontal, de existir, debe considerarse sólo para calcular las pérdidas por fricción, pero no contribuye, siendo horizontal, a incrementar el valor de la Hd. (Cruz Baldan, 2011)

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

Las condiciones hidráulicas

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

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

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

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

2.2.2.1. Configuraciones de los sistemas de bombeo de agua

De acuerdo con estos factores, se pueden definir varias configuraciones de un sistema de bombeo fotovoltaico: sumergible, flotante, con bomba centrífuga o de desplazamiento positivo, con motor de corriente continua o de corriente alterna, etc (ver Fig.8).

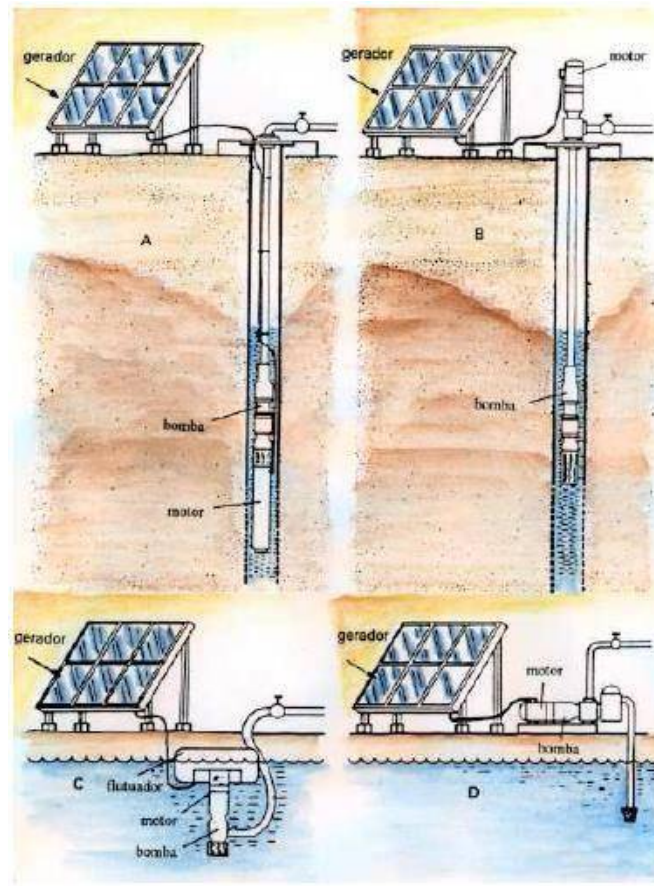


Figura N° 8: Ejemplo de configuraciones de sistemas de bombeo de agua¹²

2.2.3. Paneles fotovoltaicos

Los módulos o paneles fotovoltaicos son estructuras que están compuestas por células fotovoltaicas. Por lo general contienen entre 40 y 80 células fotovoltaicas y su tamaño varía entre los 0,80 m² y los 2 m², pero el más utilizado es el módulo plano de 36 células compuesto por vidrio, Etileno-vinil-acetato (EVA) y Fluoruro de polivinilo (PVF o Tedlar) que produce voltaje suficiente para alimentar una batería de 12 V. (Jacobo Romero, 2015)

¹² (Cruz Baldan, 2011)

Generalmente se puede decir que los módulos se encuentran conformados por los siguientes componentes¹³:

Cubierta exterior. - Es de vidrio templado ya que es resistente y permite el paso de la radiación solar. Su función es la de proteger a todos los componentes del panel de los fenómenos atmosféricos.

Capas encapsulantes. - Principalmente son de silicona, etil-vinilo-acetileno (EVA) o polivinilo butiral o de cualquier material que tenga buena transmisión de la radiación solar y que no se degrade ante los rayos ultravioletas. Su función, aparte de adherir las cubiertas, es la de amortiguar las posibles vibraciones e impactos.

Protección posterior. - Por lo general es de materiales acrílicos, siliconas, pero actualmente los más utilizados son: Tedlar o EVA. Sirve para proteger al panel de los agentes atmosféricos, principalmente de la humedad.

Marco de soporte. - Es de aluminio anodizado o de acero inoxidable. Sirve para dar soporte a todo el conjunto y como elemento de unión mecánica entre módulos.

Contactos eléctricos. - Son cables de cobre que permiten recoger a la energía que entrega el módulo y se encuentran en la parte posterior del módulo en una caja que los protege de la humedad. También pueden estar compuestos por elementos de protección como diodos de bypass que lo

¹³ (Jacobo Romero, 2015)

protegen de las sombras parciales.

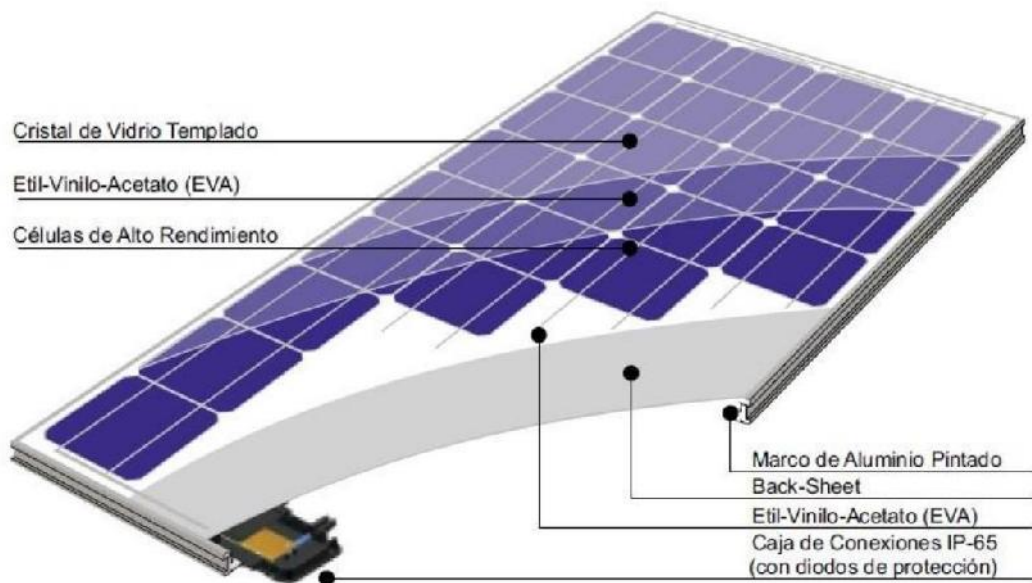


Figura N° 9: Sección de un Panel Fotovoltaico¹⁴

2.2.3.1. Clasificación de los paneles fotovoltaicos¹⁵

Mono-cristalinos.

Se componen de un único cristal de Silicio, son bastante caras y difíciles de conseguir y se consiguen rendimientos próximos al 30%.

Poli Cristalinos.

Cuando están formados por pequeñas partículas cristalizadas. Son más baratas que las mono-cristalinas, pero, por otro lado, su eficacia es menor.

Amorfos.

Cuando el Silicio no ha cristalizado. Tiene grandes ventajas en las propiedades eléctricas y en el proceso de producción y, además, presenta un costo reducido en el proceso de producción. (Andrade Ñaccha & Quispe Conde, 2016)

¹⁴ (Jacobo Romero, 2015)

¹⁵ (Andrade Ñaccha & Quispe Conde, 2016)

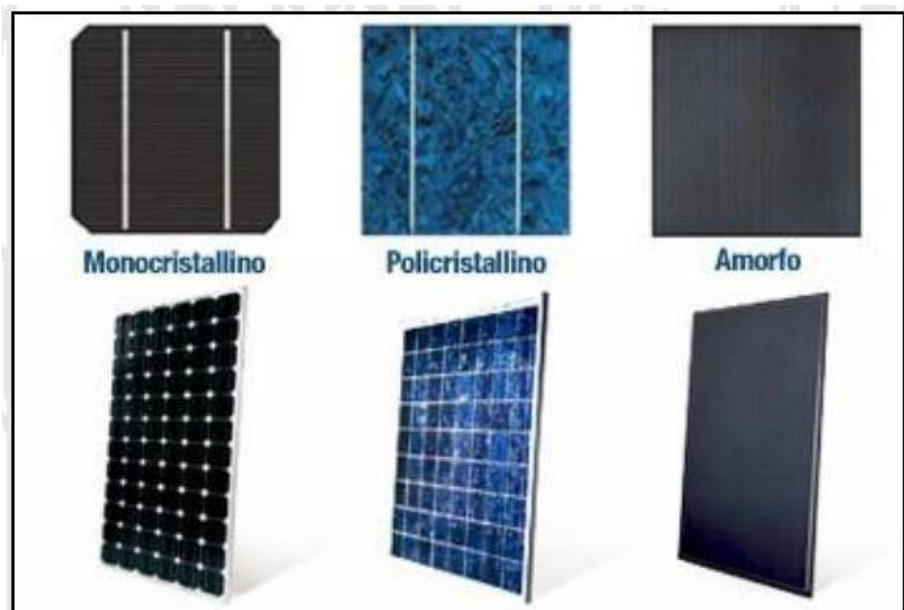


Figura N° 10: tipo de células solares¹⁶

Las células fotoeléctricas proporcionan una tensión entre 0,5 y 1 voltio, por ello es necesario asociarlas, en serio o paralelo, para adecuar la tensión a la requerida.

(Andrade Ñaccha & Quispe Conde, 2016)

El nivel de energía eléctrica producida está relacionado con el nivel de radiación incidente. Por lo general, los fabricantes proporcionan una gráfica que relaciona la tensión y corriente generada para un nivel de radiación y una temperatura. Es importante tener en cuenta que la potencia de salida del sistema fotovoltaico disminuye con el aumento de la temperatura del panel. (Andrade Ñaccha & Quispe Conde, 2016)

La Figura siguiente la curva IV para un módulo FV típico condiciones estándares de prueba (CEP), que corresponde a una irradiancia de 1 kW/m² y a una temperatura de celda de 25°C. Es bueno notar que la potencia que entrega el módulo se reduce cuando el módulo no opera a un voltaje óptimo. Esto es evidente

¹⁶(Andrade Ñaccha & Quispe Conde, 2016)

en la curva de potencia contra voltaje (curva PV) que aparece en la adjunta.
(Andrade Ñaccha & Quispe Conde, 2016)

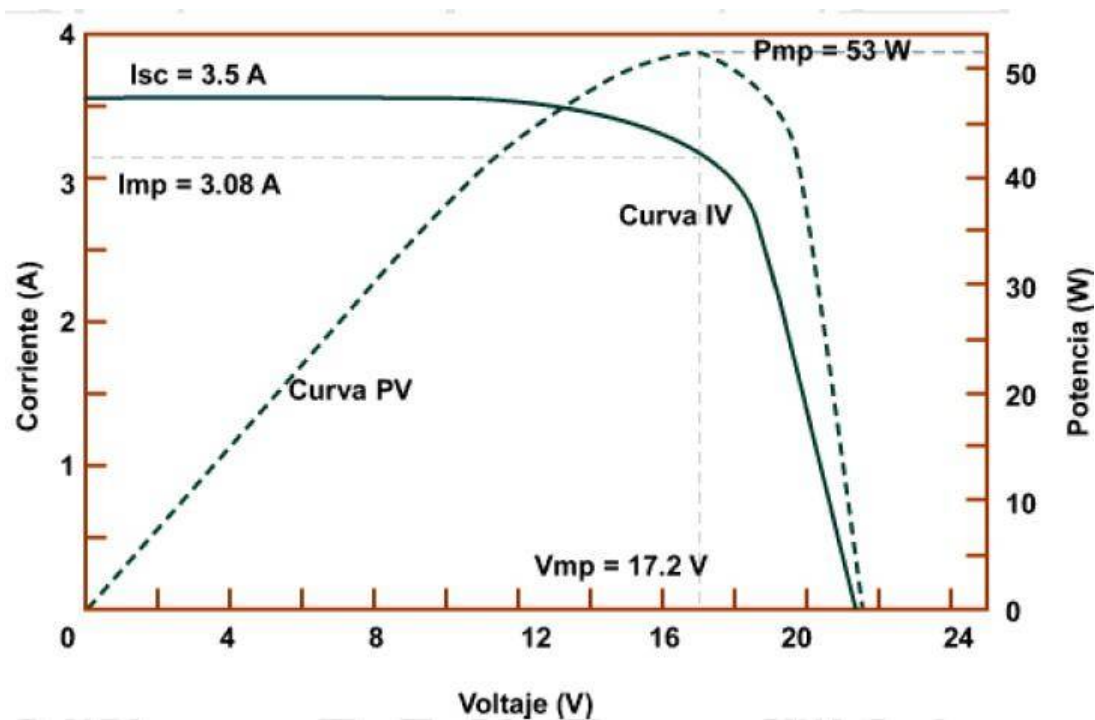


Figura N° 11: Curva característica de un panel fotovoltaico¹⁷

El funcionamiento del módulo fotovoltaico se ve afectado por la intensidad de la radiación y de la temperatura. La Figura 11 muestra el comportamiento de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de la radiación solar. (Andrade Ñaccha & Quispe Conde, 2016)

¹⁷ (Andrade Ñaccha & Quispe Conde, 2016)

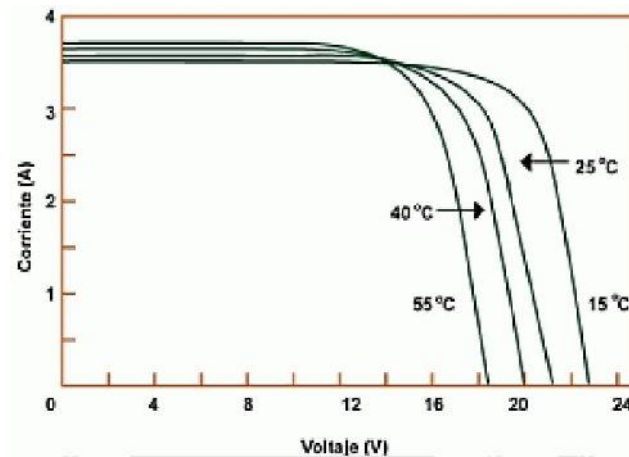


Figura N° 12: Curva característica respecto a la temperatura¹⁸

2.2.4. Subsistema motor bomba

Para el subsistema motor – bomba lo detallaremos en dos partes:

- Motores
- Bombas

2.2.4.1. Motores¹⁹

Un motor es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica. Dependiendo del tipo de alimentación eléctrica, los motores pueden clasificarse básicamente en:

- a) motores de corriente continua (DC)
- b) motores de corriente alterna (AC)

Dependiendo del tipo de construcción, los motores de corriente continua pueden ser de imán permanente (con o sin escobillas), Serie, Shunt o

¹⁸ (Andrade Ñaccha & Quispe Conde, 2016)

¹⁹ Fuente especificada no válida.

Compuesta y los motores de corriente alterna pueden ser monofásicos o trifásicos, síncronos o asíncronos.

El principio de funcionamiento de los motores es la inducción electromagnética, según el cual una espira por la que circula una corriente eléctrica dentro de un campo magnético está sometida a una fuerza de desplazamiento.

a) Motores DC

Las partes fundamentales de un motor de corriente continua son el inductor o estator que es la parte fija de la máquina, el inducido o rotor que es la parte giratoria, el colector que va montado sobre el mismo eje que el rotor y giran simultáneamente y las escobillas que son unos contactos a presión que rozan sobre el colector y tienen como misión la entrada y salida de la corriente del rotor.

Los motores de corriente continua se caracterizan por su voltaje, potencia y velocidad nominales y por el par motor. La potencia que puede desarrollar un motor es proporcional al par motor y a la velocidad. El par motor es proporcional al flujo inductor y a la intensidad de carga. La velocidad de giro del motor varía con el voltaje e intensidad de funcionamiento, así como con el flujo magnético.

Uno de los principales inconvenientes que tienen los motores de corriente continua con escobillas es el desgaste de éstas con el funcionamiento. Aumentando el número de escobillas (de dos a cuatro o más) se puede aumentar considerablemente su tiempo medio de vida. Las tendencias actuales tienden al desarrollo de motores DC sin escobillas, conocidos como motores busheles, de muy alto rendimiento, Los motores DC sin escobillas

tienen un rotor de imanes permanentes y un estator bobinado (normalmente a tres fases). La conmutación del campo, realizada por las escobillas en los motores DC convencionales, es realizada en este caso electrónicamente. La electrónica de control puede ir incorporada en el propio motor o ser externa. El circuito de conmutación electrónica constituye una fuente de pérdidas de potencia, pero no mayor que las pérdidas en la resistencia serie de los motores con escobillas. Las ventajas de estos motores estriban en la posibilidad de operar sumergidos reduciendo el mantenimiento por no tener que reemplazar las escobillas y presentar un rendimiento elevado y un grado de fiabilidad semejante al de los motores AC de inducción.

Las principales ventajas de los motores DC son:

- a) Altos rendimientos
- b) No necesitan un inversor
- c) En general están bien diseñados para acoplarse directamente al generador FV cuando accionan bombas centrífugas.

La utilización de motores DC con escobillas debe evitarse en sistemas sumergibles, ya que requieren mantenimiento regular que implica sacar la bomba del pozo (labor que puede resultar tediosa en grandes sistemas), son más caros que los motores AC y generalmente no se dispone de motores DC de grandes potencias, salvo diseños específicos.

b) Motores AC

Debido al gran número de aplicaciones para los que se han estado utilizando durante años se dispone de una gran variedad de motores AC. Su inclusión en un sistema fotovoltaico implica aumentar el coste económico debido a que necesitan la presencia de un inversor DC/AC. Además, se necesitan

dispositivos electrónicos auxiliares para proporcionar las altas corrientes de arranque. Sin embargo, los motores AC son, en general, más eficientes y relativamente más baratos, siendo típicamente la mitad del costo de un motor DC de la misma potencia.

Los dos tipos básicos de motores AC son motores de inducción asíncronos y motores síncronos. Los habitualmente utilizados en sistemas de bombeo FV son los motores de inducción asíncronos.

Los motores de inducción poseen pares de arranque muy bajos, siendo adecuados para bombas de bajo par de arranque, como las bombas centrífugas.

Los motores AC se componen fundamentalmente de dos partes, rotor y estator, y se caracterizan por su voltaje y potencia nominales, por su velocidad de giro, dependiente de la frecuencia de la tensión de alimentación, y por el par motor. Los motores de corriente alterna tienen un factor de potencia que limita el aprovechamiento de la corriente suministrada, dando lugar a pérdidas adicionales.

El par depende de la velocidad y de la corriente. El rendimiento de estos motores depende de la potencia activa de alimentación y de la carga. Si la carga es diferente de la carga nominal, el rendimiento suele decaer bruscamente.

Las pérdidas por fricción mecánica contribuyen significativamente a las pérdidas en los motores de alto rendimiento. Para minimizar el mantenimiento y las pérdidas por fricción es aconsejable lubricarlos con grasas de índice de viscosidad cinético independiente de la temperatura, pudiendo reducir las pérdidas por fricción hasta un 60%. Las imperfecciones en el circuito magnético también contribuyen a las pérdidas, si un motor está bien diseñado,

éstas deberían ser pequeñas. El bajo rendimiento de algunos motores es debido principalmente a las pérdidas en el circuito magnético. Otro factor que contribuye a disminuir el rendimiento es el calentamiento del motor. Cuando la temperatura aumenta, aumentan las pérdidas resistivas y como consecuencia aumenta la temperatura.

2.2.4.2. Bombas

Las bombas comunes disponibles en el mercado han sido desarrolladas pensando en que hay una fuente de potencia constante. Por otro lado, la potencia que producen los módulos FV es directamente proporcional a la disponibilidad de la radiación solar. Es decir, a medida que el sol cambia su posición durante el día y al variar la disponibilidad de potencia también cambia la disponibilidad de potencia de la bomba. Por esta razón se han creado bombas especiales para la electricidad fotovoltaica las cuales se dividen desde el punto de vista mecánico en **centrífugas y volumétricas**²⁰.

A. Bombas centrífugas²¹.

Tienen un impulsor que por medio de la fuerza centrífuga de su alta velocidad arrastran agua por su eje y la expulsan radialmente. Estas bombas pueden ser sumergibles o de superficie son capaces de bombear el agua a 60 metros o más, dependiendo del número y tipo de impulsores. Están optimizadas para un rango estrecho de cargas

²⁰ (Paredes Rubio, 2001)

²¹ (Paredes Rubio, 2001)

dinámicas totales y la salida de agua se incrementa con su velocidad rotacional.

Las bombas de succión superficial se instalan a nivel del suelo y tienen ventaja de que se les puede inspeccionar y dar servicio fácilmente. Tienen la limitante de que no trabajan adecuadamente si la profundidad de succión excede los 8 metros. (ver figura N° 13).

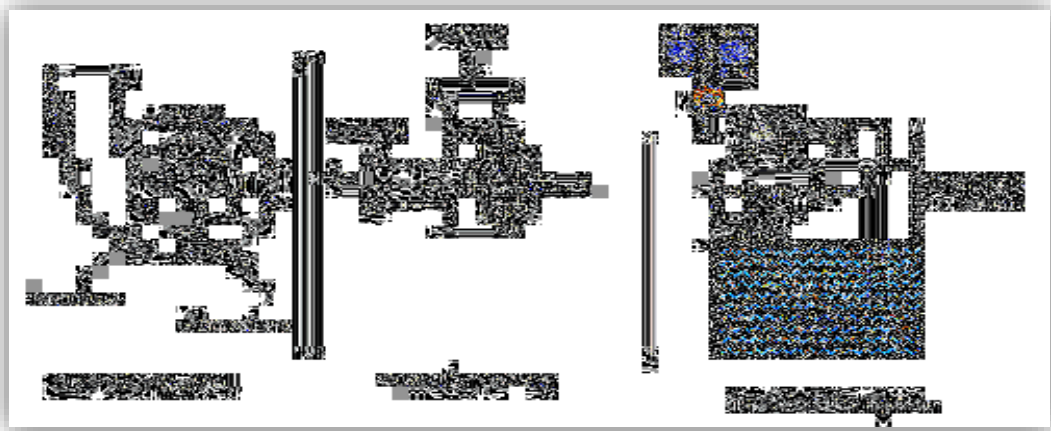


Figura N° 13: Bombas centrífugas de succión superficial

Fuente: (Paredes Rubio, 2001)



Figura N° 14: Bomba centrífuga superficial

Fuente: (Paredes Rubio, 2001)

Hay una gran variedad de bombas centrífugas sumergibles. Algunas de estas bombas tienen el motor acoplado directamente a los impulsores y se sumergen completamente. Otras, tienen el motor en la superficie mientras que los impulsores se encuentran completamente sumergidos y unidos por una flecha. Generalmente las bombas centrífugas sumergibles tienen varios impulsores y por ello, se les conoce como bombas de paso múltiple. (Paredes Rubio, 2001).

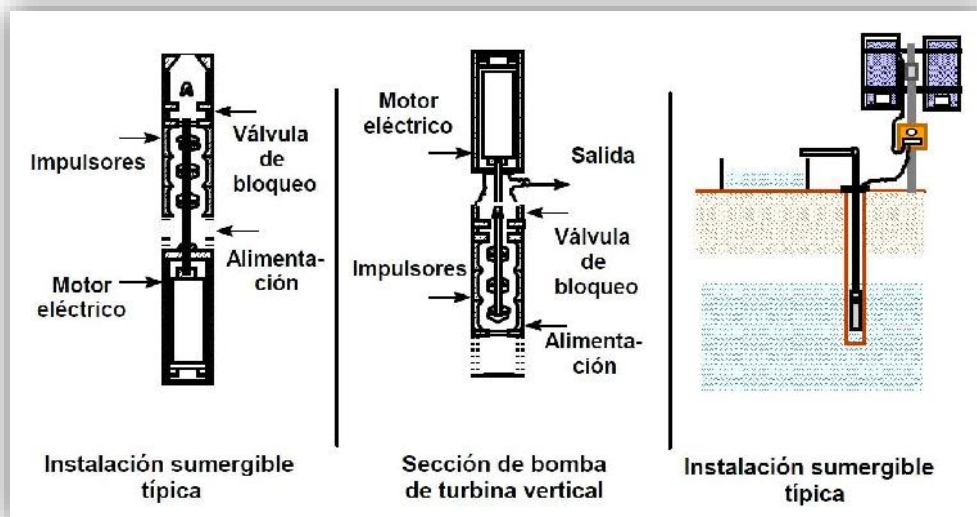


Figura N° 15: Bomba centrífuga sumergible

Fuente: (Paredes Rubio, 2001)

Todas las bombas sumergibles están selladas y tienen el aceite de lubricación contenido para evitar contaminación del agua. Otras bombas utilizan el agua misma como lubricante. Estas bombas no deben operarse en seco por que sufren sobrecalentamiento. (Paredes Rubio, 2001).

B. Bombas volumétricas.

Las bombas volumétricas o de desplazamiento positivo son adecuadas para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande. Algunas de estas bombas usan un cilindro y un pistón para mover paquetes de agua a través de una cámara sellada. Otras utilizan un pistón con diafragmas. Cada ciclo mueve una pequeña cantidad de líquido hacia arriba. El caudal es proporcional al volumen de agua. Esto se traduce a un funcionamiento eficiente en un

amplio intervalo de cargas dinámicas. Cuando la radiación solar aumenta también aumenta la velocidad del motor y por lo tanto el flujo de agua bombea es mayor, ver figura N° 16.

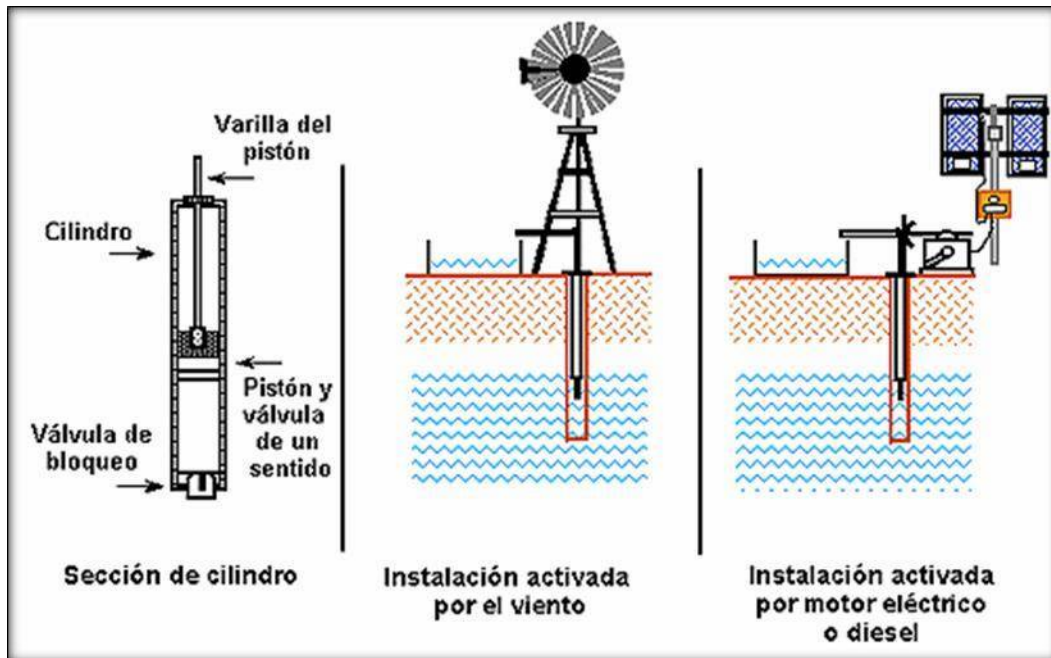


Figura N° 16: Bomba volumétrica de cilindro

Fuente: (Paredes Rubio, 2001)

C. Bombas de cilindro:

Las bombas de cilindro han sido muy populares en aplicaciones de bombeo mecánico activadas por el viento, tracción animal o humana. Su principio consiste en que cada vez que el pistón baja, el agua del pozo entra a su cavidad y cuando este sube, empuja el agua a la superficie. La energía eléctrica requerida para hacerla funcionar se aplica solo durante una parte del ciclo de bombeo. Las bombas de esta categoría deben estar siempre conectadas a un controlador de corriente para

aprovechar al máximo la potencia otorgada por el arreglo fotovoltaico.
(Paredes Rubio, 2001).

D. Bombas de diafragma:

Las bombas de diafragma desplazan el agua por medio de diafragmas de un material flexible y resistente. Comúnmente los diafragmas se fabrican de caucho reforzado con materiales sintéticos. En la actualidad, estos materiales son muy resistentes y pueden durar de dos a tres años de funcionamiento continuo antes de requerir reemplazo dependiendo de la calidad del agua. Los fabricantes de estas bombas producen un juego de diafragmas para reemplazo que pueden adquirirse a un precio razonable. Existen modelos sumergibles y no sumergibles. (Ver figura N° 17).

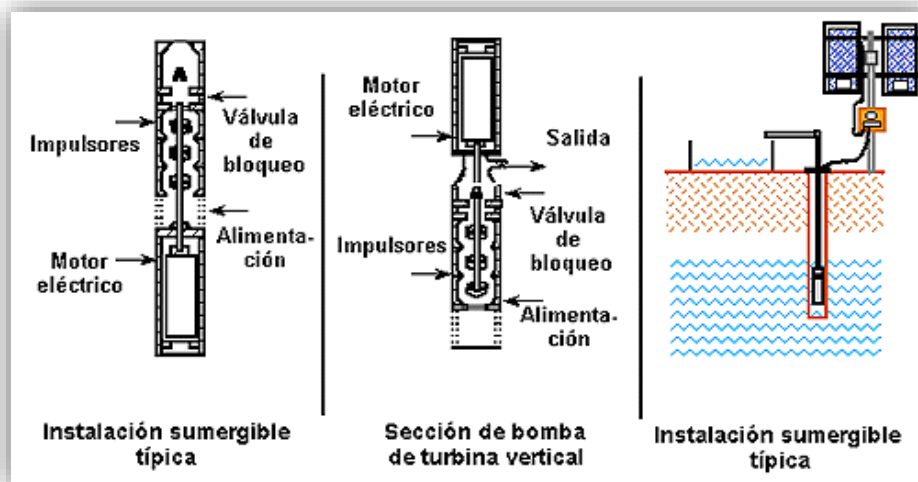


Figura N° 17: Bomba de diafragma sumergible

Fuente: (Paredes Rubio, 2001).

Las bombas de diafragma son económicas. Cuando se instala una bomba de este tipo siempre se debe considerar el gasto que

representa el reemplazo de diafragmas una vez cada dos o tres años. Más aun, muchas de estas bombas tienen un motor de corriente continua con escobillas. Las escobillas también deben cambiarse periódicamente. Los juegos de reemplazo incluyen los diafragmas, escobillas, empaques y sellos. La vida útil de este tipo de bomba es aproximadamente 5 años del uso. (Paredes Rubio, 2001).

2.2.4.3. Selección de la bomba

Las bombas centrífugas y volumétricas ofrecen diferentes alternativas para diferentes rangos de aplicación. El proceso de selección de la bomba para un proyecto es de suma importancia. Todas las bombas tienen que usar la energía eficientemente ya que, en un sistema fotovoltaico, la energía cuesta dinero. Este proceso de selección de la bomba se complica debido a la multitud de marcas y características de una bomba. Un solo fabricante puede ofrecer más de 20 modelos de bombas y cada una tiene un rango óptimo de operación.

Las bombas más eficientes son las desplazamiento positivo de pistón, pero no son recomendables para los gastos medianos y grandes a baja carga dinámica total.

En la tabla N° 2 siguiente indica el tipo de bomba adecuada que se recomienda en general según la carga dinámica total del sistema de bombeo. (Paredes Rubio, 2001).

Tabla N° 2: Principales características de las bombas fotovoltaicas

Bombas Fotovoltaicas	Características y Ventajas	Desventajas
Centrífugas sumergibles	Comúnmente disponibles. Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena. Pueden utilizar el agua como lubricante. Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA. Manejan flujos altos. Operan a cargas dinámicas grandes. Tienen un diseño modular que permite obtener más agua al agregar más módulos fotovoltaicos.	Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. Se dañan si trabajan en seco. Deben extraerse para darles mantenimiento. Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas.
Centrífugas de succión superficial	Comúnmente disponibles. Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena. Son de fácil operación y mantenimiento por ser superficiales. Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA. Manejan flujos altos. Manejan cargas dinámicas altas, aunque no son capaces de succionar más de 8 metros.	Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas. Pueden dañarse por el congelamiento en climas fríos.
Desplazamiento positivo de pistón	Soportan cargas dinámicas muy grandes. La producción puede variarse ajustando la carrera del pistón.	Requieren de reemplazo regular de sellos del pistón. No toleran arenas o sedimentos. La eficiencia se reduce a medida que el pistón pierde la capacidad de sellar el cilindro. Debe extraerse el pistón y el cilindro del pozo para reparar los sellos. No dan grandes flujos.
Diafragma	Operan a cargas menores de 40 metros. Son muy económicas.	No toleran arenas o sedimentos. No trabajan a cargas dinámicas grandes. Bajos flujos.

fuelle: (Paredes Rubio, 2001)

2.2.5. Acondicionamiento de potencia

A una temperatura y nivel de irradiancia, un generador FV tiene una característica I-V. Para maximizar la transferencia de energía, la carga eléctrica debe ser tal que su propia característica I-V intercepte a la del generador FV tan cerca del punto de máxima potencia como sea posible. El papel del circuito de acondicionamiento de potencia es proporcionar al motor/bomba la combinación más adecuada tensión/corriente, a la vez que asegurar que el generador FV opera en su punto de máxima potencia.

Los dispositivos de acondicionamiento de potencia pueden ser:

- Dispositivos de acoplo de impedancia o convertidores DC/DC
- Inversores DC/AC
- Baterías

El empleo de dispositivos de acondicionamiento de potencia tiene la función de seguir el punto de máxima potencia para transferir la máxima energía posible al motor, se colocan entre el generador y la bomba y siempre son necesarios en el caso de bombas accionadas mediante motores AC (inversores). En general, la inclusión de estos equipos en el sistema implica pérdidas de potencia por autoconsumo y rendimiento del 4% al 7%, un coste adicional y una fuente potencial de fallos; por ello su uso solamente está justificado si el incremento en la energía hidráulica de salida es considerablemente mayor. El aumento del coste y la disminución de la fiabilidad se ven compensados por el aumento del rendimiento total del sistema. Los *convertidores DC/DC*, debido a que su propósito principal es mantener tanto al generador como a la carga en su respectivo punto de trabajo óptimo, suelen ser seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) y efectúan un ajuste de potencia para incrementar el rendimiento del sistema de bombeo a largo del día. (Cruz Baldan, 2011)

Sus principales cometidos en el sistema son:

- a) Producir elevadas corrientes para que el motor pueda funcionar a bajos niveles de irradiancia (disminuyen los umbrales de irradiancia de bombeo).
- b) Maximizar la potencia entregada por el generador fotovoltaico.

La misión de los convertidores DC/DC es primordialmente convertir una potencia de entrada P_i en una potencia de salida $P_o = V_o$ con el mayor rendimiento posible $\eta = P_o/P_i$, ajustando los márgenes de tensión y corriente de entrada. Los convertidores DC/DC pueden pertenecer a dos clases, los

que elevan la tensión de salida respecto de la de entrada ($V_o > V_i$) y los reductores de tensión ($V_o < V_i$). Muchos de los convertidores DC/DC disponibles no disponen de seguimiento del punto de máxima potencia, si no que su función es la de fijar una tensión de operación del generador FV. (Cruz Baldan, 2011)

Los *inversores DC/AC* tienen la principal misión de transformar la corriente continua de salida del generador en corriente alterna, apta para su utilización por motores AC. (Cruz Baldan, 2011)

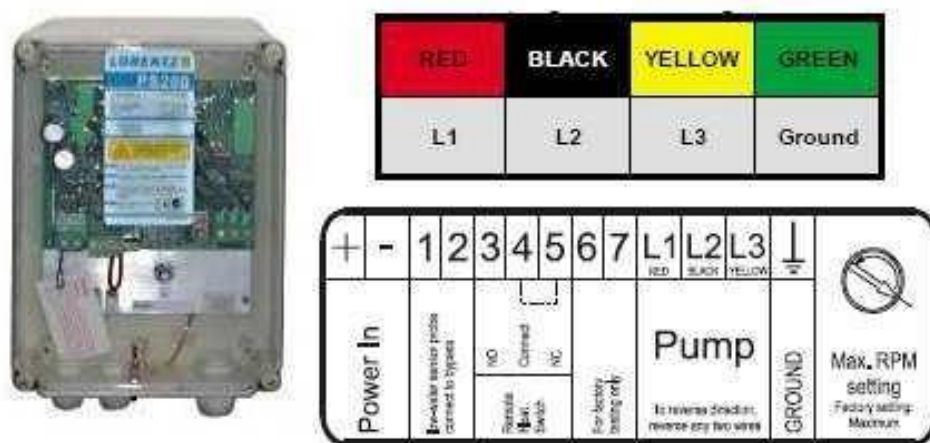


Figura N° 18: Inversor para bomba Lorentz²²

Los inversores de uso en bombeo fotovoltaico generan una salida mono o trifásica con voltaje y frecuencia variables ver *Figura 18*. La variación de la frecuencia de salida permite a los motores operar a velocidades distintas de la velocidad nominal correspondiente a la frecuencia nominal de 50/60 Hz y así disminuir el umbral de irradiancia solar para el arranque de la bomba. (Cruz Baldan, 2011)

Normalmente estos inversores suelen incorporar un seguidor del punto de

²² (Cruz Baldan, 2011)

máxima potencia. Ambas características permiten aumentar el rendimiento del sistema de bombeo FV. (Cruz Baldan, 2011)

El uso de *baterías* en un sistema de bombeo FV, como sistema de acondicionamiento de potencia, permite fijar un voltaje de trabajo del generador fotovoltaico, lo que hace que el sistema pueda trabajar cerca del punto de máxima potencia e independientemente del nivel de irradiancia y suministrar la corriente necesaria al motor, así como la corriente de arranque. Por otro lado, las baterías permiten almacenar la energía sobrante durante las horas de sol para reutilizarla durante las horas nocturnas o en momentos de muy baja irradiancia. De otro modo una bomba alimentada por un generador fotovoltaico suministra agua únicamente durante aquellas horas de sol que superen un cierto valor de *irradiancia umbral*. (Cruz Baldan, 2011)

La introducción de baterías en un sistema de bombeo puede disminuir su fiabilidad e incrementar las necesidades de mantenimiento regular, es necesario incluir un regulador de tensión para protegerla de sobrecargas o sobredescargas, tienen un tiempo de vida limitado, en general se necesitan diodos de bloqueo para prevenir que la batería se descargue a través del generador durante la noche, además de suponer un coste adicional de la instalación. En general sólo es justificable si el caudal bombeado durante las horas de sol resulta insuficiente para satisfacer la demanda de agua. En este tipo de aplicaciones resulta recomendable el almacenamiento energético en forma de energía hidráulica mediante la utilización de un depósito de acumulación en lugar de utilizar baterías. (Cruz Baldan, 2011)

2.2.6. Software PVSYST

Es una herramienta que permite el estudio, la simulación y análisis de datos completa de los sistemas fotovoltaicos. Este software permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la irradiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica.



Figura N° 19: ventana de inicio al software²³

además de los dos tipos principales conectado a red y aislado. Incluye gran cantidad de opciones y permite modificar e incluir todos los datos necesarios para un estudio en detalle. Es una herramienta de pago, pero que se puede obtener gratis durante un periodo de un mes para poder probarla y después si no se adquiere una licencia funcionará en modo demostración, con algunas limitaciones.

²³ Software PVSYST

2.2.7. Evaluación económica de proyectos de inversión

Los sistemas fotovoltaicos tienen actualmente múltiples aplicaciones (en el sector doméstico, industrial y agropecuarias, pero es necesario un análisis de viabilidad económica y factibilidad técnica para determinar si es la más apropiada para tal fin.

2.2.7.1. Indicadores

El VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha, tales como el desarrollo de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, el ingreso en un nuevo rubro de negocio, etc²⁴.

Valor Actual Neto (VAN)²⁵

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

²⁴ Llauce Chozo, A. J. (2016). *Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el km 901, carretera Lambayeque – Piura.*

²⁵ <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en número de unidades monetarias (euros, dólares, pesos, etc.).

Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia²⁶.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \dots (1)$$

F_t : son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 : es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n : es el número de periodos de tiempo

k : es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectuables y en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

VAN > 0 : el valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

VAN = 0 : el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

²⁶ <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>

VAN < 0 : el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Sapag Chain y Sapag Chain (2008, pág. 323) nos indica lo siguiente:

El criterio de la tasa interna de retorno (TIR) evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. La TIR “representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo”. Aunque ésta es una apreciación muy particular de estos autores (no incluye los conceptos de costo de oportunidad, riesgo ni evaluación de contexto de la empresa en conjunto), sirve para aclarar la intención del criterio.

La tasa interna de retorno puede calcularse aplicando la siguiente ecuación:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + r)^t} \dots (1)$$

F_t : son los **flujos de dinero** en cada periodo t

I_0 : es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n : es el número de periodos de tiempo

Criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno

El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.

Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

Otros indicadores de decisión

Sapag Chain y Sapag Chain (2008, pág. 329) nos indica lo siguiente:

Muchos otros métodos se han desarrollado para evaluar proyectos, aunque todos son comparativamente inferiores al valor actual neto; algunos por no considerar el valor tiempo del dinero y otros porque, aunque lo consideran, no entregan una información tan concreta como aquél.

Uno de los criterios tradicionales de evaluación bastante difundido es el del periodo de recuperación (**PR**) de la inversión, mediante el cual se determina el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que se compara con el número de periodos aceptable por la empresa. Si los flujos fuesen idénticos y constantes en cada periodo, el cálculo se simplifica a la siguiente expresión:

$$PR = \frac{I_0}{BN} \dots (PR, \text{ años})$$

donde PR , periodo de recuperación, expresa el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial I_0 cuando los beneficios netos generados por el proyecto en cada periodo son BN .

2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.

Bomba: Es un dispositivo que transforma energía para incrementar la presión de un líquido o gas, añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión a otra de mayor presión.

Energía solar: Es una fuente de energía renovable, que llega en forma de radiación electromagnética del sol a la tierra, con el cual se puede generar calor y electricidad, se puede aprovechar mediante la energía fotovoltaica, la energía fototérmica y energía termoeléctrica.

Panel fotovoltaico: Es un dispositivo que contiene un conjunto de células fotovoltaicas que nos permiten aprovechar la energía solar incidente en ellas mediante el efecto fotoeléctrico para producir energía eléctrica.

Inversor: Un inversor es un convertidor electroestático, que por medio del uso de componentes electrónicos de potencia nos permite convertir la corriente continua en corriente alterna.

Caja de Conexiones: Elemento donde las series de módulos fotovoltaicos son conectados eléctricamente, y donde puede colocarse el dispositivo de protección, si es necesario.

Célula Fotovoltaica: Unidad básica del sistema fotovoltaico donde se produce la transformación de la luz solar en energía eléctrica.

Central Fotovoltaica: Conjunto de instalaciones destinadas al suministro de energía eléctrica a la red mediante el empleo de sistemas fotovoltaicos a gran escala.

Contador: Un contador principal mide la energía producida (kWh) y enviada a la red, que pueda ser facturada a la compañía a los precios autorizados. Un contador secundario mide los pequeños consumos de los equipos fotovoltaicos (kWh) para descontarlos de la energía producida.

Controlador de Carga: Componente del sistema fotovoltaico que controla el estado de carga de la batería.

Convertidor Continuo - Continua: elemento de la instalación encargado de adecuar la tensión que suministra el generador fotovoltaico a la tensión que requieran los equipos para su funcionamiento.

Dimensionado: Proceso por el cual se estima el tamaño de una instalación de energía solar fotovoltaica para atender unas necesidades determinadas con unas condiciones meteorológicas dadas.

Efecto Fotovoltaico: Conversión directa de la energía luminosa en energía eléctrica.

Eficiencia: En lo que respecta a células solares es el porcentaje de energía solar que es transformada en energía eléctrica por la célula. En función de la tecnología y la producción técnica, éste varía entre un 5% y un 30%.

Fotón: Cada una de las partículas que componen la luz.

Fotovoltaico (FV): Relativo a la generación de fuerza electromotriz por la acción de la luz.

Generador: Conjunto de todos los elementos que componen una instalación fotovoltaica, necesarios para suministrar energía a las distintas aplicaciones. Transforma la energía del Sol en energía eléctrica y carga las baterías.

Inclinación: Ángulo que forma el panel fotovoltaico con una superficie perfectamente horizontal o a nivel.

Inversor: Transforma la corriente continua que suministran las baterías o los paneles en corriente alterna para su uso en diferentes electrodomésticos o aplicaciones, tanto en sistemas aislados como en sistemas conectados a red.

Kilovatio (kW): Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.

Módulo o Panel Fotovoltaico: Es el conjunto formado por las distintas células fotovoltaicas interconectadas, encapsuladas y protegidas por un vidrio en su cara anterior y por un marco por los laterales. El módulo está provisto de terminales para su conexión a la instalación.

Orientación: Ángulo de orientación respecto al Sur Solar de la superficie de un panel. El Sur geográfico (o real) no debe confundirse con el magnético, que es el que señala la brújula, aunque en el caso de España la diferencia no suponga grandes desviaciones.

Punto de máxima potencia de un Panel: Potencia que suministra un panel fotovoltaico cuando el producto de la tensión por la intensidad es máximo.

Radiación Solar: Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados.

Rendimiento: Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

Silicio: Elemento químico del que básicamente se componen las células de un panel solar. Es de naturaleza prácticamente metálica, gris oscuro y de excelentes propiedades semiconductoras.

Sistema Aislado o Remoto: Sistema fotovoltaico autónomo, no conectado a red. Estos sistemas requieren baterías u otras formas de acumulación. Suelen utilizarse en lugares remotos o de difícil acceso.

Sistema Conectado a Red: Sistema fotovoltaico en el que actúa como una central generadora de electricidad, suministrando energía a la red.

Vatio (W): Unidad de potencia eléctrica, que equivale a un julio por segundo.

Vatio Pico: Unidad de potencia que hace referencia al producto de la tensión por la intensidad (potencia pico) del panel fotovoltaico en unas condiciones estándares de medida

Voltaje: Anglicismo del término Tensión.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El tipo de investigación es Aplicada: En este tipo de investigación el énfasis del estudio está en la resolución práctica de problemas. Se centra específicamente en cómo se pueden llevar a la práctica las teorías generales. Su motivación va hacia la resolución de los problemas que se plantean en un momento dado²⁷. De acuerdo entonces con la definición anterior utilizaremos los conocimientos de sistemas fotovoltaicos en el bombeo de agua para riego.

El diseño de investigación es no experimental: Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos²⁸.

3.2. Población y muestra

La presente tesis ha sido aplicada a un lugar específico, a 03 hectáreas de terreno donde se cultiva arroz de propiedad del señor José Carranza Paredes ubicado en el caserío Nuevo Lima en Bellavista.

²⁷ <https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/>

²⁸ <http://www.tecnicas-de-estudio.org/investigacion/investigacion37.htm>

3.3. Hipótesis

Es viable técnica y económicamente un sistema de microgeneración eléctrica para el bombeo de agua bombeo en el caserío Nuevo Lima.

3.4. Variables - Operacionalización

Tal como se muestra en la Tabla N° 3, se identifican las variables y se

X: Variable independiente:

Viabilidad técnica y económica

Y: Variable dependiente:

Microgeneración eléctrica para el bombeo de agua

Tabla N° 3: Operacionalización de variables²⁹

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Técnicas

Observación directa³²

La observación directa es un método de recolección de datos que consiste en observar al objeto de estudio dentro de una situación particular. Esto se hace sin intervenir ni alterar el ambiente en el que el objeto se desenvuelve.

De lo contrario, los datos obtenidos no serían válidos. En este caso esta

²⁹ Elaboración propia

³² <https://www.lifeder.com/observacion-directa/>

técnica no servirá para conocer la situación problemática de los propietarios de los terrenos que son regados con agua utilizando motobomba.

VARIABLES	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN	INDICADORES
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL	
Viabilidad técnica y económica	El estudio de viabilidad de un proyecto empresarial consiste en el análisis de todos los datos internos del proyecto, así como de las características del entorno, con la finalidad de saber si el negocio puede tener éxito, o si, por el contrario, no hay posibilidad de iniciarlo ³⁰	Calcular el valor que toman los indicadores que hacen que el proyecto sea viable técnica y económicamente	VAN TIR TR
Microgeneración eléctrica para el bombeo de agua	La microgeneración de energías renovables ³¹ refiere a generación de energía eléctrica en pequeña escala, que se obtiene a partir del viento o del sol. La potencia de generación obtenida normalmente no supera los 20 kW	Dimensionamiento del sistema de microgeneración fotovoltaica	Dimensionar el sistema fotovoltaico Dimensionar el sistema de bombeo de agua.

Análisis de contenido

Se tendrá en cuenta libros, tesis, revistas, etcétera que sean referentes a la investigación.

³⁰ http://aula.educa.aragon.es/datos/AGS/Economia/unidad_08_sin_cargar/page_04.htm

³¹ <http://www.energias.bienescomunes.org/2012/10/17/que-es-la-microgeneracion-de-energias-renovables/>

Entrevista³³

Se podrá definir que la entrevista consiste en obtención de información oral de parte de una persona (entrevistado) lograda por el entrevistador directamente, en una situación de cara a cara, a veces la información no se transmite en un solo sentido, sino en ambos, por lo tanto, una entrevista es una conversación entre el investigador y una persona que responde a preguntas orientadas a obtener información exigida por los objetivos específicos de un estudio.

Se entrevistó al propietario del terreno el señor José Carranza Paredes con la finalidad de obtener información sobre el tipo de riego, tipo de siembra, consumo de combustible, transporte de combustible, periodo de riego.

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

A continuación se muestran los instrumentos asociadas a cada una de las técnicas

Tabla N° 4: Técnicas e instrumentos utilizados en la investigación³⁴

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación directa	Cuaderno de apuntes, fichas de campo, fotografías.
Entrevista	Cuaderno y lapicero
Análisis de contenido	Libros, tesis, revistas, páginas web de internet

³³ :<http://manuelgalan.blogspot.com/2009/05/la-entrevista-en-investigacion.html>

³⁴ Elaboración propia

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

En las visitas realizadas al caserío Nuevo Lima se recopilaron datos de demanda de agua, consumo de combustible de la motobomba, potencia de la motobomba, costo de mantenimiento, tipo de cultivo. Los datos se procesaron y analizaron por medios electrónicos, clasificados y sistematizados de acuerdo a las unidades de análisis correspondientes respecto a la variable. Para el procesamiento se utilizó la estadística descriptiva, se tabularon los resultados para organizar la información entre los cuales tenemos: tablas y gráficos estadísticos con sus respectivas descripciones e interpretaciones de los resultados. Luego de realizar el cálculo por el método del peor mes también se realizó el cálculo en el software PVSYS Para el análisis si se está dimensionando los paneles solares, controladores y el dimensionamiento de la bomba, se utilizó en el procesamiento de la información software aplicativos como el Office 2019- (Word, Excel) para la diagramación de barras, columnas y otros.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción del sistema propuesto

Con la finalidad de solucionar la realidad problemática existente en el caserío Nuevo Lima se propone un sistema de microgeneración eléctrica el cual suministrará energía eléctrica a un sistema de bombeo cuya agua servirá para el riego del cultivo y que sustituirá al sistema de riego actual el cual usa motobomba.

El sistema propuesto consta de los siguientes equipos.

Generador fotovoltaico constituido por un conjunto de paneles fotovoltaicos los cuales serán de una marca reconocida y potencia comercializable con la suficiente potencia para accionar la bomba.

Bomba: se propone una bomba superficial de la marca LORENTZ con la suficiente potencia para bombear el agua.

El procedimiento que se seguirá desde la obtención de los datos hasta determinar la viabilidad financiera se muestra en la siguiente figura.

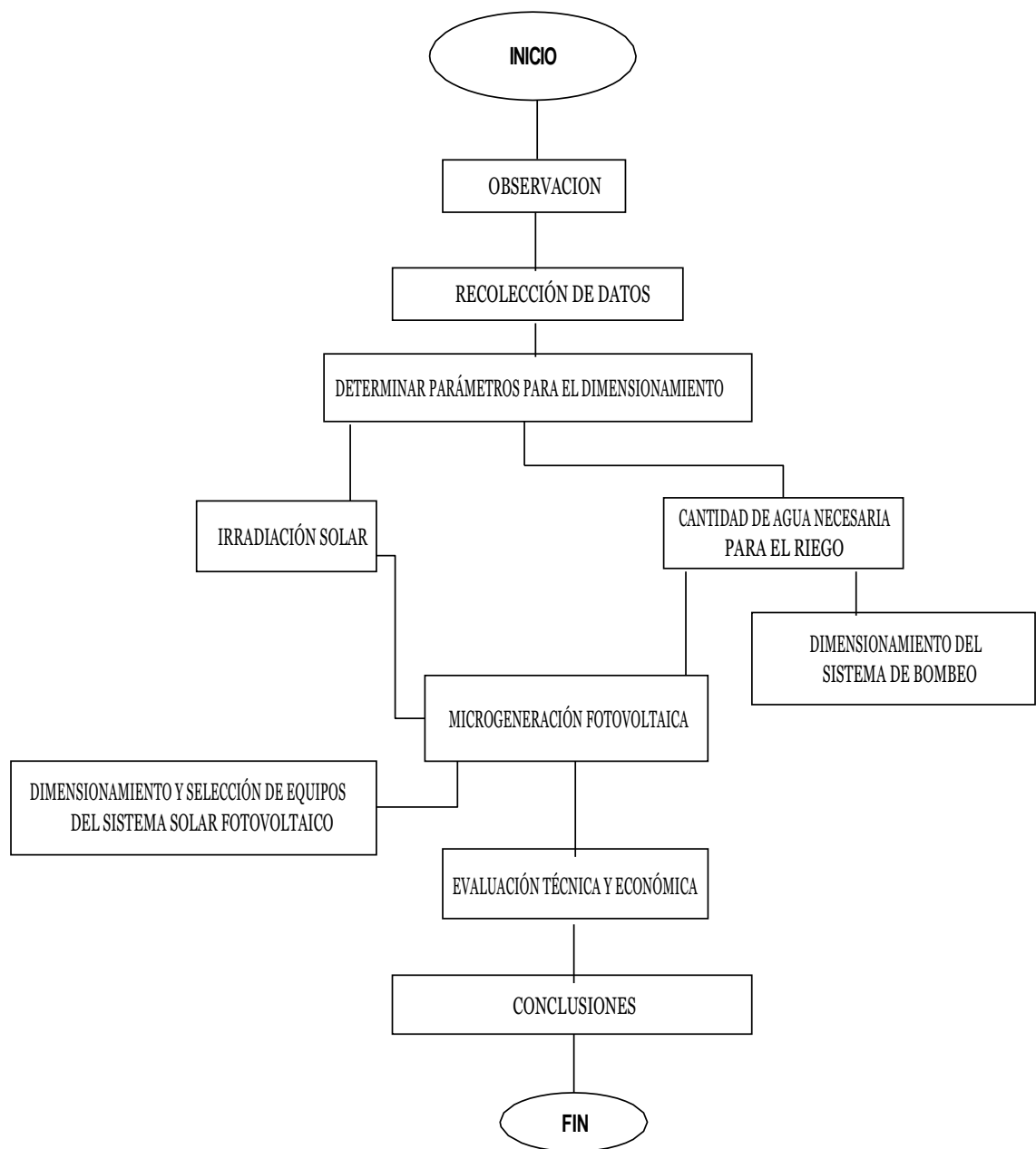


Figura N° 20: Pasos para desarrollar la propuesta³⁵

³⁵ Fuente: elaboración propia

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Obtención de datos de la energía solar disponible

Para determinar los datos de irradiación solar, de temperatura y humedad utilizaremos el software CLIMWAT 2.0 tal como se muestra a continuación y que se pueden obtener de la siguiente página web: <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/en/>

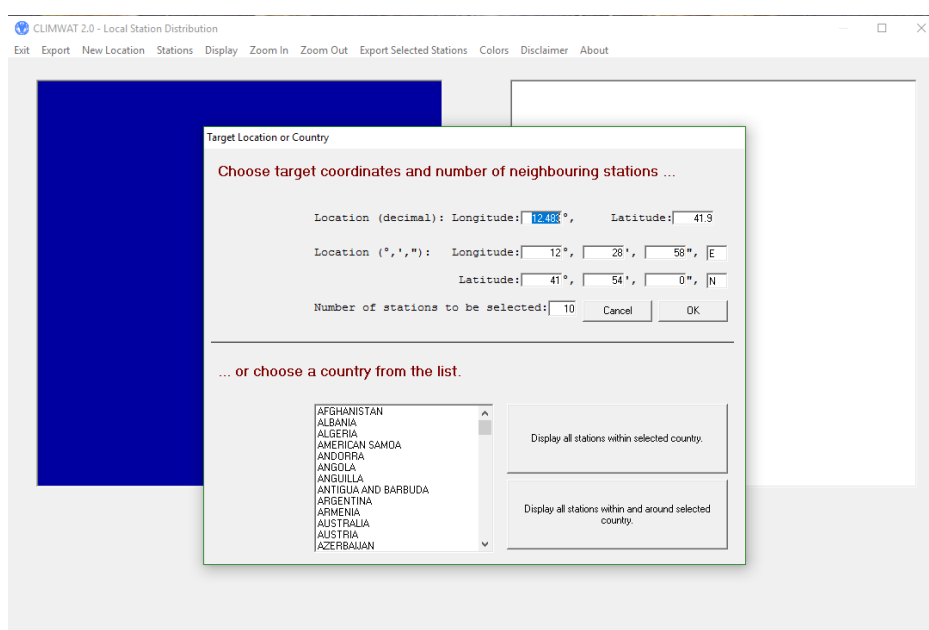


Figura N° 21: Ingreso de las coordenadas geográficas al software CLIMWAT³⁶

³⁶ software Climwat

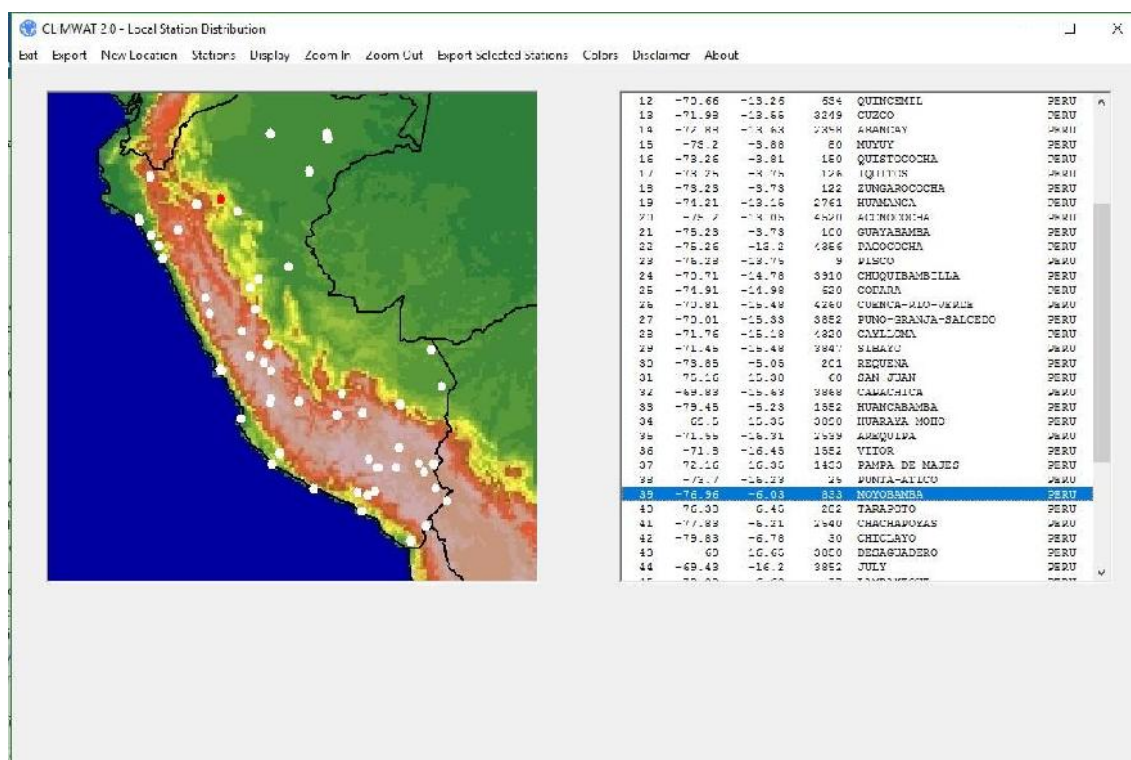


Figura N° 22: Selección de la estación meteorológica más próxima al caserío en estudio³⁷

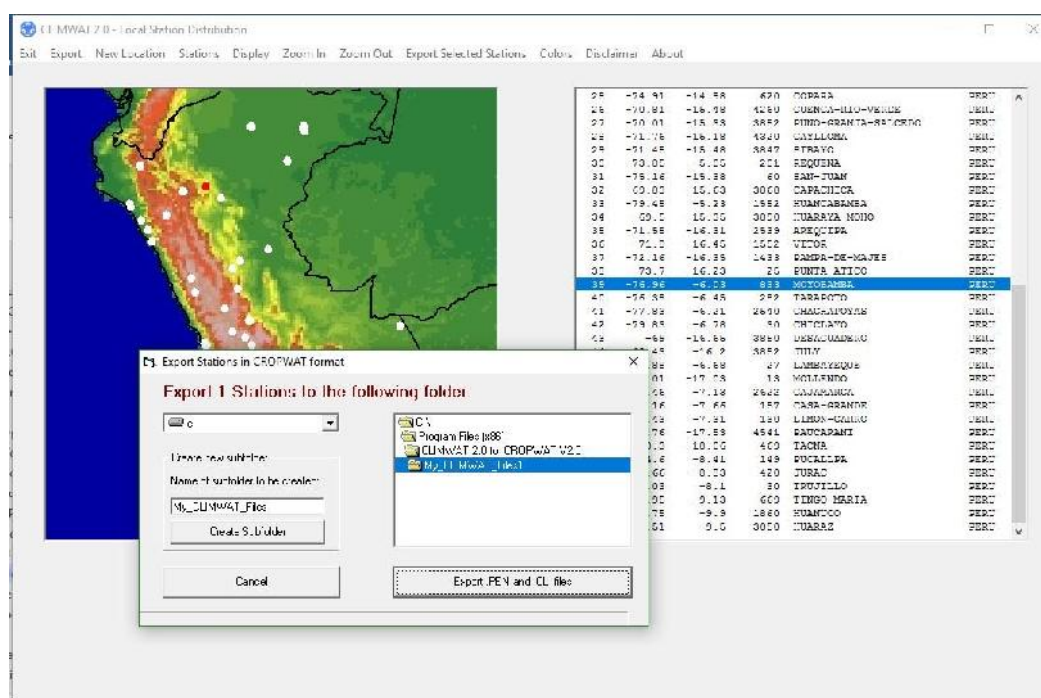


Figura N° 23: Guardando datos de la estación meteorológica³⁸

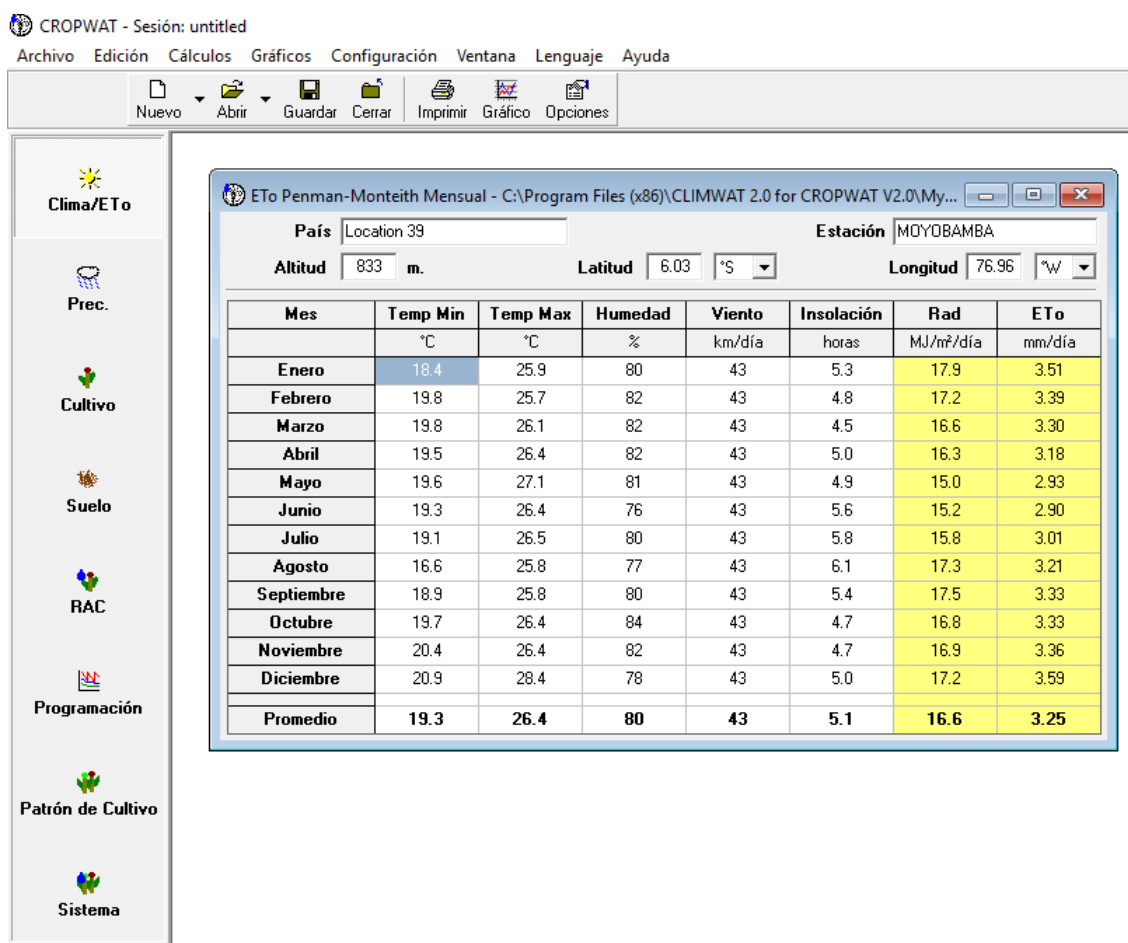
³⁷ Software CLIMWAT

³⁸ Software CLIMWAT

Cálculo de la evapotranspiración

Luego utilizamos el software CROPWAT 8.0 y buscamos el archivo guardado en CLIMWAT y con ello obtenemos los datos de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa, velocidad del viento, irradiación solar t también el valor de la evapotranspiración , tal como se muestra en la siguiente Tabla N° 5

Tabla N° 5: Datos climatológicos obtenidos del software CROPWAT³⁹



³⁹ software CROPWAT

Cálculo de la precipitación efectiva

Para fines de nuestro diseño la precipitación efectiva se obtiene de acuerdo a las precipitaciones que obtuvimos del programa CLIMWAT 2.0 y que se muestra en la Tabla N° 6

Tabla N° 6: Valores de precipitación efectiva promedios mensuales⁴⁰

CROPWAT - Sesión: untitled

Archivo Edición Cálculos Gráficos Configuración Ventana Lenguaje Ayuda

Nuevo Abrir Guardar Cerrar Imprimir Gráfico Opciones

Clima/ETo

Prec.

Cultivo

Suelo

RAC

Programación

Patrón de Cultivo

Sistema

Precipitación mensual - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\M...

Estación Método Prec. Ef

	Precipit.	Prec. efec
	mm	mm
Enero	143.0	90.4
Febrero	135.0	84.0
Marzo	184.0	123.2
Abril	145.0	92.0
Mayo	77.0	37.6
Junio	71.0	32.8
Julio	62.0	27.2
Agosto	68.0	30.8
Septiembre	108.0	62.4
Octubre	138.0	86.4
Noviembre	133.0	82.4
Diciembre	104.0	59.2
Total	1368.0	808.4

⁴⁰ software CROPWAT

5.2. Demanda de agua promedio diaria

Para determinar la demanda promedio de agua diaria se procederá a considerar lo siguiente

Ingreso de datos del coeficiente de cultivo (K_{cb}) obtenidos del documento pdf evapotranspiración del cultivo (estudio de la FAO riego y drenaje) que se puede obtener de: <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>

En el software CROPWAT ingresamos los datos del coeficiente de cultivo:

Tabla N° 7: Coeficiente de cultivo del arroz⁴¹

Cultivo	$K_{cb\ ini}^1$	$K_{cb\ med}^1$	$K_{cb\ fin}^1$
Arroz	1,00	1,15	0,70-0,45

Cálculo del requerimiento de agua del cultivo

En base al tipo de cultivo, CROPWAT 8.0 nos ayuda a calcular el requerimiento de agua para cada mes en nuestro caso para el cultivo de arroz, con estos resultados se puede obtener la demanda de agua que requiere el arroz para su correcto desarrollo.

⁴¹ <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>

Tabla N° 8: Requerimiento hídrico del arroz con el software⁴² CROPWAT 8.0

Requerimiento de Agua del Cultivo							
Estación ETo MOYOBAMBA			Cultivo Arroz				
Est. de lluvia MOYOBAMBA			Fecha de siembra 01/05				
Mes	Decada	Etap	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
May	1	Inic	1.05	3.17	31.7	17.0	14.7
May	2	Inic	1.05	3.08	30.8	10.2	20.6
May	3	Des	1.05	3.07	33.8	10.5	23.3
Jun	1	Des	1.06	3.09	30.9	11.5	19.5
Jun	2	Des	1.08	3.13	31.3	10.9	20.4
Jun	3	Med	1.10	3.23	32.3	10.3	22.0
Jul	1	Med	1.11	3.30	33.0	9.4	23.5
Jul	2	Med	1.11	3.34	33.4	8.7	24.7
Jul	3	Med	1.11	3.41	37.6	9.2	28.4
Ago	1	Med	1.11	3.49	34.9	9.0	25.9
Ago	2	Med	1.11	3.57	35.7	9.0	26.7
Ago	3	Med	1.11	3.61	39.7	12.9	26.8
Sep	1	Med	1.11	3.66	36.6	17.5	19.1
Sep	2	Fin	1.10	3.69	36.9	21.1	15.8
Sep	3	Fin	1.04	3.48	34.8	23.7	11.2
Oct	1	Fin	0.96	3.22	32.2	27.0	5.2
Oct	2	Fin	0.89	2.96	29.6	30.1	0.0
Oct	3	Fin	0.82	2.74	19.2	18.6	0.0
					594.4	266.6	327.8

Del a Tabla N° 8 observamos que el valor máximo de agua requerida es de 28,4 mm/dec es decir 2,84 mm/día

Cálculo del volumen de agua diario

El volumen de agua necesario se calculó a partir de los resultados de la

$$V_{\text{agua}} = \frac{A \cdot (ET_c)^3}{K_c} \dots (ET_c \cdot A)$$

Se ha obteniendo una lámina de agua de 2,84 mm/día. Ahora considerando las 2 hectáreas de terreno tenemos un volumen total de:

⁴² software CROPWAT

$$Q_{\text{requerido}} = \frac{2,84}{1} \left(\frac{10^3}{1} \right) 2h = 56,80 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Tabla N° 9: Caudal requerido por el arroz⁴³

Programación de riego de cultivo

ETo estación: MOYOBAMBA Cultivo: Arroz Siembra: 01/05 Red. Rend.: 0.0 %
 Est. de lluvia: MOYOBAMBA Suelo: Franco Cosecha: 27/10

Formato de Tabla:
☒ Program. de riego
☐ Bal. diario de agua de suelo

Momento: Regar a agotamiento crítico
 Aplicación: Reponer a capacidad de campo
 Ef. campo: 70 %

Fecha	Día	Etap	Precipit.	Ks	ETa	Agot.	Lám.Neta	Déficit	Pérdida	Lam.Br.	Caudal
			mm	fracc.	%	%	mm	mm	mm	mm	l/s/ha
1 May	1	Ini	0.0	1.00	100	10	3.2	0.0	0.0	4.5	0.52
4 May	4	Ini	0.0	1.00	100	18	6.3	0.0	0.0	9.1	0.35
6 May	6	Ini	0.0	1.00	100	16	6.3	0.0	0.0	9.1	0.52
8 May	8	Ini	0.0	1.00	100	15	6.3	0.0	0.0	9.1	0.52
10 May	10	Ini	0.0	1.00	100	14	6.3	0.0	0.0	9.1	0.52
12 May	12	Ini	0.0	1.00	100	13	6.2	0.0	0.0	8.8	0.51
14 May	14	Ini	0.0	1.00	100	12	6.2	0.0	0.0	8.8	0.51

Totales

Lámina bruta total	411.7	mm	Precipitación total	524.1	mm
Lámina neta total	288.2	mm	Precipitación Efectiva	303.5	mm
Pérdida total de riego	0.0	mm	Pérdida tot.prec.	220.6	mm
Uso real de agua del cultivo	591.7	mm	Def. de hum. en cosecha	0.0	mm
Uso pot. de agua del cultivo	591.7	mm	Requer. reales de riego	288.2	mm
Efic. de programación de riego	100.0	%	Efic. de precipitación	57.9	%
Deficiencia de programación de riego	0.0	%			

Reducción de rendimiento

De la Tabla N° 9 la lámina bruta total para la siembra de arroz es de 411,7 mm. Para una duración de 150 días obteniendo una lámina de agua de 2,74 mm/día (valor que corrobora el resultado de la Tabla N° 8).

5.3. Dimensionamiento del sistema de bombeo

5.3.1. Cálculo de la carga dinámica total

De los datos recopilados de la entrevista en el encargado del riego y verificación en campo se obtuvo los siguientes datos:

La carga estática (CE) se calcula con la adición de las distancias

⁴³ software CROPWAT

CE = Nivel estático

CE = 5,0 m

La carga dinámica (CD) se puede obtener por omisión⁴⁴

2 % de la longitud total de tubería, entonces tenemos que es: $CD = 0,02 \times L$

$= 0,02 \times (5+10)$

$= 0,02 \times 15 \text{ m} = 0,30 \text{ m}$

Entonces,

$CDT = CE + CD = 5 \text{ m} + 0,34 \text{ m} = 5,34 \text{ m}$

Consideraremos 6 m.

5.3.2. Cálculo del caudal

Conociendo que la demanda diaria de agua es de 56,80 m³ /día, para calcular la potencia considerando que toda esa agua va a ser bombeado en las horas de insolación es decir 4,50 h entonces tenemos un caudal de:

$$Q = \frac{56,80 \text{ m}^3}{4,50 \text{ h}} = 12,62 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.3.3. Selección de la bomba sumergible

Proponemos la bomba LORENTZ PS- 1200 C-SJ12-3 (ANEXO 01) el cual se ha seleccionado en base a los resultados de altura y caudal calculado en la sección anterior.

⁴⁴ Paredes Rubio, Arturo Romero. «Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica.» Mexico, 2001.



Figura N° 24: bomba⁴⁵ LORENTZ PS- 1200 C-SJ12-3

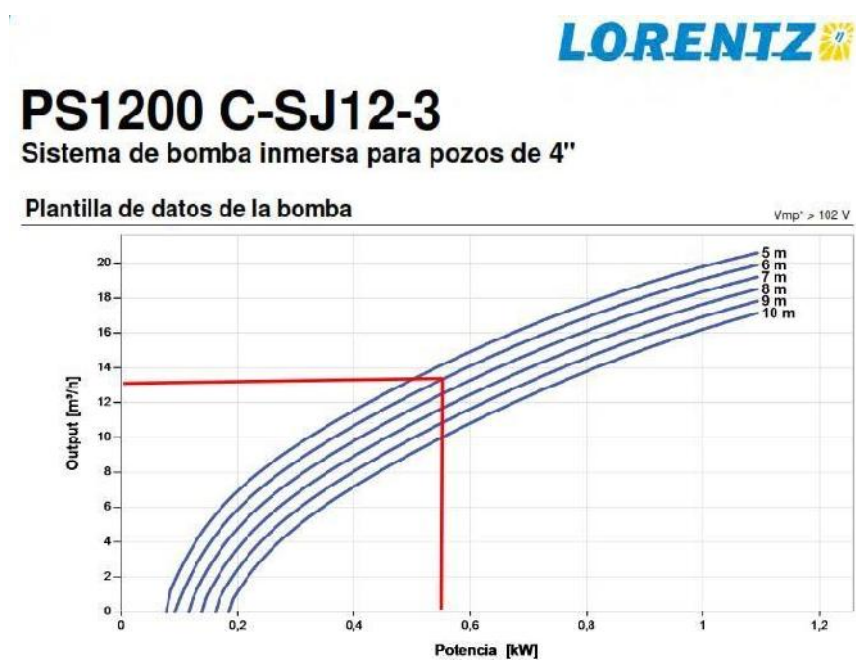


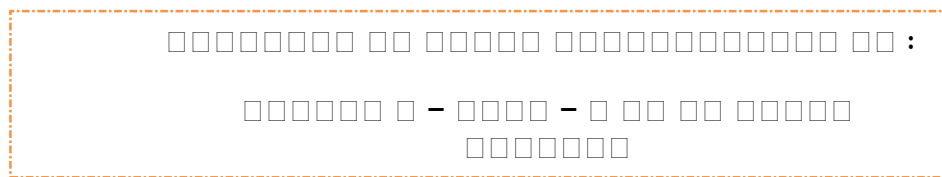
Figura N° 25: Curva característica de la bomba seleccionada⁴⁶

45

https://www.merkasol.com/WebRoot/StoreLES/Shops/62387086/51AA/495C/4C7B/FFB0/82A2/C0A8/28BE/2416/Manual_Bomba_Solar_Lorentz_PS1200_c-sj12-3.pdf

46

https://www.merkasol.com/WebRoot/StoreLES/Shops/62387086/51AA/495C/4C7B/FFB0/82A2/C0A8/28BE/2416/Manual_Bomba_Solar_Lorentz_PS1200_c-sj12-3.pdf



5.4. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico por el método del mes crítico

5.4.1. Generador fotovoltaico

Las principales pérdidas que existen en el generador fotovoltaico son debidas a las sombras, temperatura en las celdas superior a 25°C, elementos dispares perdidos en el cableado, o diferencias significativas entre el voltaje de operación y el del punto de máxima potencia. (Ahumada Valdez, 2017)

Estas pérdidas pueden ser compensadas inicialmente mediante una instalación cuidadosa, que permita una adecuada ventilación de los módulos y cables. Debe buscarse, además, que las características eléctricas de los módulos empleados permitan una adecuada recarga de las baterías en las condiciones climáticas particulares del lugar en las que sean instaladas. Con el propósito de la disminución de perdidas, deben considerarse que el generador fotovoltaico debe estar totalmente libre de sombras durante por lo menos 8 horas diarias, centradas al medio día, y a lo largo de todo el año. Para este diseño se considera el 15% de perdidas, el cual es sugerido por distintos autores, considerando las pérdidas antes mencionadas, por lo cual se debe compensar estas pérdidas con energía adicional que sea proporcional al porcentaje de pérdidas. (Ahumada Valdez, 2017)

Se propone el uso de paneles Yinko Solar de 210 Wp por ser una marca recomendada y potencia comercial.



Figura N° 26: Panel Jinko Solar⁴⁷ de 210 Wp

Tabla N° 10: Especificaciones del panel Jinko⁴⁸ de 210 Wp

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM205PP-48		JKM210PP-48		JKM215PP-48		JKM220PP-48		JKM225PP-48	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	205Wp	153Wp	210Wp	156Wp	215Wp	160Wp	220Wp	164Wp	225Wp	170Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	24.7V	21.8V	24.8V	22.0V	25.0V	22.3V	25.2V	22.6V	25.4V	22.5V
Maximum Power Current (Imp)	8.30A	7.03A	8.47A	7.11A	8.60A	7.19A	8.73A	7.26A	8.86A	7.56A
Open-circuit Voltage (Voc)	31.2V	28.9V	31.5V	29.2V	31.8V	29.5V	32.1V	29.8V	32.4V	30.1V
Short-circuit Current (Isc)	9.49A	7.56A	9.67A	7.78A	9.85A	7.89A	10.03A	7.97A	10.21A	8.06A
Module Efficiency STC (%)	15.61%		15.99%		16.37%		16.75%		17.14%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+55°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

El número de paneles solares se calcula empleando el número de horas de pico solar, del peor mes del año y la potencia pico del panel solar escogido, mediante la siguiente ecuación:

⁴⁷ Anexo02

⁴⁸ Anexo02

$$E_t = \frac{W_p \cdot HPS}{Pg} \cdot N_p \quad (1.1)$$

Et: Energía total Et=1 857,22 Wh/día

Wp: Potencia nominal del panel fotovoltaico Wp= 210 W

HPS: Horas pico solar HPS=4,50 kWh/m²/día

Pg: Factor global de pérdidas (oscila entre 0,65 y 0,9) Pg= 0,65

Np: Numero de paneles solares Np= 5 paneles

$$V_{\text{volumen}} = \frac{E_t}{\eta} \cdot \frac{1}{H} \quad (1.2)$$

Volumen: Volumen en litros (L): 56 800

Altura de impulsión (H): 6,0 m

Rendimiento de la bomba en este punto de funcionamiento (η): 0,50

Con estos valores, y sustituyéndolos en la expresión anterior, se obtiene un consumo energético de:

Reemplazando los datos

$$V_{\text{volumen}} = \frac{(1857,22)(1)}{0,50(6,0)} \approx 612,74 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{volumen}} = \frac{612,74}{1000} = 0,61274 \text{ m}^3$$

... (□□. □□)

$$I_{sc} = \frac{I_{sc1} + I_{sc2} + I_{sc3} + I_{sc4}}{4} = 1,05 \text{ A}$$

Consideramos trabajar con 4 paneles solares YINKO SOLAR 210 Wp (ANEXO 02) como una primera aproximación. Para determinar el arreglo del generador fotovoltaico de paneles en serie o paralelo tenemos que tener en cuenta el controlador que acompaña a la bomba superficial.

Características técnicas de la bomba y controlador PS 1200

Tabla N° 11: Datos técnicos de la bomba⁴⁹

Datos técnicos	
Altura dinámica	max. 10 m
Flujo	max. 21 m³/h
Vmp*	> 102 V
Voc	max. 200 V

El número de paneles solares que hay que colocar en serie Para determinar el número de paneles solares en serie hay que considerar la bomba superficial LORENTZ tiene una tensión mínima 102 V . debe ser mayor a 102 V (Ver Tabla N°11).

Entonces tenemos lo siguiente:

A partir de la siguiente ecuación:

$$V_{oc} \times N_p > V_{mp} / I_{sc} \times N_p \times \eta \quad (1)$$

⁴⁹

https://www.merkasol.com/WebRoot/StoreLES/Shops/62387086/51AA/495C/4C7B/FFB0/82A2/C0A8/28BE/2416/Manual_Bomba_Solar_Lorentz_PS1200_c-sj12-3.pdf

$$10000 > \frac{1000}{200,0} = 5, \text{ } \approx 5 \text{ paneles solares}$$

Entonces el número mínimo de paneles solares conectados en serie serán 5.

El número de ramas en paralelo de módulos se calculará con la siguiente ecuación:

$$n_{\text{par}} = \frac{1000,00}{(100000)} = 0,01 \approx 1 \text{ rama}$$



Verificación de la potencia del controlador

La potencia del generador fotovoltaico debe ser menor que la máxima capacidad de potencia del regulador

$P_{\text{max}} \text{ del regulador} = 1\,200 \text{ W}$

Potencia del generador fotovoltaico = $5 \times 210 = 1\,050 \text{ W}$

De donde $1\,200 \text{ W} > 1\,050 \text{ kW}$

5.4.1.1. Angulo óptimo de inclinación

explica lo siguiente:

Para determinar la inclinación óptima de una superficie fija se la ecuación (Agustin Castejon, pág. 13)

$$\alpha_{opt} = \alpha + (\alpha_{max} \times |\sin(\phi - \alpha)|) \dots (\alpha_{min})$$

Donde

α_{opt} : Angulo de inclinación optimo

La latitud del caserío Nuevo Lima es de: -7.10162501327

Reemplazando en la ecuación anterior tenemos: $\alpha_{opt} = 8,60^\circ$

5.4.1.2. Dimensionamiento del banco de baterías

La capacidad del banco de baterías se calcula mediante la siguiente ecuación

$$C_b = (C_{min} \times N_{dias}) / (D \times V) \dots (\alpha_{min})$$

Donde:

C_b = Capacidad mínima del banco de baterías, expresada en Ah.

N_{dias} = Número de días de autonomía =3.

D = 0,7.

V = 72 V.

$$C_b = (3 \times 1857,22) / (0,7 \times 72)$$

$$C_b = 110,55 \text{ Ah}$$

Proponemos el uso de baterías U Power de 165 Ah (ANEXO 03) de 12 V,



Figura N° 27: Batería U POWER⁵⁰ de 165 A.h

$$12 \text{ V} - 12 \text{ V} = 0 \text{ V} / 12$$

$$12 \text{ V} - 12 \text{ V} = 6 \text{ V} \text{ (carga)} \text{ í } 12$$

$$\frac{145,68}{165} = 0,88$$

$$1,00 = 1,00$$

La cantidad de baterías es de:

$$12 \text{ V} - 12 \text{ V} = 12 \text{ V} = 12$$

Se requiere 12 baterías para alimentar el sistema de 12 V.

5.4.1.3. Dimensionamiento de los conductores eléctricos

Para calcular la sección del conductor eléctrico en cada uno de los tramos usaremos la siguiente ecuación:

$$\frac{L \cdot I^2}{S \cdot \sigma} = \left(\frac{L \cdot I^2}{S \cdot \sigma} \right) \cdot \left(\frac{1}{S \cdot \sigma} \right)$$

⁵⁰ <https://autosolar.pe/baterias-plomo-abierto-12v/bateria-165ah-12v-upower-spo165>

Donde:

S : es la sección del conductor del cable en continua, en mm^2

L : es la longitud del tramo de conductor que se esté considerando, en m

I : es la intensidad de corriente que circula por el conductor, en amperios (A)

ΔU : es la caída de tensión máxima permitida en el tramo, en voltios (V)

K : es la conductividad del conductor del cable (56 Cu; 35 Al)

En la tabla N° 12, siguiente se muestra la caída de tensión máximas y recomendadas para cada tramo de una instalación de bombeo de agua utilizando sistema fotovoltaico.

Tabla N° 12: Porcentajes de caída de tensión⁵¹

<u>Tramo</u>	<u>Caída de tensión máxima</u>	<u>Caída de tensión recomendada</u>
Panel -regulador	3 %	1 %
Regulador-bomba	5 %	3%
Superficial		

Consideramos trabajar con conductores eléctricos NYY, cuyas características se muestran a continuación (Tabla N° 13)

Se ha seleccionado conductores de la marca INDECO del tipo NH-80 el cual tiene aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR, es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos⁵².

⁵¹ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

⁵² <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000418.pdf>

Tabla N° 13: Conductores eléctricos⁵³ NH -80



TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

(*) TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO.

⁵³ <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000418.pdf>

Los conductores eléctricos se usan en 2 tramos : primero el tramo desde el generador fotovoltaico hasta el controlador y el segundo tramo desde el controlador hasta la bomba.

Tramo 1: desde los paneles fotovoltaicos hasta el regulador de carga.

Para este tramo utilizaremos la tensión V_{mp} del panel fotovoltaico que es de: 24,85 V y el número de paneles fotovoltaicos en serie es 5 , por lo tanto la tensión en el tramo paneles al controlador es de:

$$V_{\text{tramo paneles al controlador}} = V_{\text{mp}} \times \text{número de paneles en serie} \dots (1.1)$$

$$V_{\text{tramo paneles al controlador}} = 24,85 \times 5 = 124,25 \text{ V}$$

Consideraremos una longitud de 12 m, esta es la longitud que recorre el cable desde la salida de la caja de conexión de los módulos solares hasta el regulador de carga.

$$V_{\text{caída}} = V_{\text{tramo paneles al controlador}} \times \text{longitud del cable} \dots (1.2)$$

$$= 124,25 \times 12 = 1491,00 \text{ V}$$

$$V_{\text{tramo controlador al motor}} = \left(V_{\text{tramo paneles al controlador}} - \frac{V_{\text{caída}}}{2} \right) \dots (1.3)$$

$$V_{\text{tramo controlador al motor}} = 124,25 - 124,25 = 0,00 \text{ V}$$

De la tabla N° 13, la seleccionamos el conductor de **6 mm²**.

Tramo 2: Este tramo comprende desde el controlador hasta el motor eléctrico de la bomba.

La tensión es de 72 V; Como la caída de tensión recomendada es de 3% entonces este tomara un valor de 2,16 V

La corriente eléctrica de salida del controlador a la bomba está dada por la siguiente ecuación:

$$I_{\text{salida}} = \frac{P_{DC}}{V_B} \cdot 1,5$$

siendo,

P_{DC} la potencia de las cargas en continua (o corriente directa) que haya que alimentar, que en este caso es la potencia nominal de la bomba, de valor 1,2 kW

V_B la tensión nominal de la bomba, de valor 72 V_{DC}.

1,5 es un factor de seguridad para tener en cuenta los picos de corriente que puedan producirse en el arranque de la bomba⁵⁴.

Sustituyendo en la ecuación tenemos un valor de:

$$I_{\text{salida}} = \frac{1200}{72} \cdot 1,5 = 25 \text{ A}$$

$$I_{\text{salida}} = \left(\frac{P_{\text{carga}}}{V_B} - \frac{I_{\text{caída}}}{V_B} \right) \cdot 1,5$$

$$I_{\text{salida}} = \left(\frac{1200}{72} - \frac{2,16}{72} \right) \cdot 1,5 = 25 \text{ A}$$

la sección normalizada de la Tabla N° 13 y con la finalidad de uniformizar el conductor eléctrico utilizaremos el de **6 mm²**.

5.4.2. Simulación del sistema fotovoltaico en PVSYST

Para la simulación del sistema fotovoltaico se usó el software PVSYST con el cual podemos verificar y validar los resultados obtenidos.

En la figura N° 28 observamos la pantalla de inicio de PVSYST

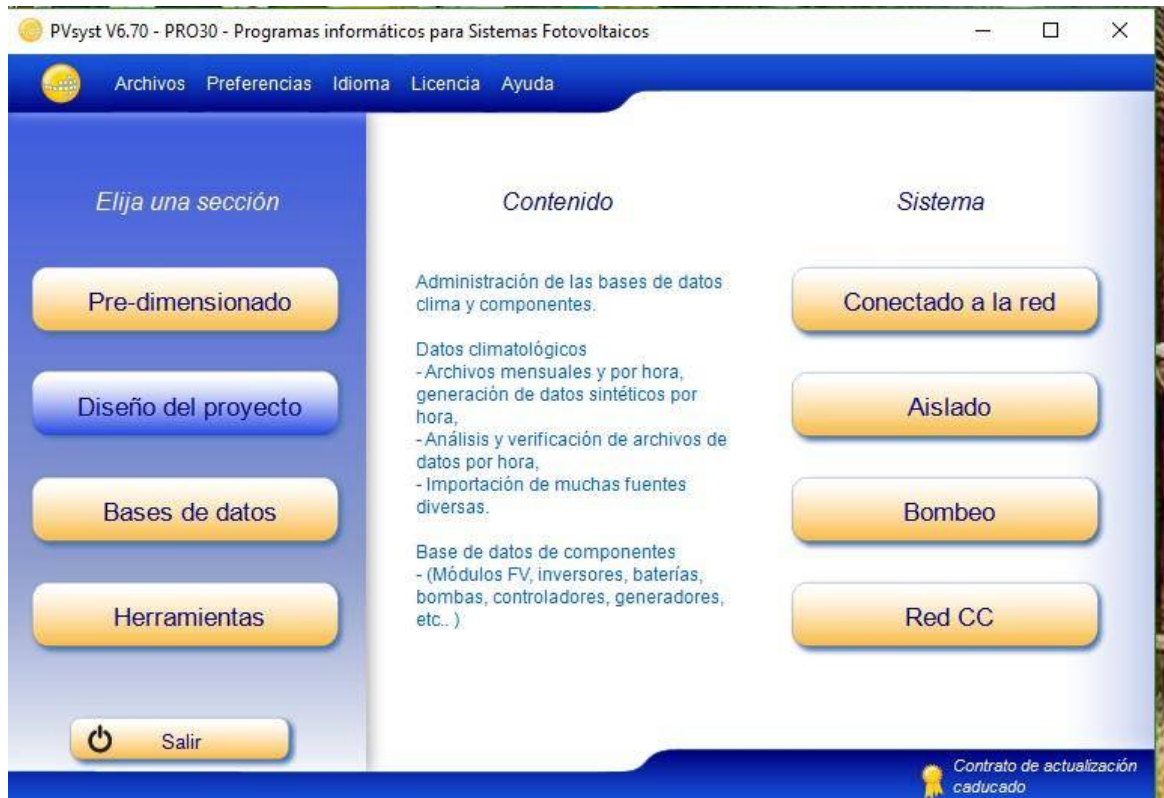


Figura N° 28: Pantalla de inicio⁵⁵ de PVSYST

⁵⁵ Fuente: elaboración propia con el software PVSYST

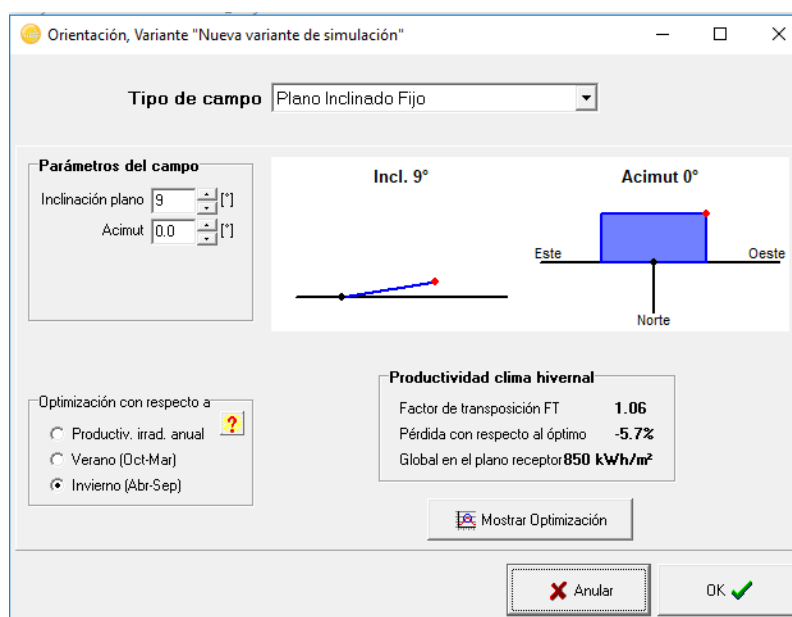


Figura N° 29: Ingreso del ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos en PVSYS⁵⁶

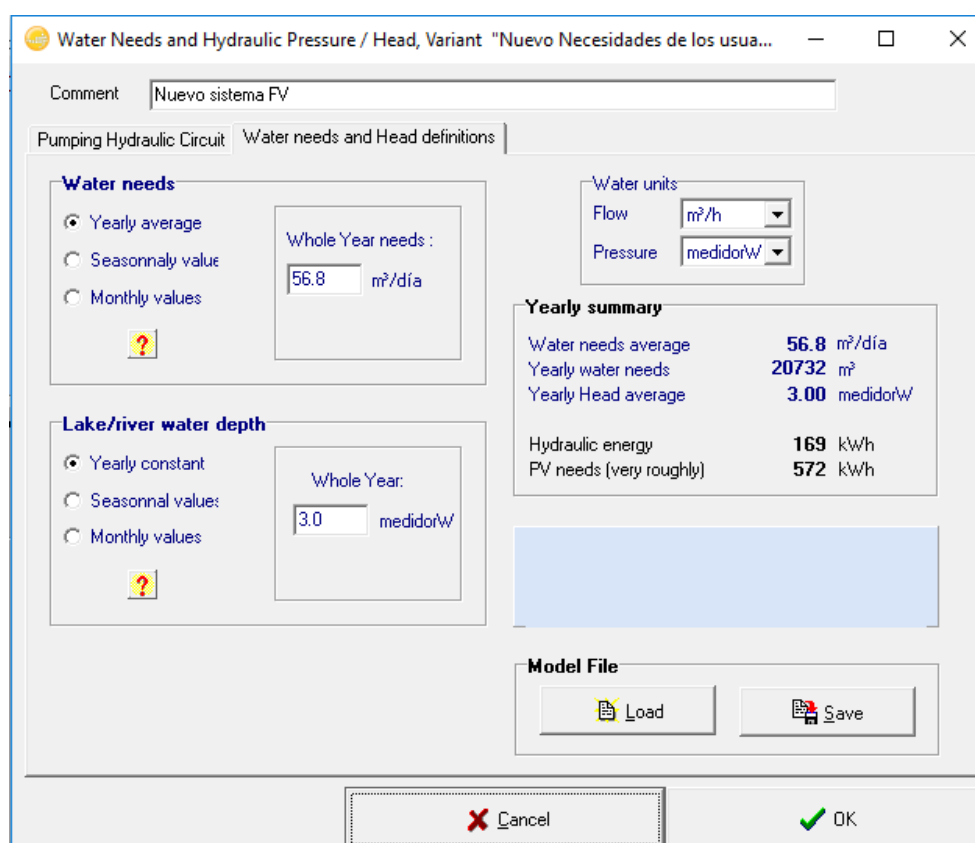


Figura N° 30: ingreso del volumen de agua⁵⁷

⁵⁶ Software PVSYS

⁵⁷ Software PVSYS

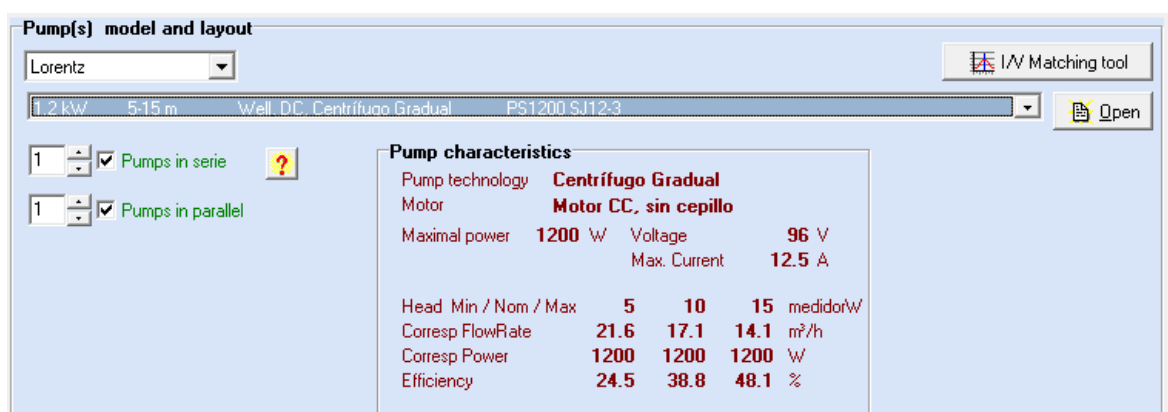


Figura N° 31:selección de la bomba en PVSYS⁵⁸

Observamos que automáticamente al seleccionar la bomba solar es necesario una de ellas (Ver Figura N° 31)

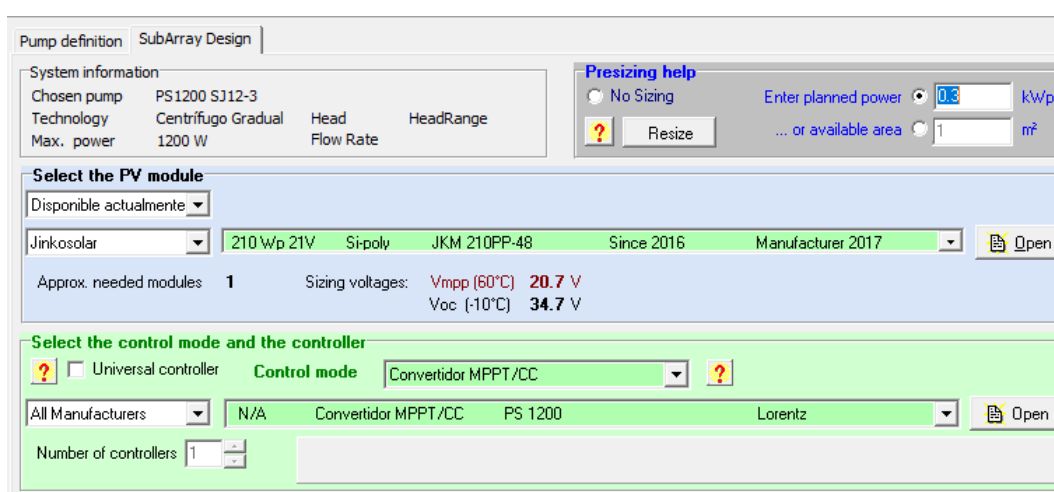


Figura N° 32: Selección de paneles y controlador⁵⁹

⁵⁸ Software PVSYS

⁵⁹ Software PVSYS

PV Array design

Number of modules and strings

Mod. in serie ☒ *única posibilidad 5* should be :

☒ *única posibilidad 1*

Overload loss **N/A**

Pnom ratio **N/A**

Nb modules **5** **Area** **7 m²**

Figura N° 33: Selección del panel fotovoltaico⁶⁰

5.5. Costo de inversión de la propuesta

5.5.1. Costo del sistema de bombeo fotovoltaico

Tabla N° 14: Costo de inversión de un sistema de bombeo fotovoltaico⁶¹

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Costo/unitario (S/.)</i>	<i>Costo (S/.)</i>
01 bomba sumergible LORENTZ PS 1200-C-SJ12-3	19 303,47	19 303,47
5 paneles solares Jinko de 210 Wp	664,53	3 322,65
Estructura para 05 paneles fotovoltaicos	1 258,30	1 258,30
07 baterías Power de 165 A.h	780,49	5 463,43
Accesorios	2 000	2000
Total, del Suministro		31 347,85

⁶⁰ Software PVSYST

⁶¹ Elaboración propia

Tabla N° 15: Costo de inversión de la propuesta

DESCRIPCIÓN	TOTAL (S/.)
SUMINISTRO	31 347,85
TRANSPORTE	1 134,79
MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	4 702,18
COSTO DIRECTO	37 184,82
GASTOS GENERALES	3 718,48
UTILIDADES	3 718,48
SUB TOTAL SIN IGV	44 621,78
IGV	8 031,92
COSTO TOTAL	52 653,70

Fuente: elaboración propia

5.6. Estudio de viabilidad técnico económica

5.6.1. Flujo de caja proyectado

Consideraremos un horizonte de 20 años flujo. El flujo de caja permitirá observar los ingresos y/o egresos netos que tendrá el proyecto durante el horizonte.

5.6.2. Estructura del flujo de caja

Los componentes del flujo de caja:

5.6.3. Sistema bombeo de agua con energía convencional

De la observación realizada para el bombeo del agua se utiliza una motobomba de 8 Hp

5.6.3.1. Costo del sistema de bombeo convencional

De los datos recopilados del sistema de bombeo tenemos lo siguiente:

4 horas de riego por cada hectárea en la cual se consume 4 galones de combustible

Costo del galón de combustibles es de S/. 14

El riego se hace cada 4 días

a) Calculemos el costo de combustible para 2 ha

$$\frac{365}{4} = 91,25$$

Ñ =

Se considerarán 90 riegos

$$90 \times 4 \times 14 = 5040$$

$$5040 \times 2 = 10080$$

b) Costo del transporte del combustible

El transporte del combustible para cada riego es de aproximadamente S/.20

$$90 \times 20 = 1800$$

$$1800 + 10080 = 11880$$

$$\text{Costo anual de mantenimiento} = \text{S/} 1\,800$$

c) Costo del mantenimiento

De la información obtenida el costo anual es de S/. 1 200

d) Costo total anual con el sistema convencional

Consiste en sumar los ítems (a), (b) y (c)

$$\text{Costo total anual} = 10\,080 + 1\,800 + 1\,200 = \text{S/} 13\,080$$

5.6.3.2. Flujo de caja proyectado

El flujo de caja se considerará un horizonte de 20 años. (Debido a que los paneles fotovoltaicos tienen una vida útil garantizada de 20 a 25 años)

Estructura del flujo de caja

Los componentes del flujo de caja:

Los egresos: estará dado por la inversión inicial que presenta el sistema de bombeo de agua

Los ingresos: Lo que se dejaría de gastar en el sistema de bombeo con motobomba es decir S/. 13 080 anual.

Para la evaluación económica se considerará una tasa de 12 % Los resultados se pueden observar en la siguiente tabla N° 16

$\text{VAN} = \text{S/} 6\,551,85 > 0$ por lo que la propuesta es rentable

$\text{TIR} = 14 \% > 12 \%$

De los dos resultados anteriores la propuesta es viable.

Tabla N° 16: Flujo de caja⁶²

		Año 00	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07	Año 08
	Inversion inicial	53.000,00								
INGRESOS	Fondos generados		S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00
EGRESOS	Anualidad del prestamo									
	Mantenimiento		200	200	200	200	200	200	200	200
	Depreciacion de equipos		2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82
	Panel solar		166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13
	baterias		546,34	546,34	546,34	546,34	546,34	546,34	546,34	546,34
	Bomba solar		1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35
	Flujo de efectivo Neto		10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18

VAN: S/. 6.555,81

TIR: 14%

		Año 09	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
	Inversion inicial												
INGRESOS	Fondos generados	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00	S/. 13.080,00
EGRESOS	Anualidad del prestamo												
	Mantenimiento	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	Depreciacion de equipos	2642,82	30396,46	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82	2642,82
	Panel solar	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13	166,13
	baterias	546,34	5463,43	546,34	546,34	546,34	546,34	546,34	546,34	546,34	546,34	546,34	546,34
	Bomba solar	1930,35	24766,90	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35	1930,35
	Flujo de efectivo Neto	10237,18	-42283,36	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18	10237,18

⁶² Elaboración propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

- a) Se obtuvo los datos climáticos a partir del software CLIMWAT tomando los datos de la estación meteorológica Moyobamba y a partir del cual se obtuvo la evapotranspiración el cual varía desde 2,90 mm/día hasta 3,51 mm/día . Del software CROPWAT se obtuvo el máximo de agua requerida es de 28,4 mm/dec es decir 2,84 mm/día.
- b) A partir de los datos del software CROPTWAT y sabiendo que el se trata de 2 hectáreas de terreno de cultivo de arroz se calculó la cantidad de agua promedio diaria teniendo en cuenta la precipitación dando como resultado $56,80 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$
- c) Se dimensiono el sistema de bombeo obteniéndose que se requiere de una bomba LORENTZ PS- 1200 C-SJ12-3 con su controlador (ANEXO 01) el cual cumple con los requerimientos hídricos. Se realizó el cálculo del sistema fotovoltaico por medio del método del mes crítico obteniéndose 05 paneles solares de la marca Jinko de 210 Wp, 06 baterías U Power de 165 A.h
- e) Se dimensiono el sistema de bombeo con PVSYST obteniéndose lo siguiente: 01 bomba LORENTZ PS- 1200 C-SJ12-3 con su controlador (ANEXO 01) , 05 paneles solares de la marca Jinko de 210 Wp lo que corrobora los resultados por el método del mes crítico.

- f) Se realizó la evaluación económica de la propuesta para un horizonte de 20 años y una tasa de 12 % obteniéndose el VAN= 6 555,81 y la TIR = 14 % por lo que la propuesta resulta ser viable.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Acevedo Garcés, F. (2016). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. Bogotá.
- 2) Agustín Castejón, G. S. (s.f.). *instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- 3) Ahumada Valdez, R. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA LA PLANATA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE VILADILA*. Puno.
- 4) Alonso Alabella, M., & Chenlo Romero, F. (s.f.). *Sistemas de bombeo fotovoltaico*.
- 5) Andrade Ñaccha, J. D., & Quispe Conde, M. A. (2016). *“DISEÑO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA EÓLICO SOLAR PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE MEJORE EL SISTEMA DE BOBEO DE AGUA CON FINES DE RIEGO EN EL CENTRO POBLADO CHINUMANI*. Puno.
- 6) Castejón, A. (1998). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España.
- 7) Escosa Gonzales, J. L., & German Bes, L. A. (2015). *Guía técnica para la utilización de la energía solar fotovoltaica en instalaciones de abastecimiento de agua potable*. Zaragoza.
- 8) Facio Reyes, C. D., & Estrada Preciado, C. J. (2014). *Propuesta para la implementación de Paneles Solares en el edificio "C" de un Complejo Comercial en la Zona Norte del Distrito Federal*. México.
- 9) Gimenes, J. M. (2010). *Energía solar eólico fotovoltaico*.
- 10) Heras Sánchez, M. A. (2017). *Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC*. Ecuador.
- 11) Hernández Quijaite, L. E. (s.f.). *Bombeo de agua con energía solar en el departamento de Ica*. Ica.
- 12) Jacobo Romero, C. (2015). *Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró*. España.
- 13) Joachin Barrios, C. D. (2008). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para el suministro de energía eléctrica a la comunidad Buena Vista, San Marcos*. Guatemala.
- 14) Lara Yevenes, F. A. (2007). *Diseño de un sistema de riego por medio de energía solar, a través de paneles FV*. Chile.

- 15) Llauce Chozo , A. J. (2016). *Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el km 901, carretera Lambayeque – Piura*. Lambayeque.
- 16) Muñoz Anticona, D. F. (2005). *Aplicacion de la energia solar para electrificacion rural en zonas marginales del pais*. Lima.
- 17) Natael Elenes, F. (2012). *Análisis de factibilidad de un sistema de bombeo de agua con energía solar como propuesta de adaptación para riego en rayón, Sonora*. Sonora.
- 18) Orbezo, C., & Aribilca, R. (2010). *Energia solar fotovoltaica*.
- 19) Paredes Rubio, A. R. (2001). *Guía para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energia fotovoltaica*. Mexico.
- 20) Perez Garrido, D. O. (2009). *Análisis de un sistema de iluminación utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos*. Chile.
- 21) Sanchez Barboza, M. (2016). *Diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del establo Gesa - Lambayeque, 2016*. Trujillo.
- 22) SENAMHI. (2003). *Atlas de energia solar del Peru*.
- 23) Telecomunicaciòn, C. O. (2002). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicaciòn.
- 24) Valdiviezo Salas, P. D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica a 15 computadoras portatiles en la PUCP*. Lima.

ANEXOS

ANEXO N°01. FICHA TECNICA DE LA BOMBA LORENTZ

**ANEXO N°02. FICHA TECNICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO YINKO SOLAR
DE 210 Wp**

ANEXO N°03. FICHA TÉCNICA DE LA BATERIA U POWER DE 165 A.h

ANEXO N°04. CONDUCTORES ELECTRICOS NH-80

**ANEXO N°05. DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA DE BOMBEO
FOTOVOLTAICO**

PS1200 C-SJ12-3

Sistema de bomba inmersa para pozos de 4"

Aplicaciones

- Abastecimiento de agua potable
- Gestión del depósito de agua
- Irrigación
- Bebedero para ganado
- Sistemas de compresión

Características

- Instalación rápida, libre de fallos
- Excelente funcionalidad
- Alta confiabilidad y vida útil
- Ciclo corto del retorno de inversión (ROI)
- Costo total más bajo de operación (TCO)

Datos técnicos

Altura dinámica	max. 10 m
Flujo	max. 21 m³/h
Vmp*	> 102 V
Voc	max. 200 V

Normas

CE 2006/42/EC, 2004/108/EC, 2006/95/EC

El logo refleja la aprobación que ha sido garantizada para este producto familiar. Los productos son ordenados con la aprobaciones específicas que el mercado requiera.



Componentes

Controlador: PS1200

- Controlar y supervisar
- Entradas de control para protección contra operación en seco, control remoto, etc.
- Protegido contra polaridad reversa, sobre carga y temperatura excesiva
- MPPT integrado
- Desconexión por bajo voltaje en modo operación con batería

Motor: ECDRIVE 1200-C

- Motor CD sin escobillas - libre de mantenimiento
- Llenada de agua
- Sin elementos electrónicos en el motor
- Inmersión max. 250 m, IP68

Cabeza de bomba: PE C-SJ12-3

- Alta confiabilidad y vida útil
- Válvula no retorno
- Materiales Premium
- Opcional: protección contra operación en seco

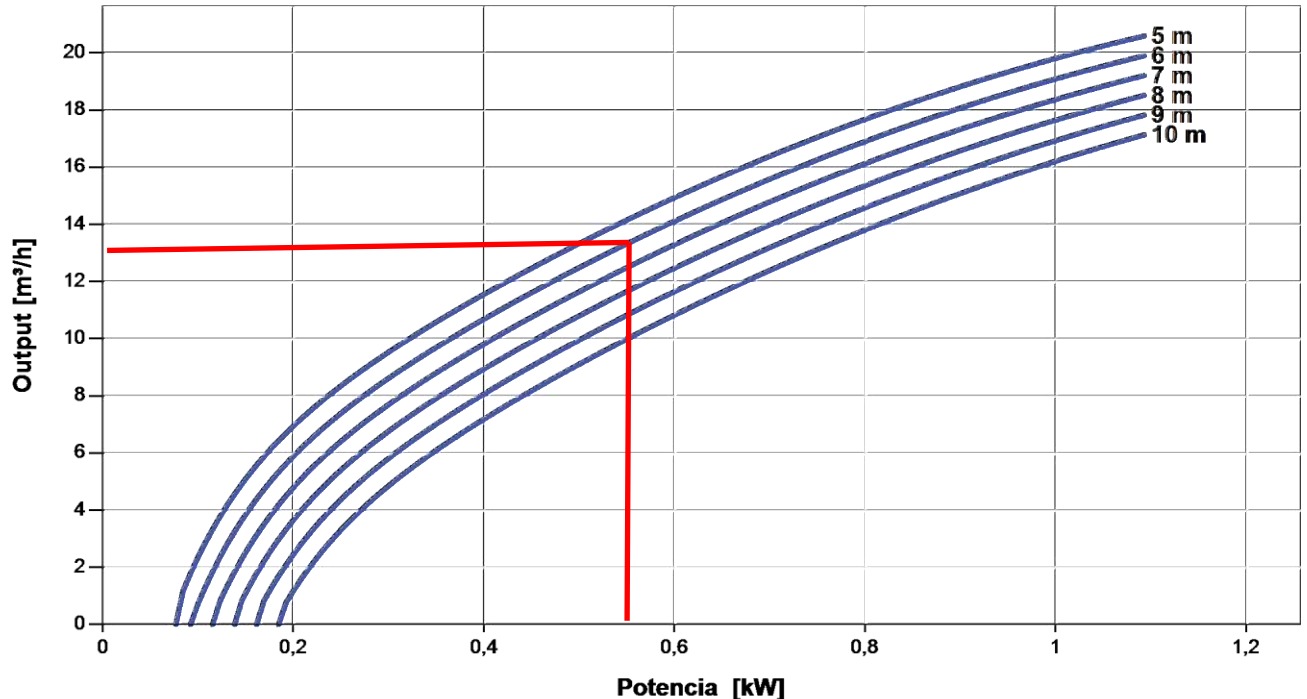


PS1200 C-SJ12-3

Sistema de bomba inmersa para pozos de 4"

Plantilla de datos de la bomba

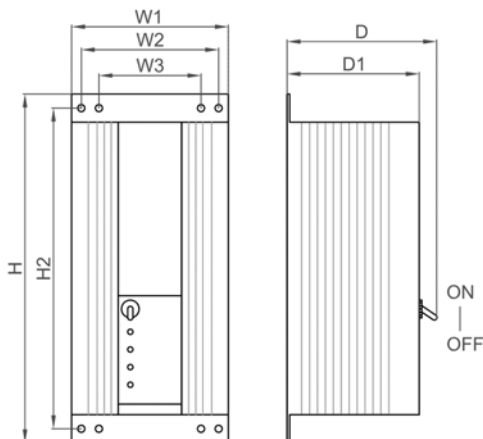
V_{mp}* > 102 V



Dimensiones y pesos

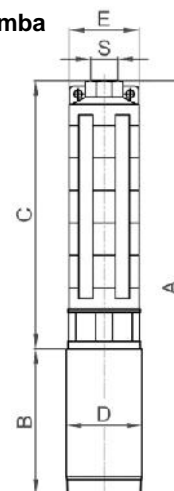
Controlador

H = 396 mm
H2 = 364 mm
W1 = 178 mm
W2 = 156 mm
W3 = 116 mm
D = 165 mm
D1 = 150 mm



Undidad de bomba

A = 565 mm
B = 185 mm
C = 380 mm
D = 96 mm
E = 98 mm
S = 2 in



	Peso neto
Controlador	4,5 kg
Undidad de bomba	13 kg
Motor	7,0 kg
Cabeza de bomba	5,5 kg

*V_{mp}: Voltaje máximo de carga bajo STC





El incumplimiento de estas instrucciones invalidará la garantía.

LORENTZ

SISTEMAS DE BOMBA SUMERGIBLES ACCIONADOS POR ENERGÍA SOLAR PS200, PS600, PS1200, PS1800 MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN, SERVICIO

1 ADVERTENCIAS

LEA Y SIGA TODAS LAS INSTRUCCIONES

Cuando se instale y utilice este equipo eléctrico, deberán tenerse siempre en cuenta las precauciones de seguridad básicas:



ADVERTENCIA: para reducir el riesgo de lesiones, no permita que los niños utilicen este producto a menos que estén bajo supervisión en todo momento.



ADVERTENCIA: para reducir el riesgo de descargas eléctricas, sustituya los cables dañados inmediatamente.



ADVERTENCIA: debe garantizarse que todas las conexiones a tierra se realizan de forma correcta y que las resistencias cumplen con la normativa o los requisitos locales.

CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES PARA FUTURAS CONSULTAS

Advertencias generales

③ Este manual contiene instrucciones básicas que deben seguirse durante la instalación, operación y mantenimiento. La persona a cargo de la instalación debe realizar una lectura atenta del manual antes de la instalación y la puesta en funcionamiento. El manual también deberá leerlo cualquier otro técnico u operario y deberá estar disponible en el lugar de instalación en todo momento.

③ Cualificación del personal y formación: todo el personal que vaya a manejar, mantener, inspeccionar e instalar el equipo debe estar cualificado para realizar ese tipo de tarea. La responsabilidad, competencia y supervisión de dicho personal deberá estar estrictamente regulado por el usuario. Si el personal disponible no contara con la cualificación necesaria, deberá cumplimentar la debida formación e instrucción. Si fuera necesario, el responsable de la operación deberá solicitar al fabricante/proveedor que proporcione dicha formación. Además, el operador/usuario deberá asegurarse de que el personal comprenda completamente el contenido del manual.

③ Peligros al no tener en cuenta los símbolos de seguridad: no tener en cuenta las indicaciones y símbolos de seguridad puede suponer un peligro para las personas así como para el medio ambiente y el equipo en sí. El incumplimiento puede invalidar cualquier garantía. El incumplimiento de las indicaciones y símbolos de seguridad puede, por ejemplo, conllevar lo siguiente: el fallo de funciones importantes del equipo o de la instalación; el fallo de los métodos prescritos de mantenimiento y reparación; peligro para las personas por efectos eléctricos, mecánicos y químicos; peligro para el medio ambiente debido a fugas de material peligroso o peligro de daños en el equipamiento y edificios.

③ Funcionamiento orientado a la seguridad: las indicaciones de seguridad que se recogen en el manual, las regulaciones nacionales existentes para la prevención de accidentes, así como las directrices internas y regulaciones de seguridad para el operador y el usuario deben seguirse en todo momento.

③ Indicaciones de seguridad generales para el operador/usuario: si hay piezas del equipo frías o calientes que suponen un peligro, deben ser protegidas por el operador/usuario para evitar el contacto con personas. Las cubiertas protectoras de las partes móviles (por ejemplo, acoplamientos) no deben ser retiradas cuando el equipo está en funcionamiento. Las fugas (por ejemplo, de la junta del eje) de medios de bombeo peligrosos (por ejemplo, explosivos, tóxicos, líquidos calientes) deben eliminarse de forma que no supongan un peligro para el personal ni para el medio ambiente. Deben seguirse todas las regulaciones gubernamentales y locales en todo momento. Cualquier peligro para las

personas procedente de la energía eléctrica deberá eliminarse mediante el uso de buenas prácticas de instalación y trabajando de acuerdo a las regulaciones locales. (Por ejemplo, VDE en Alemania).

③ Indicaciones de seguridad para las tareas de mantenimiento, inspección y montaje: es responsabilidad del usuario asegurarse de que todas las tareas de mantenimiento, inspección y montaje se realicen exclusivamente por personal autorizado y expertos cualificados que cuenten con información suficiente mediante la minuciosa lectura de las instrucciones de funcionamiento. Deberán seguirse las regulaciones sobre prevención de accidentes. Todas las tareas en el equipo deberán realizarse cuando no esté operativo y, preferentemente, cuando esté aislado eléctricamente. La secuencia de apagado del equipo se describe en el manual y debe seguirse estrictamente. Las bombas o unidades de bomba que tratan con líquidos peligrosos deben ser descontaminadas. Inmediatamente después de completar la tarea, todos los equipos de protección y seguridad deben volver a colocarse y activarse. Antes de reiniciar el equipo, todos los puntos incluidos en el capítulo "Puesta en funcionamiento inicial" deberán tenerse en cuenta.

③ Cambios no autorizados y fabricación de recambios: cualquier conversión o cambio en el equipo solo podrá ser realizado tras consultar con el fabricante. Los recambios originales y accesorios autorizados por el fabricante garantizan la seguridad operativa. El uso de recambios no autorizados podrá invalidar cualquier responsabilidad por parte del fabricante.

③ Funcionamiento no autorizado: la seguridad operativa del equipo entregado solo está garantizada si el equipo se utiliza según las indicaciones de este manual. Los límites indicados en las fichas técnicas no deberán superarse bajo ninguna circunstancia.

③ Estándares citados y otra documentación: DIN 4844 parte 1, señalización de seguridad; símbolos de seguridad W 8, suplemento 13; DIN 4844 parte 1, señalización de seguridad; símbolos de seguridad W 9, suplemento 14

③ Transporte y almacenamiento intermedio: evitarse el almacenamiento intermedio prolongado en un entorno con humedad alta y temperaturas fluctuantes. La humedad y la condensación pueden dañar el bobinado y las piezas metálicas. El incumplimiento invalidará cualquier garantía.

Advertencias específicas para la instalación de bombas PS

- ③ Un voltaje de circuito abierto (sin carga) por encima de 100V para los controladores PS200, por encima de 150V para PS600 y por encima de 200V para PS1200 y PS1800 dañará el controlador. Esto puede suceder si el panel solar se conecta de forma incorrecta. (Consultar el apartado Cableado, apartado 7).
- No intente hacer funcionar el motor sin el controlador PS.
- ③ No intente utilizar el controlador para un propósito distinto de los sistemas de bombas LORENTZ PS.
- ③ Los tapones de caucho negros en la parte inferior de la carcasa del controlador son solo cubiertas de transporte y deberán ser sustituidas por adaptadores de conducto que cumplan con las normativas.
- ③ Los motores sumergibles se entregan con un recubrimiento de caucho en la parte inferior del motor. Esto es solo una protección para el transporte y deberá retirarse antes de la instalación.
- ③ Descarga de tracción del cable del motor: los motores sumergibles deberán utilizar una cuerda de seguridad o cable para la descarga de tracción del cable del motor y para impedir que se pierda la bomba en el pozo en caso de que se rompa la tubería.
- ③ Las bombas solares funcionan con tasas de flujo bajas y tienen tolerancias más reducidas que las bombas convencionales. Una concentración extrema de arena o lodo (superior al 2% por volumen) puede causar que la bomba se detenga o que la tubería se llene de arena. No utilice las bombas para limpiar un pozo sucio.
- ③ Las bombas de tornillo excéntrico son sensibles al calor. Proteja la bomba de la luz solar o cualquier otra fuente de calor, ya que de lo contrario puede bloquearse temporalmente. Si la fuente de agua está o estará a una temperatura superior a 22 °C (72 °F), puede que se requiera un modelo especial.
- ③ Un cable de tamaño inferior provocará un arranque.
- No junte la entrada del controlador o los cables de la bomba para comprobar si hay chispa.
- ③ No haga funcionar la bomba en seco. Excepción: para probar la dirección de rotación, pero no durante un periodo superior a 15 segundos.
- ③ Compruebe la dirección de rotación del motor antes de instalar la bomba (en dirección contraria a las agujas del reloj, visto desde arriba). Si se invierte la dirección, intercambie la conexión

de dos cables cualquiera de los tres cables de corriente de la bomba.

- ③ Cuando se detenga la bomba por una sombra o por acción del interruptor de flotador, se reiniciará tras 120 segundos.
- ③ La sonda de nivel de agua bajo debe estar sumergida o la bomba se detendrá durante 20 minutos. Si no se utiliza ninguna sonda, conecte los terminales de sonda a la caja del controlador.
- ③ Los modelos de tornillo excéntrico (sin "C" en el número de modelo) no realizan autodrenaje. Si se requiere un drenaje como protección contra la congelación, instale un mechnal o dispositivo de drenaje por debajo del nivel de congelación.
- ③ Instale este sistema según las regulaciones locales y conforme a los códigos aceptados de práctica profesional.

2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA



ADVERTENCIA Los tapones de caucho negros en la parte inferior de la carcasa del controlador son solo cubiertas de transporte y deberán ser sustituidas por adaptadores de conducto que cumplan con las normativas.

Protección contra el calor solar Los dispositivos electrónicos son más fiables cuando están protegidos del calor. Monte el controlador de forma que quede protegido del sol de mediodía. Una ubicación ideal es directamente bajo el panel solar, en el lado norte del poste de montaje. Si no hay ninguna sombra disponible, recorte una plancha de metal y atornillela tras la parte superior del controlador. Dóblela sobre el controlador para proporcionarle sombra. Esto es especialmente importante en ubicaciones extremadamente calurosas. Un calor extremo puede disparar el interruptor térmico del controlador y hacer que se apague.

Ubicación del controlador Monte el controlador de forma vertical para mantenerlo alejado del agua de lluvia. Es preferible montarlo en el lado norte de un poste o cualquier otra estructura para reducir el calentamiento por la radiación solar.

Se recomienda un conducto eléctrico Le instamos a utilizar el conducto eléctrico (tubería) para proteger el cableado exterior de efectos medioambientales, manipulaciones humanas y daños causados por animales. Si no utiliza el conducto, utilice un cable para exteriores de alta calidad y resistente. Donde los cables entran en la caja de conexiones, coloque abrazaderas de cable con descarga de tracción.

Mantenga la caja del controlador sellada Los orificios sin utilizar deberán sellarse para mantenerlos a salvo de animales pequeños, insectos, agua y suciedad. Cada orificio incluye un tapón de caucho que puede dejarse colocado para este propósito.

Sistema de baterías Las baterías deben conservarse en una ubicación fresca para prolongar al máximo su vida útil y en una carcasa protectora para su seguridad y limpieza. Coloque el controlador cerca de las baterías pero NO en la misma carcasa. Deben estar aislados de forma segura de los terminales de la batería y de gases corrosivos.



¡ADVERTENCIA! COMPRUEBE EL VOLTAJE antes de conectar eléctricamente el controlador. El voltaje (circuito abierto) no deberá superar los 100V para los sistemas PS200, 150V para PS600 y 200V para PS1200 y PS1800. (Incluso cuando el tiempo esté nublado, el voltaje del circuito abierto se encontrará cerca del máximo).



¡ADVERTENCIA! No aplique una conexión directa o un medidor de amperaje entre + y - cuando el controlador esté conectado. Un cortocircuito aquí puede causar una fuerte descarga.



¡ADVERTENCIA! Solo sistemas de energía solar directa; no conecte ninguna carga eléctrica al panel solar si no forma parte del sistema LORENTZ PS. La conexión de un cargador de batería, controlador de seguimiento solar activo, cargador de valla eléctrica u otras cargas de forma simultánea con los sistemas LORENTZ PS puede "confundir" al controlador e impedir un funcionamiento correcto.

Cableado del sistema Diagrama para los sistemas de energía solar directa; consulte el diagrama del sistema de este manual (apartado 7) y realice las conexiones correspondientemente.

ENTRADA ELÉCTRICA Asegúrese de que el INTERRUPTOR DE DESCONEXIÓN del panel solar (o fusible de la batería o cortocircuitador) está APAGADO. Siempre deberá montarse un interruptor de desconexión solar. Conecte la alimentación del panel solar a los terminales de entrada de la caja del controlador. Tenga en cuenta la polaridad. Si sus cables no están marcados claramente con +/-, compruébelos utilizando un medidor de voltaje CC o MultiMate.



¡ADVERTENCIA! La instalación, la conexión y las tareas de servicio deberán realizarse exclusivamente por personal cualificado. Asegúrese de que todas las fuentes de alimentación estén desconectadas al realizar las conexiones del controlador. Siga todos los códigos relevantes para la instalación eléctrica. En el motor o en el controlador no hay partes que puedan ser reparadas o reemplazadas por el usuario.



¡PRECAUCIÓN! Las conexiones flojas son la causa más común de fallos del sistema. Tire de todas las conexiones para confirmar que están seguras.

3 ORDEN DE CABLEADO PARA UNA ROTACIÓN CORRECTA

Los cables de corriente de la bomba tienen una marca para facilitar el cableado correcto. Conecte los cables de corriente siguiendo esta secuencia:

- ③ L1
- ③ L2
- ③ L3
- ③ Conexión a tierra



No debe haber interruptores de desconexión instalados entre el motor y el controlador de la bomba. Conectar el cable del motor en un controlador conectado puede dañarlo de forma irreparable. Dichos daños quedan excluidos de la garantía.



¡PRECAUCIÓN! Cuando realice las uniones del cable de la bomba, tome nota atentamente de las marcas de los cables que ha conectado.

Comprobar la dirección de la bomba Las bombas de tornillo excéntrico harán fluir el agua solamente si están rotando en la dirección correcta. Colocándolo en un depósito de agua o en un cubo podrá comprobar el flujo si la rotación es correcta. Sumerja al menos un 75 % para observar un flujo completo.

O bien, realice una prueba en seco Si no dispone de un recipiente de agua en el que comprobar la bomba, puede comprobarla en seco observando el eje de la bomba y haciéndola funcionar durante unos segundos. La etiqueta metálica de la bomba tiene una flecha para indicar la dirección correcta de rotación. Puede hacerse funcionar en seco de forma segura durante 15 segundos. Esto proporciona tiempo más que suficiente para observar la dirección del eje.

Si no ha apuntado la concordancia de colores, conecte los tres cables de corriente del controlador de forma aleatoria. Activar la corriente. Observe la rotación del eje de la bomba; a continuación, apague la corriente. Si la dirección es incorrecta, intercambie cualquiera de los dos cables de corriente del controlador. Cuando haya finalizado la conexión de la bomba al controlador, compruébela para garantizar la dirección correcta.

¿Ha instalado la bomba en el pozo sin comprobar el orden de cableado o la dirección?

O: ¿está funcionando pero no bombea?

Bomba de TORNILLO EXCÉNTRICO (sin "C" en el número de modelo) Encienda la bomba. Observe si hay aire saliendo de la tubería. Si no es así, invierta cualquiera de los dos cables del motor y vuelva a observar. Si no puede observar si sale aire, elija la dirección que sea más silenciosa (con menos vibración). Existe un riesgo de daños por funcionamiento en seco si funciona durante demasiado tiempo en dirección invertida. Si la bomba es nueva de fábrica, está lubricada de forma que puede funcionar en seco hasta 90 segundos sin riesgo. Si la bomba ha sido utilizada, no deberá utilizarse durante más de 15 segundos. En muchos casos, una bomba que funciona en sentido inverso se apagará debido a sobrecarga.

Bomba CENTRÍFUGA (con "C" en el número de modelo) En sentido inverso, no producirá ningún flujo (o muy bajo). Esto no causará daños en la bomba. Si el flujo no es normal, invierta cualquiera de los dos cables del motor.

Pregunta El eje del motor es difícil de girar a mano y se mueve a trompicones. ¿Es normal?

Respuesta Sí. Esto está causado por los imanes permanentes del motor. Resulta especialmente difícil de girar cuando está conectado al controlador o si los cables de la bomba están conectados juntos.



¡ADVERTENCIA! Si los cables de la bomba están en un orden incorrecto, el motor funcionará en sentido inverso y la bomba no funcionará. Esto puede ocasionar daños. Compruebe la dirección ANTES de instalar la bomba. La dirección correcta es EN SENTIDO CONTRARIO AL DE LAS AGUJAS DEL RELOJ cuando se observa desde arriba.



¡ADVERTENCIA! Cuando compruebe la dirección, no haga funcionar la bomba en seco durante más de 15 segundos.

4 SISTEMAS CON BATERÍAS

Los sistemas de bomba LORENTZ PS pueden funcionar con baterías. Instale el cable de acoplamiento entre los terminales 6 y 7 para conmutar el controlador al modo de baterías. Esto desactivará la función de seguimiento MPP y activará la función de desconexión por tensión insuficiente.

Cableado Conecte la batería directamente al controlador LORENTZ PS y NO a los terminales de carga del cargador. Puede que no sean lo suficientemente fuertes para proporcionar el pico de carga durante el arranque de la bomba. El controlador LORENTZ PS cuenta con una función de desconexión por tensión insuficiente para proteger la batería contra el exceso de descarga.

Algunos controladores de carga supervisan la capacidad de la batería y regulan la carga en consecuencia. Esto no funciona cuando la batería está conectada al controlador LORENTZ PS. Para poder proporcionar la carga correcta, el cargador deberá ajustarse a la regulación orientada a la tensión. Esto puede requerir la instalación de una conexión en puente en el cargador. Consulte los manuales del fabricante del cargador.

Protección contra sobrecarga Instale un fusible o un cortocircuitador cerca de la fuente de alimentación. Tanto para 24V como para 48V, utilice un cortocircuitador de 25A (sistemas PS200 o PS600) o un fusible de acción retardada (fusible lento). El propósito de esta protección es la seguridad en caso de fallo del cableado y proporcionar un medio para la desconexión cuando se instala o se realiza el mantenimiento del sistema. Los controladores LORENTZ PS disponen de una protección de sobrecorriente electrónica contra la sobrecarga del motor.

Dimensionamiento del cable para el circuito de CC El cable debe tener una dimensión de no más del 5% de caída de tensión a 20A (arranque). Consulte la tabla de dimensionamiento de los cables para 24V o 48V, o siga estos ejemplos:

24 SISTEMA V #10 conecte a una distancia máxima de 30 pies
Métrica: 6 mm² a máximo 10 m

48 SISTEMA V #12 conecte a una distancia máxima de 22 pies
Métrica: 4 mm² a máximo 13 m

Longitudes superiores Por cada aumento del 150% en longitud, utilice el siguiente tamaño de cable más grande.

Conmutación entre APAGADO/ENCENDIDO Puede conmutar entre la fuente de energía primaria del controlador o el circuito de control remoto (interruptor flotante).

Función de desconexión por tensión insuficiente Las baterías de ácido-plomo pueden dañarse permanentemente por una descarga excesiva cuando la tensión cae por debajo de un punto crítico. Para evitar esto, el controlador del sistema de batería de PS se apagará en caso de baja tensión y no volverá a encenderse hasta que no se haya recuperado significativamente la batería.

Los puntos de ajuste son:

Sistema	APAGADO	ENCENDIDO
24V CC	22V CC	24V CC
48V CC	44V CC	48V CC

5 FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA

Un controlador en modo de desconexión puede reiniciarse manualmente apagando/encendiendo, pero se desconectará de nuevo rápidamente si la batería no ha obtenido una recarga sustancial.

Sistemas PS1200 y PS1800 Estos sistemas requieren un mínimo de 96V CC para hacer funcionar la bomba cerca de su velocidad nominal. Para estos sistemas no es muy común el uso de cargadores de batería y el funcionamiento de batería no deberá tenerse en cuenta.



¡PRECAUCIÓN! El controlador LORENTZ PSNO es un controlador de carga de batería. Un controlador de carga evita que la batería se sobrecargue. Por regla general, forma parte de cualquier sistema de carga de batería de energía renovable. Asegúrese de que el controlador de carga sea el adecuado para el tipo de baterías utilizadas. (Las baterías selladas utilizan una configuración de voltaje inferior que las baterías llenas de líquido).

Este capítulo explica el funcionamiento del interruptor y de las luces indicadoras del controlador de la bomba.

TIPOS DE CONTROLADOR

Se utilizan dos tipos de controlador para controlar los sistemas de bombeo.



- ③ El controlador más pequeño **PS200** (ver imagen izquierda) puede reconocerse fácilmente por su carcasa de plástico transparente. Todas las luces indicadoras están en el panel. El interruptor de encendido/apagado está situado en la parte inferior de la carcasa, cerca de las muescas de los cables.
- ③ Los controladores **PS600, PS1200 y PS1800** (ver imagen derecha) tienen una carcasa de aluminio con luces indicadoras y un interruptor de encendido/apagado en la parte frontal.

Ambos tipos de controlador funcionan de la misma forma.

ELEMENTOS DE CONTROL

INTERRUPTOR DE ENCENDIDO/APAGADO

Cuando se apaga/enciende durante el funcionamiento, se reinicia el sistema.

LUCES INDICADORAS

- ③ **SISTEMA (verde)** El controlador está conectado y la fuente de alimentación está presente. En condiciones de potencia baja, la luz puede mostrarse incluso si no hay suficiente energía para hacer funcionar la bomba.
- ③ **BOMBA CONECTADA (verde)** El motor está en funcionamiento. La secuencia de parpadeo indica la velocidad de la bomba. La velocidad de la bomba (RPM) puede leerse mediante la secuencia de parpadeo en el LED de bomba CONECTADA:

LED ENCENDIDO	>	900
1 parpadeo	>	1200
2 parpadeos	>	1600
3 parpadeos	>	2000
4 parpadeos	>	2400
5 parpadeos	>	2800

Si se produce una **SOBRECARGA DE LA BOMBA**, la luz verde cambia a roja.

- ③ **FUENTE BAJA (rojo)** La fuente de agua ha bajado por debajo del nivel de la sonda de nivel de agua bajo. Después de recuperar el nivel del agua, la bomba se reiniciará pero esta luz parpadeará lentamente hasta que el sol se ponga, se interrumpa la energía o se restablezca el interruptor de ENCENDIDO. Esto indica que el nivel de la fuente de agua se ha quedado bajo al menos una vez en el ciclo de funcionamiento anterior.
- ③ **TANQUE LLENO (rojo)** La bomba está apagada por acción del interruptor de flotador remoto (o el interruptor de presión o interruptor manual, el que esté conectado a los terminales de "interruptor de flotador remoto").
- ③ **BATERÍA BAJA (parpadea la luz del tanque)** Solo en sistemas de batería, la tensión de la batería ha caído a 22V o 44V respectivamente y todavía no se ha recuperado a 24V o 48V (dependiendo del voltaje del sistema).

Arranque de la bomba Asegúrese de que no haya ninguna válvula cerrada o cualquier otra obstrucción en el conducto de agua. Conecte el interruptor de desconexión del panel en la caja de conexiones y conmute el interruptor de encendido del controlador. Es normal dejar los interruptores conectados en todo momento a menos que desee apagar el sistema.

Una bomba de energía solar directa debería arrancarse bajo las siguientes condiciones:

1. luz solar directa en un ángulo de unos 20° o más con respecto a la superficie de los paneles solares;
2. bajo condiciones nubladas si el sol es suficientemente intenso para proyectar sombras;
3. la sonda de nivel de agua bajo sumergida en la fuente de agua (o desviada en el controlador): luz de nivel de agua bajo APAGADA;
4. el interruptor de flotador de tanque lleno no responde a un tanque lleno: luz de tanque lleno APAGADA;
5. solo para sistemas de batería: el voltaje es más alto que el punto de desconexión por tensión insuficiente (22V o 44V).

Cuando la luz solar es insuficiente Cuando hay luz solar sobre el panel pero es demasiado débil para que funcione la bomba, intentará arrancar cada 120 segundos. Durante cada intento, verá que la luz de BOMBA ENCENDIDA se enciende.

Cuando la bomba funciona lentamente (BOMBA ENCENDIDA) con la condición de luz solar débil:

1. **para bombas centrífugas** (con "C" en el número de modelo): bajo luz solar débil, la bomba puede girar sin levantar agua hasta la salida. Esto es normal;
2. **para bombas de tornillo excéntrico** (sin "C" en el número de modelo): si la bomba está girando, aunque sea lentamente, el agua se proporciona a una velocidad lenta.

6 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Cuando la bomba se detiene por una sombra repentina sobre el panel solar Si la sombra pasa de forma repentina sobre el panel solar, por ejemplo, si pasa andando por delante o si el controlador pierde el voltaje de entrada. Realizará ruidos de encendido/apagado rápidos y un sonido agudo, y luego se detendrá. Esto no indica un problema. La bomba intentará reiniciarse tras una pausa normal.

Tiempos de pausa

1. Después de que la bomba se haya interrumpido por falta de luz solar: 120 segundos
2. Después de reiniciar el interruptor de flotador de tanque lleno: 2 o 3 segundos
3. Después de que la sonda de nivel de agua bajo vuelva a entrar en contacto con agua fuente: 20 minutos, pero la luz indicadora parpadeará lentamente durante el resto del día solar o hasta que se interrumpa la corriente o el controlador se apague/encienda
4. solo los sistemas de batería: después de alcanzar el punto de desconexión por tensión insuficiente, la pausa de detención de la bomba: unos segundos. Después de que se recupere el voltaje, el lapso hasta la reconexión: unos segundos.

Para forzar un inicio rápido Para comprobar u observar el sistema, puede omitir los tiempos de retraso normales. Desconecte el botón de CONEXIÓN y luego conéctelo de nuevo. La bomba debería arrancar inmediatamente si hay suficiente energía.

Vibración de la bomba La mayoría de los modelos de bomba PS utilizan un extremo de bomba de tornillo excéntrico (sin "C" en el número de modelo). Es normal una ligera vibración con estas bombas. Si el ruido resulta molesto, intente cambiar la posición de la bomba. Los modelos de bomba PS que tienen una "C" en el número de modelo utilizan un extremo de bomba CENTRÍFUGO, similar a las bombas convencionales. Deben producir una vibración no significativa.

Lea atentamente este apartado antes de solicitar ayuda. Si solicita ayuda, indique el modelo y el número de serie.

Si la bomba no funciona La mayoría de problemas están causados por una conexión incorrecta (en una instalación nueva) o una conexión defectuosa, especialmente cuando un cable no está apretado correctamente y se desprende de un terminal. La luz de sistema CONECTADA indicará que el sistema está encendido y conectado al controlador. Indica que el VOLTAJE está presente pero (en un sistema de energía solar directa) puede que no haya suficiente energía para arrancar la bomba. Debería intentar arrancar a intervalos de 120 segundos.

La bomba intenta arrancar cada 120 segundos pero no funciona El controlador hace un ligero ruido cuando intenta arrancar la bomba. La bomba empezará a girar o solo vibrará un poco.

1. Puede que la energía que llega al controlador sea insuficiente. Un sistema de energía solar directa (sin batería) debería arrancar si hay suficiente luz solar como para proyectar una ligera sombra. Un sistema de batería debería arrancar si la tensión de alimentación es superior a 22V (sistema de 24V) o 44V (sistema de 48V).
2. Si la bomba se ha conectado recientemente (o reconectado) al controlador, puede que esté funcionando en sentido inverso debido a un error de cableado.
3. Si el eje del motor solo vibra y no gira, puede ser que solo obtenga energía de dos de los tres cables del motor. Esto sucede cuando hay una conexión interrumpida o si ha intercambiado accidentalmente uno de los cables de alimentación con el cable de puesta a tierra.
4. La bomba o la tubería pueden estar llenas de barro, arcilla, arena o residuos.
5. ¿La bomba ha estado almacenada en agua durante más de tres meses? Este puede ser el motivo del atascamiento de la bomba. Las bombas no quedarán dañadas pero puede que tenga que volver a tirar de ellas para liberarlas. Haga funcionar las bombas almacenadas cada 2 o 3 meses para evitar el atasco.
6. Modelos de tornillo excéntrico: El estator de caucho puede expandirse a causa del calor debido a la exposición solar o al bombeo de agua a temperaturas superiores a 22 °C (72 °F). Esto puede detener la bomba temporalmente pero no causará daños.
7. Modelos de tornillo excéntrico: La bomba puede haber funcionado en seco. Retire el estator de la bomba (fuera de la carcasa) del motor, para acceder al rotor. Si hay algún trozo de caucho atascado en el rotor, deberá sustituirse el extremo de la bomba.
8. Modelos de tornillo excéntrico: La válvula de comprobación de la bomba puede estar defectuosa o atascada, lo cual puede provocar fugas abajo cuando la bomba está apagada. Esto puede evitar que la bomba arranque.

9. ¿La bomba está instalada con una aplicación de cabezal de succión negativa? Esto es una situación anormal y empujará el rotor fuera del estator de la bomba, lo cual puede causar posibles daños dentro del motor ya que es una dirección de funcionamiento anormal para todas las bombas. El cabezal de succión negativa significa que no necesita una bomba, ya que el punto de entrega es inferior al nivel de la fuente de agua en su fuente (pozos, estanques, etc.).

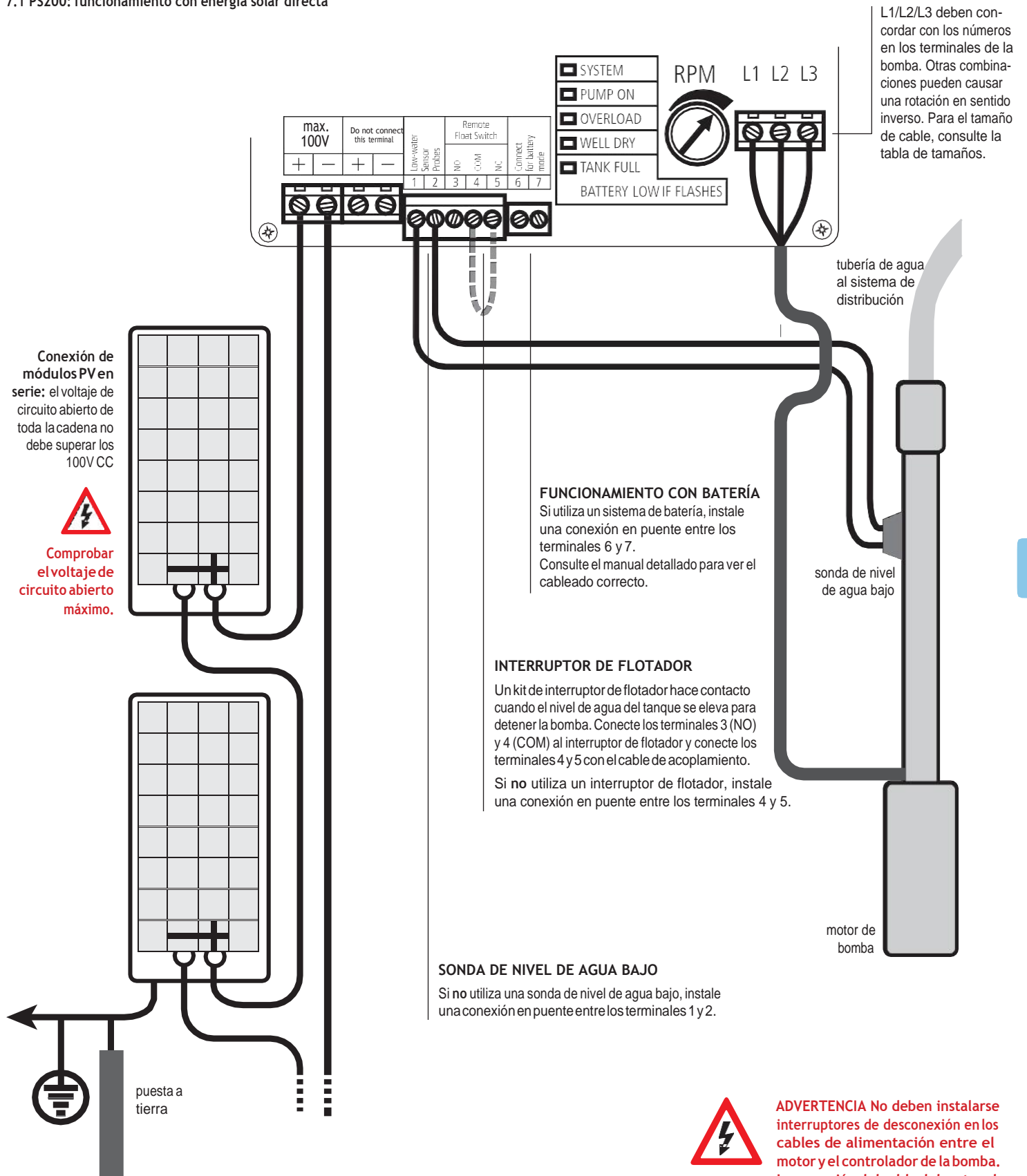
SOBRECARGA DE LA BOMBA (la luz de BOMBA ENCENDIDA está en rojo en lugar de en verde) El sistema se ha apagado debido a una sobrecarga. Esto puede suceder si el motor o la bomba están bloqueados o son muy difíciles de girar, creando una corriente excesiva (difícil de girar). La detección de sobrecarga requiere al menos 250 W de salida del panel solar. Esto puede estar causado por una alta concentración de sólidos en la bomba, una temperatura elevada del agua o un exceso de presión debido a una gran elevación o una restricción en la tubería, o una combinación de estos factores. El controlador hará 3 intentos de arranque antes de apagar el sistema. El LED de sistema CONECTADO se APAGARÁ y se encenderá el LED ROJO de SOBRECARGA. El sistema no se reiniciará hasta que el interruptor de ENCENDIDO/APAGADO no se haya APAGADO y ENCENDIDO de nuevo.



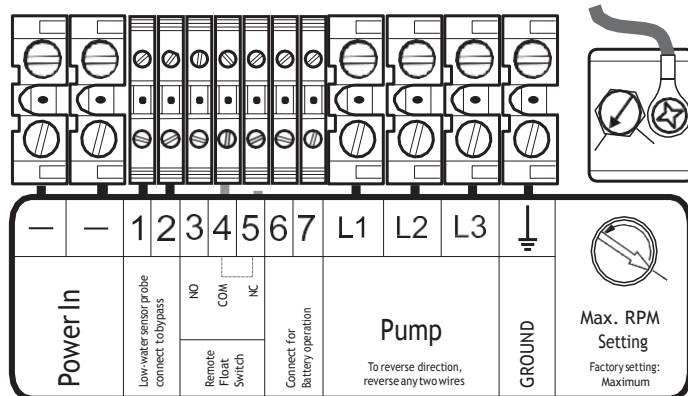
¡PRECAUCIÓN! NO RETIRE LA VÁLVULA DE COMPROBACIÓN de la bomba. Si desea mirar si hay suciedad atascada dentro de la bomba, es preferible que afloje el cuerpo de la bomba y lo extraiga de la bomba. SI DEBE RETIRAR LA VÁLVULA DE COMPROBACIÓN, utilice un adhesivo de sellado que se endurezca en las roscas de los tornillos cuando vuelva a colocarlos. Un adhesivo epoxi va bien. Las roscas no son cónicas. Tendrán fugas si no se utiliza un sellado que se endurezca. La cinta de teflón puede realizar un buen sellado pero no evitará que la junta se desenrosque.

7 DIAGRAMAS DE CABLEADO

7.1 PS200: funcionamiento con energía solar directa



7.2 PS600, PS 1200, PS1800: funcionamiento con energía solar directa



L1/L2/L3 deben concordar con los números en los terminales de la bomba. Otras combinaciones pueden causar una rotación en sentido inverso. Para el tamaño de cable, consulte la tabla de tamaños.

Conexión de módulos PV en serie:
el voltaje de circuito abierto de toda la cadena no debe superar los límites proporcionados en la tabla que aparece a continuación del diagrama de cableado



Consulte a continuación los voltajes de circuito abierto máximos permitidos para los distintos sistemas.



Comprobar el voltaje de circuito abierto máximo.

FUNCIONAMIENTO CON BATERÍA

Si utiliza un sistema de batería, instale una conexión en puente entre los terminales 6 y 7. Consulte el manual detallado para ver el cableado correcto.

INTERRUPTOR DE FLOTADOR

Un kit de interruptor de flotador hace contacto cuando el nivel de agua del tanque se eleva para detener la bomba. Conecte los terminales 3 (NO) y 4 (COM) al interruptor de flotador y conecte los terminales 4 y 5 con el cable de acoplamiento.

Si no utiliza un interruptor de flotador, instale una conexión en puente entre los terminales 4 y 5.

SONDA DE NIVEL DE AGUA BAJO

Si no utiliza una sonda de nivel de agua bajo, instale una conexión en puente entre los terminales 1 y 2.

tubería de agua al sistema de distribución

sonda de nivel de agua bajo

motor de bomba

Voltaje de circuito abierto máximo para módulos PV

PS200	100VCC
PS600	150VCC
PS1200	200VCC
PS1800	200VCC



ADVERTENCIA No deben instalarse interruptores de desconexión en los cables de alimentación entre el motor y el controlador de la bomba. La conexión del cable del motor al controlador cuando está conectado puede causar daños irreparables excluidos de la garantía.



puesta a tierra

8 SISTEMAYCOMPONENTES

Voltaje del sistema	<input type="text" value="V"/>
Fecha de compra	<input type="text"/>
Adquirido en	<input type="text"/>
Sistema con baterías	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no
Cantidad de módulos solares	<input type="text"/>
Marca del módulo solar	<input type="text"/>
Núm. de modelo del módulo	<input type="text"/>
Modelo del controlador	<input type="checkbox"/> PS1800 <input type="checkbox"/> PS1200 <input type="checkbox"/> PS600 <input type="checkbox"/> PS200 <input type="text" value="otros, por ejemplo:"/>
Núm. de serie del controlador	<input type="text"/>
Núm. de modelo del extremo de la bomba	<input type="text"/>
Núm. de serie del extremo de la bomba	<input type="text"/>

Rango de temperaturas

Las bombas de tornillo excéntrico (sin "C" en el número de modelo) funcionan de forma óptima únicamente en un rango de temperaturas específico. El último dígito del número de modelo del extremo de la bomba indica la clase de temperatura. Si no se ha especificado un rango de temperaturas especial, el último dígito del número de modelo será un 1.

<input type="checkbox"/>	Clase 0	32 °F a 54 °F	0 °C a 12 °C	
<input type="checkbox"/>	Clase 1	46 °F a 72 °F	8 °C a 22 °C	(Clase 1 es la clase estándar)
<input type="checkbox"/>	Clase 2	64 °F a 90 °F	18 °C a 32 °C	
<input type="checkbox"/>	Clase 3	82 °F a 108 °F	28 °C a 42 °C	
<input type="checkbox"/>	Clase 4	100 °F a 126 °F	38 °C a 52 °C	

9 INFORME DE INSTALACIÓN

Fecha de instalación	<input type="text"/>
por	<input type="text"/>
Profundidad del pozo	<input type="text" value="m pies"/>
Profundidad de bombeo	<input type="text" value="m pies"/>
Elevación vertical adicional (hasta la parte superior del tanque)	<input type="text" value="m pies"/>
Nivel de agua estático	<input type="text" value="m pies"/>
Nivel de extracción	<input type="text" value="m pies"/>
Tubería de caída (vertical desde la bomba)	
Tamaño	<input type="text" value="mm² pulgadas"/>
Tipo	<input type="text"/>
Longitud	<input type="text" value="m pies"/>
Longitud de tubería adicional (hasta el tanque)	
Tamaño	<input type="text" value="mm² pulgadas"/>
Tipo	<input type="text"/>
Longitud	<input type="text" value="m pies"/>
Cable de bomba sumergible	
Tamaño del cable	<input type="text" value="mm² AWG"/>
Longitud (del controlador a la bomba)	<input type="text" value="m pies"/>

Control de RPM máx.

La configuración de fábrica es el máximo. ☐ sí ☐ no

Si se ha reducido esta configuración, introducir la configuración aquí:

Este manual es propiedad del propietario de la bomba LORENTZ.
Entréguelo al propietario o al personal de mantenimiento cuando haya acabado.

Solicite copias a su proveedor de la bomba o descárguelo desde www.lorentz.de

Este manual es para los modelos de controlador PS200 HR/C, PS600 HR/C, PS1200 HR/C, PS1800 HR/C. Para modelos anteriores (antes de julio de 2003) consulte la versión 1 y 2.

Copyright ©2002-2011 de BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG; todos los derechos reservados.

Eagle 48

205-225 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008, ISO14001:2004, OHSAS 18001 certified factory.

IEC61215, IEC61730 certified products.



(4BB)



Building Your Trust in Solar



KEY FEATURES



4 Busbar Solar Cell:

4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



High Power Output:

Polycrystalline 48-cell module achieves a power output up to 225Wp.



PID RESISTANT:

Limited power degradation of Eagle module caused by PID effect is guaranteed under strict testing condition (85°C/85%RH, 96 hours) for mass production.



Low-light Performance:

Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



Severe Weather Resilience:

Certified to withstand: wind load (2400 Pascals) and snow load (5400 Pascals).



Durability against extreme environmental conditions:

High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.



Temperature Coefficient:

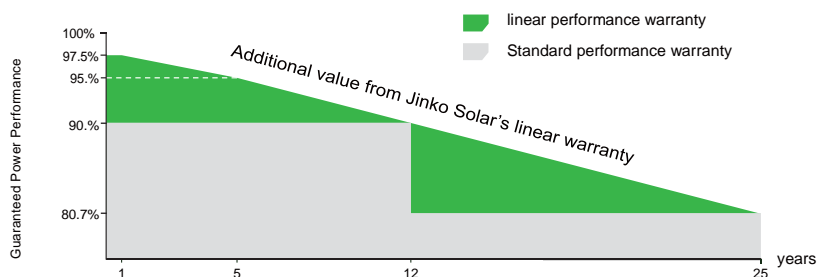
Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

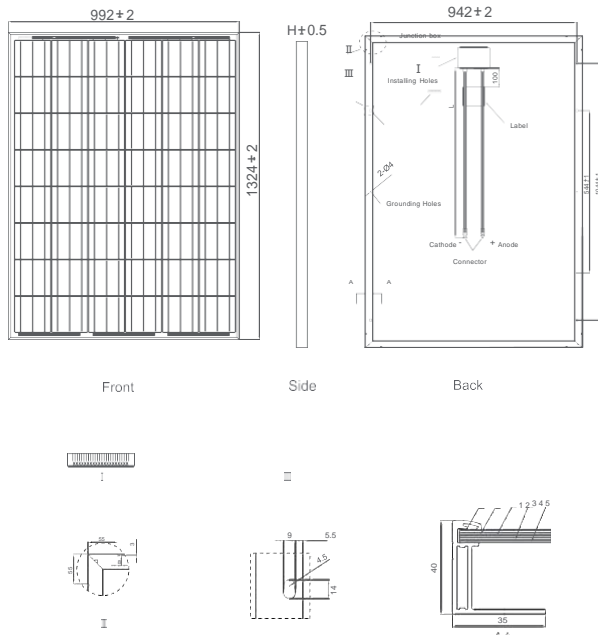
10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



POSITIVE QUALITY™
Continuous Quality Assurance



Engineering Drawings

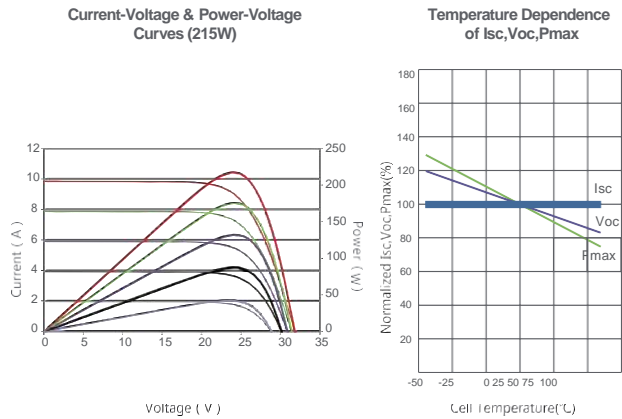


Packaging Configuration

(Two boxes=One pallet)

26pcs/box, 52pcs/pallet, 832 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type Poly-crystalline 156×156mm (6 inch)

No. of cells 48 (6×8)

Dimensions 1324×992×40mm

Weight Front 14.8 kg

Glass Frame 3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass

Junction Box Anodized Aluminium Alloy

IP67 Rated

Output Cables TÜV 1×4.0mm², Length: 900mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM205PP-48		JKM210PP-48		JKM215PP-48		JKM220PP-48		JKM225PP-48	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	205Wp	153Wp	210Wp	156Wp	215Wp	160Wp	220Wp	164Wp	225Wp	170Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	24.7V	21.8V	24.8V	22.0V	25.0V	22.3V	25.2V	22.6V	25.4V	22.5V
Maximum Power Current (Imp)	8.30A	7.03A	8.47A	7.11A	8.60A	7.19A	8.73A	7.26A	8.86A	7.56A
Open-circuit Voltage (Voc)	31.2V	28.9V	31.5V	29.2V	31.8V	29.5V	32.1V	29.8V	32.4V	30.1V
Short-circuit Current (Isc)	9.49A	7.56A	9.67A	7.78A	9.85A	7.89A	10.03A	7.97A	10.21A	8.08A
Module Efficiency STC (%)	15.61%		15.99%		16.37%		16.75%		17.14%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.30%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

*STC: ☀ Irradiance 1000W/m²



Cell Temperature 25°C

AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m²



Ambient Temperature 20°C

AM=1.5



Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

SERIE UP-SPO

SOLAR POWER ABIERTAS SOLAR POWER OPEN

Características

- Específicamente diseñada para aplicaciones que requieren un suministro permanente y duradero energía de eléctrica.
- Apto para aplicaciones cíclicas.
- Más de 400 ciclos a 75% D.O.D.
- Más de 800 ciclos según IEC 61427.
- Alta resistencia a los ciclos de descarga profunda y repetida.
- Mayor vida útil.
- Placas más gruesas con geometría radial para aumentar la vida y proporcionar mayor CCA.
- Placas ancladas a prueba de vibraciones y golpes.
- Material activo con una composición específica para minimizar el estrés cíclico.
- Aleación especial que asegura la resistencia contra la corrosión de las rejillas y la conductividad del material activo.

Aplicaciones

Energía fotovoltaica, auto caravanas, caravanas, barcos, carretillas elevadoras, plataformas elevadoras, vehículos eléctricos, barredoras, fregadoras, elevadores, apiladores, luminarias de carretera.

Main features

- Specially designed for those uses that require a permanent and lasting energy supply.
- Suitable for renewable energy, cyclic use.
- More than 400 cycles at 75% D.O.D.
- More than 800 cycles as per IEC 61427.
- High resistance to deep discharge cycles.
- Long service life.
- Thicker plates with radial geometry to increase service life and provide higher CCA.
- Plates mounted vibration and shock proof.
- Active material with specific composition that minimize stress in cyclic uses.
- Special alloy that ensures grids corrosion resistance and conductivity of the active material.

Main uses

Solar energy systems, mobile homes, street solar lighting, vessels, fork lifts, lifting platforms, electrical vehicles, sweepers, scrubbing machines, electric stackers, etc.

Model	Nominal Voltage (V)	Capacity Ah 1.80 UPC 20°C		Dimension (mm)						Weight (kg)	QTY x P
		C20	C100	Length		Width		Height			
				mm	in	mm	in	mm	in		
SPO70	12	60	70	242	9.53	175	6.89	190	7.48	14,9	63
SPO85	12	75	85	278	10.94	175	6.89	190	7.48	18,0	57
SPO90	12	80	90	270	10.73	175	6.89	220	8.66	18,7	57
SPO110	12	90	110	353	13.90	175	6.89	190	7.48	21,8	36
SPO115	12	100	115	304	11.97	175	6.89	220	8.66	23,9	56
SPO120	12	105	120	345	13.58	175	6.89	230	9.08	27,1	48
SPO140	12	125	140	345	13.58	175	6.89	265	11.22	30,2	36
SPO165	12	140	165	513	20.20	189	7.44	223	8.78	37,5	32
SPO205	12	180	205	513	20.20	223	8.78	223	8.78	46,5	21
SPO225	12	200	225	518	20.39	274	10.79	242	9.53	56,2	18
SPO250	12	230	250	518	20.39	274	10.79	242	9.53	58,0	18
SPO260	6	240	260	244	9.61	190	7.48	274	10.79	29,0	30

Los parámetros técnicos podrán ser cambiados sin previo aviso,

* Technical specifications may be change without any notice,



FREETOX NH-80

Usos

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc.

En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobre vivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit.

Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR.

Características

Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

Marca

INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibres

1.5 mm² - 300 mm²

Embalaje

De 1.5 a 10 mm², en rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 300 mm², en carretes de madera.

Colores

De 1.5 a 10 mm²: blanco, negro, rojo, azul, amarillo, verde y verde / amarillo.

Mayores de 10 mm² sólo en color negro ⁽¹⁾.



Norma(s) de Fabricación

NTP 370.252

Tensión de servicio

450/750 V

Temperatura de operación

80°C

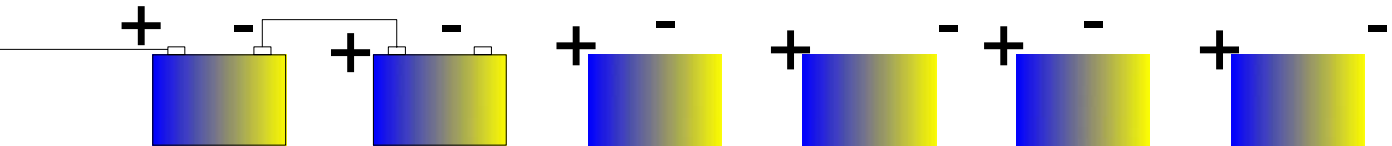
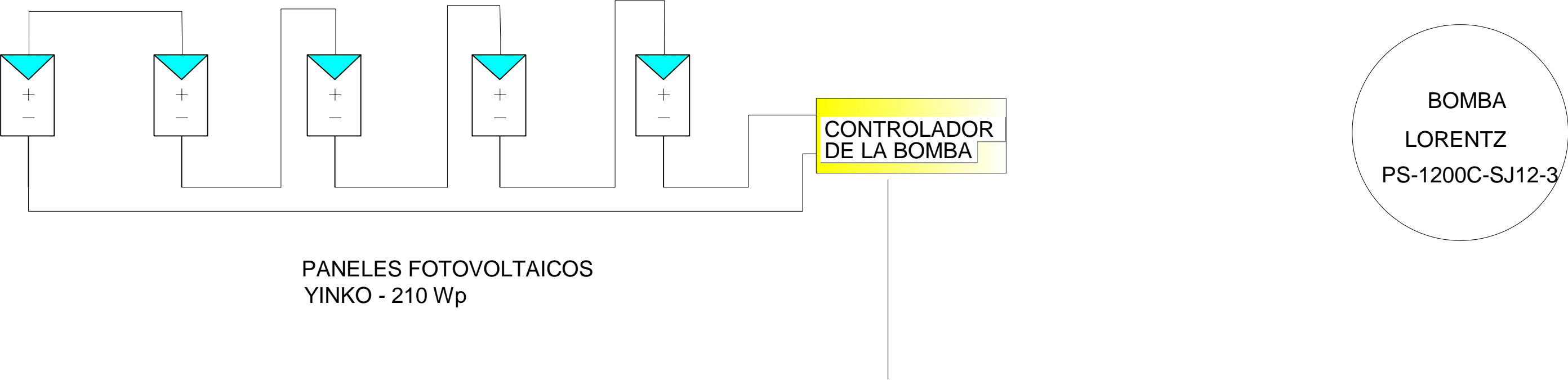
⁽¹⁾ A solicitud del cliente se puede cambiar de color.

TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	Nº HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

(*) TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO.



BATERIAS U POWER DE 165 Ah
12 V

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA			
TESIS: "VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE MICROGENERACION ELÉCTRICA EN EL BOMBEO DE AGUA EN EL BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO EN EL CASERIO NUEVO LIMA-BELLAVISTA-SAN MARTIN			
BACHILER: OTTO AUGUSTO GIL RODRÍGUEZ		UBICACION : CASERIO : NUEVO LIMA PROVINCIA : BELLAVISTA DPTO. : SAN MARTIN	
PLANO : SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO	ESCALA : S/E	PROYECTISTA : OAGR	Nº DE PLANO : SBF-01
	FECHA : JUNIO 2019	CAD: OAGR	