

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Diseño de sistema de bombeo fotovoltaico para disminuir gastos de riego en
la parcela Gramadal y el Palmo Oyotún**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Ernesto Castañeda Quesquen

ASESOR

Wilson Alejandro Jimenez Zuloeta

<https://orcid.org/0000-0001-7030-6345>

Chiclayo 2025

**Diseño de sistema de bombeo fotovoltaico para disminuir gastos de riego
en la parcela Gramadal y el Palmo Oyotún**

PRESENTADA POR
Ernesto Castañeda Quesquen

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Lucio Antonio Llontop Mendoza
PRESIDENTE

Ivan Sipion Muñoz
SECRETARIO

Wilson Alejandro Jimenez Zuloeta
VOCAL

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi padre Edgath Castañeda Malca y a mi madre Luz María Quesquén Chimpén por su confianza y consejos brindados a lo largo de mi carrera. A mis hermanos; Edgath y Eduardo por darme la confianza que necesitaba cuando sufría recaídas. A mis pequeños sobrinos que son parte importante de mi familia y me motivan a poder superarme.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por guiarme en todo momento y darme la sabiduría necesaria para afrontar mis adversidades. Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional, tenerlos a mi lado ha sido un factor importante para culminar esta tesis. Gracias a mi asesor de tesis el ingeniero Jiménez Zuloeta Wilson Alejandro, por el apoyo brindado al desarrollo de este trabajo de investigación. Gracias a mis amigos y compañeros que me aconsejaron para no rendirme en esta etapa universitaria.

Diseño de sistema de bombeo fotovoltaico para disminuir gastos de riego en la parcela Gramadal y el Palmo Oyotún

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 21 % | 21 % | 3 % | 11 % |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|----------------|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 9 % |
| 2 | repositorio.upa.edu.pe Fuente de Internet | 2 % |
| 3 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 2 % |
| 4 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 1 % |
| 5 | tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 6 | www.uv.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 7 | cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 8 | www.coursehero.com Fuente de Internet | <1 % |
| 9 | repositorio.cuc.edu.co Fuente de Internet | <1 % |

Indice

| | |
|---|----|
| Resumen | 10 |
| Abstract | 11 |
| 1. Introducción | 12 |
| 1.1. Realidad problemática | 12 |
| 1.2. Formulación de problema..... | 13 |
| 1.3. Hipótesis..... | 13 |
| 1.4. Objetivos | 13 |
| 1.4.1. Objetivo General | 13 |
| 1.4.2. Objetivo Especifico | 13 |
| 2. Revisión de literatura | 14 |
| 2.1. Antecedentes | 14 |
| 2.2. Bases teórico – científicas | 16 |
| 2.2.1. Conversión de energía fotovoltaica..... | 16 |
| 2.2.2. Horas solar pico..... | 17 |
| 2.2.3. Orientación e inclinación del panel | 17 |
| 2.2.4. Arreglos fotovoltaicos | 18 |
| 2.2.5. Control de bombeo fotovoltaico..... | 20 |
| 2.2.6. Sistema de bombeo..... | 21 |
| 3. Metodología | 26 |
| 3.1. Tipo y Nivel de investigación | 26 |
| 3.1.1. Tipo | 26 |
| 3.1.2. Nivel | 26 |
| 3.2. Población, muestra y muestro..... | 26 |
| 3.2.1 Población | 26 |
| 3.2.2 Muestra..... | 26 |
| 3.2.3 Muestreo | 27 |
| 3.3. Determinación de las variables..... | 27 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos | 29 |
| 3.5. Análisis de datos..... | 29 |
| 4. Resultados y dicucion | 30 |
| 4.1. Resultados | 30 |
| 4.1.1. Determinar las principales características del sistema de bombeo actual. | 30 |
| 4.1.2. Determinar la demanda hídrica según el cultivo de elección en la parcela. | 32 |
| 4.1.3. Sistema de bombeo fotovoltaico adecuado para abastecer de agua a la parcela. | 36 |
| 4.1.6. Evaluar económicamente el diseño del sistema de riego. | 50 |
| 4.1.7. Determinar los factores relacionantes entre el sistema de bombeo actual y el solar | 56 |
| 4.2. Discusión..... | 58 |

| | |
|----------------------|----|
| Conclusiones | 60 |
| Recomendaciones..... | 61 |
| Referencias | 62 |
| ANEXOS..... | 64 |

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Valores de voltaje de campo solar al variador según tensión de salida del variador | 20 |
| Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 29 |
| Tabla 3 Horas de riego con motobomba | 31 |
| Tabla 4 Cantidad de volumen de agua requerida por riego en la parcela. | 32 |
| Tabla 5. Horas de riego con motobomba | 32 |
| Tabla 6 Cantidad de volumen aportado por la motobomba en cada una de las campañas en el día cero. | 33 |
| Tabla 7 Caudal aportado por la compuerta del canal de regadío | 34 |
| Tabla 8 . Volumen en aportado por la compuerta del canal de regadío y la moto bomba para la campaña 1..... | 34 |
| Tabla 9 Volumen aportado por la compuerta del canal de regadío y la moto bomba para la campaña 2..... | 35 |
| Tabla 10 Estadísticos para los volúmenes utilizados en cada campaña..... | 36 |
| Tabla 11 Puntos de la poligonal de la parcela..... | 37 |
| Tabla 12 Radiación solar fotovoltaica para las coordenadas de la parcela | 37 |
| Tabla 13 Horas solares pico mínima según la ubicación de la parcela | 38 |
| Tabla 14 Volumen diario analizado para determina el volumen del riego por el sistema fotovoltaico..... | 39 |
| Tabla 15 Volumen máximo diario para riego | 39 |
| Tabla 16 Caudal requerido por el sistema fotovoltaico..... | 40 |
| Tabla 17 Velocidades dentro una tubería cerrada | 40 |
| Tabla 18 Diámetro según velocidades establecidas | 40 |
| Tabla 19 Velocidad real según diámetro comercial | 41 |
| Tabla 20 Perdidas primerias y secundarias en la instalación | 43 |
| Tabla 21 Altura de pérdidas para selección de la bomba..... | 43 |
| Tabla 22 Parámetro de selección de la bomba | 43 |
| Tabla 23 Potencia hidráulica requerida. | 46 |
| Tabla 24 Eficiencia de bombeo..... | 46 |
| Tabla 25 Características del controlador de bombeo de 60 HP GD100-045G-4-PV..... | 47 |
| Tabla 26 Características del panel JAM72S30 545Wp..... | 47 |
| Tabla 27 Paneles en serie que ingresen en el intervalo de 300 a 750 V..... | 47 |
| Tabla 28 Potencia del campo solar para el sistema de riego requerido..... | 48 |
| Tabla 29 Arreglos de paneles en paralelo según los arreglos en serie | 49 |

| | |
|---|----|
| Tabla 30 Arreglos de paneles considerando serie paralelo | 50 |
| Tabla 31 Presupuesto de materiales e instalación | 51 |
| Tabla 32 Costo de mantenimiento..... | 51 |
| Tabla 33 Horas de riego por campaña..... | 52 |
| Tabla 34 Gasto de riego por año | 52 |
| Tabla 35 Costos de riego por agua con sistema de riego fotovoltaico | 53 |
| Tabla 36 Ahorro por reducción de horas de uso del canal de regadío | 53 |
| Tabla 37 Costo de consumo de combustible por motobomba en riego actual..... | 54 |
| Tabla 38 Gasto por mantenimiento de la motobomba | 54 |
| Tabla 39 Utilidad total de la suma de los aportes del proyecto..... | 54 |
| Tabla 40 Apoyo del programa PCC proporcionado por el MIDAGRI | 55 |
| Tabla 41 Balance de caja para costos con apoyo del gobierno | 55 |
| Tabla 42 Indicadores económicos del proyecto con aporte del PCC..... | 56 |
| Tabla 43. Ahorro en costos de riego por el sistema fotovoltaico | 56 |
| Tabla 44. Cantidad de combustible utilizado al año por la motobomba en riego actual | 57 |
| Tabla 45. Cantidad de CO2 del uso de la motobomba en el riego actual | 57 |
| Tabla 46. Cálculo del número de Reynolds | 67 |
| Tabla 47. Intervalos para determinar tipo de fluido. | 67 |
| Tabla 48. Rugosidad absoluta dependiendo del material..... | 68 |
| Tabla 49. Cálculo de la rugosidad relativa | 69 |
| Tabla 50. Calculo de perdidas por fricción para tuberías propuestas..... | 70 |
| Tabla 51. Sumatoria de factores K para accesorios en el sistema de riego | 72 |
| Tabla 52. Perdidas secundarias en accesorios para la instalación..... | 72 |
| Tabla 53. Pérdidas totales de la instalación..... | 72 |
| Tabla 54. Angulo óptimo de inclinación para paneles fijos todo el año | 73 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Ángulos para un sistema de generación fotovoltaica | 18 |
| Figura 2. Arreglo de paneles fotovoltaicos | 20 |
| Figura 3. Esquema representativo de alturas de succión y descarga en dos sistemas de bombeo | 23 |
| Figura 4. Diagrama de Moody | 24 |
| Figura 5. Cuadro de operacionalización de variables | 28 |
| Figura 6. Parcela Gramadal y El Palmo en Oyotun | 30 |
| Figura 7. Poligonal de la parcela..... | 36 |
| Figura 8 Puntos de inicio y salida del fluido para el riego..... | 42 |
| Figura 9 Diferencia de alturas entre puntos de entrada y salida..... | 42 |
| Figura 10 Curvas de selección para familias de bomba Hidrostall ISO 2858..... | 44 |
| Figura 11 Curvas de la familia 125-315 considerando los parámetros de selección | 45 |
| Figura 12. Plano de ubicación de la parcela Gramadal y El Palmo | 65 |
| Figura 13. Ubicación del campo solar e ingreso y salida de tubería..... | 66 |
| Figura 14. Ubicación del factor de fricción según requerimiento del sistema de tuberías | 69 |
| Figura 15. Medidas de la tubería proyectada para riego | 70 |
| Figura 16. Factores K para accesorios | 71 |
| Figura 17. Posición de los accesorios en la instalación..... | 71 |
| Figura 18. Características fijas del panel solar..... | 73 |
| Figura 19. Inclinación de los 8 paneles considerando longitudes reales..... | 74 |
| Figura 20. Alineación de los cuatro bloques que componen el campo solar | 74 |

Resumen

El objetivo de esta investigación fue diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para disminuir gastos de riego en la parcela Gramadal y El Palmo del distrito de Oyotun, esta investigación es del tipo aplicada, esta investigación es no experimental del nivel descriptivo, la demanda hídrica de la parcela de 4,7 hectáreas con una demanda de 2 820 m³, para este se diseñó una sistema de bombeo para una bomba de riego de 60 hp con un campo solar de 6 x 16 de 128 paneles de 545 Wp, teniendo un presupuesto de S/ 184 469,40 se utilizó como ingreso para el proyecto todos los ahorros que se generarían con la aplicación del mismo estableciendo este ahorro cómo utilidad el proyecto en un total de S/ 7 444,19. Por sí solo el proyecto no puede ser rentable por lo que se buscó un financiador siendo este El Ministerio de Agricultura con su programa PC el cual tendría que aportar el 76% de la inversión inicial para que rinda evaluadores económicos VAN y TIR rentables de S/ 3 363,14 y 11% respectivamente a una tasa de interés del 10%.

Palabras clave: Costos de riego, Fotovoltaico, Riego Fotovoltaico

Abstract

The objective of this research was to design a photovoltaic pumping system to reduce irrigation costs in the Gramadal and El Palmo plots of the Oyotun district, this research is of the applied type, this research is non-experimental at the descriptive level, the water demand of the 4.7-hectare plot with a demand of 2 820 m³, for this a pumping system was designed for a 60 hp irrigation pump with a 6 x 16 solar field of 128 545 Wp panels, with a budget of S/ 184,469,40. used as income for the project all the savings that would be generated with its application, establishing these savings as a utility for the project in a total of S/ 7,444.19. By itself, the project cannot be profitable, so a financier was sought, this being The Ministry of Agriculture with its PC program which would have to contribute 76% of the initial investment so that it yields profitable VAN and IRR economic evaluators of S/ 3,363,14 and 11% respectively at an interest rate of 10%.

Keywords: Irrigation costs, Photovoltaic, Photovoltaic Irrigation

1. Introducción

1.1. Realidad problemática

El mundo entiende que actualmente uno de los problemas más prioritarios aparte de la escasez de agua es la producción de alimentos, lo que en conjunto lleva a que la agricultura sea un elemento de gran importancia a nivel mundial. Si bien este factor se tiene previsto la escasez de alimentos predomina y vuelve la mirada a nuevas prácticas agrícolas en todo el mundo debido a los sistemas de riego que se empiezan a implementar. En algunos casos estos sistemas se plantean en busca de soluciones para el riego para poder abastecer los cultivos en zonas sin energía, lo que hace que la agricultura sostenible sea uno de los mayores desafíos en la actualidad [1].

Los sistemas de riego adecuados para fines agrícolas es un tema de importancia en todo el mundo ya que en esta práctica se utiliza el 70% del agua que se extrae a nivel mundial siendo una proporción mayor que el “uso consuntivo del agua”, en el mundo más de 330 millones de hectáreas de cultivo tienen sistemas de riego, el agua utilizada para la siembra representa el 20% del total de la superficie que se cultiva y esta aporta el 40% de la producción de alimentos en todo el mundo [2].

En el Perú esta problemática de falta de agua para los cultivos y su necesidad de obtenerla dirige a los agricultores a buscar tecnologías para abastecerse de ella, ya que los sistemas de riego tradicionales se vuelven un problema constante, por lo que el estado viene realizando inversiones importantes para poder proporcionar al agricultor sistemas más eficientes y capacitaciones sobre su uso, esto es obvio que tiene una influencia importante en la producción de cultivos ya que se optan por cultivos de alta gama para zonas donde se podrían aprovechar otros cultivos. El uso de sistemas de riego se vuelve un problema por la falta de agua que es una realidad que se vuelve homogénea en todo el entorno nacional el ministerio de agricultura proporciona programas que le permiten al agricultor generar o implementar sistemas de riego para poder abastecerse de agua y así tener una producción que les permita vivir una mejor calidad de vida, aunque el problema no se puede reparar al cien por ciento ya que siempre está latente la falta de acceso a estos sistemas y también a la información de cómo utilizarlos y sacarles provecho lo que recae en que el agricultor siga perenne en la carencia del recurso vital que es el agua [3].

Esta investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para poder aprovechar la radiación solar siendo esta en los meses más críticos de 3,8 kwh/m² para poder suministrar un promedio de 35 000 litros de agua que es la demanda por campaña para las 4,7 hectáreas de maíz que es el producto base de cultivo en la parcela Gramadal y el Palmo considerando que dentro de las tuberías no se debe sobrepasar los 5 m/s como mínimo para el bombeo del sistema. Por último, se realizará una evaluación considerando un VAN positivo y un TIR superior al 12% para dar como factible la instalación del sistema fotovoltaico.

1.2. Formulación de problema

¿Se podrá diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para el riego se podrá disminuir los gastos de riego en La Parcela Gramadal y El Palmo – Oyotun?

1.3. Hipótesis

Si se realiza un diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para el riego se podrá disminuir los gastos de riego en La Parcela Gramadal y El Palmo – Oyotun

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un Sistema de Bombeo Fotovoltaico para Disminuir Gastos de Riego en la Parcela Gramadal y El Palmo del distrito de Oyotun.

1.4.2. Objetivo Especifico

- Determinar las principales características del sistema de bombeo actual.
- Determinar la demanda hídrica según el cultivo de elección en la parcela.
- Dimensionar el sistema de bombeo fotovoltaico adecuado para abastecer de agua a la parcela.
- Evaluar económicamente el diseño del sistema de riego.

- Determinar los factores relacionantes entre el sistema de bombeo actual y el solar

2. Revisión de literatura

2.1. Antecedentes

En la investigación [4] se desarrolló para plantear una propuesta de un sistema de riego que funcione con energía solar fotovoltaica para la finca Concepción durante el periodo 2017, tratando de darle cabida a las tecnologías de bajo consumo hídrico y así poder lograr una mejor rentabilidad económica y sostenibilidad en el tiempo de la actividad agrícola de la finca, trayendo consigo una mejor calidad de los cultivos al lograr la tecnificación del sistema. Como resultados se logra seleccionar una bomba sumergible de 2 hp en corriente alterna que se alimentara con una cantidad de 12 paneles solares de 200W, la evaluación económica se determinó mediante los indicadores TIR y VAN los cuales generaron un valor de 6 513,82 U\$ a una tasa del 9% de interés, y generando a los cinco años de inversión una ganancia de 2,09 U\$ por cada dólar invertido, además se calcula que la finca con el sistema implementado lograra una ganancia del 208,99% en un total de cinco años.

El autor [5] presenta una investigación donde se desarrolló para realizar un estudio experimental para la generación de energía eléctrica utilizando un sistema fotovoltaico para el bombeo de agua, la investigación se plantea para poder comparar el uso de energía en DC con la energía en AC para el riego fotovoltaico, la unidad de análisis fue la localidad de Uraca. El estudio analizó el recurso solar en la localidad de Uraca y se realizó experimentalmente la comparación entre los sistemas de bombeo solar, durante el análisis se midió el punto de rocío que oscila entre 24,1°C y 0,0446°C de la ubicación, la velocidad del viento que llega a tener valores máximos de 6.3 m/s, la humedad relativa que llega al 94% en enero y 19,6% en octubre, la temperatura entre 35,9°C y 6,8°C para enero y agosto, la irradiancia solar que generalmente entrega 1 276.9 W/m² aunque en invierno llega a 993.1 W/m², la radiación anual siendo diciembre el más alto con 236,43 kWh/m². Debido al experimento se realizó en invierno se logró una eficiencia en los paneles solo del 12% y de la bomba hidráulica en un 50%, siendo la eficiencia total de todo el sistema un 6%.

El autor [6] en esta investigación se adecuó y diseñó un sistema de bombeo solar fotovoltaico para abastecer agua para las necesidades de riego en post de una mejor económica para el agricultor evadiendo su dependencia al riego por temporada, el cultivo al cual se aplicó la investigación fue maíz. En esta investigación se demostró que se logra un retorno de la inversión en menos de 4 años lo que la hace viable según los criterios del equipo investigador, esta investigación combina dos métodos de riego el de gravedad al subir el agua a un tanque elevado y el riego tecnificado por goteo, fomentando el uso de este sistema en zonas alejadas que no cuenten con sistemas eléctrico nacional. El sistema eléctrico tuvo una eficiencia del 80% aunque los paneles tienen una eficiencia particular del 15%, se tomó en cuenta el uso de baterías para no sobredimensionar el sistema, el recurso hídrico necesario se calculó en 70 560 litros de agua al día lo que llevo a un caudal de 5 litros por segundo para poder llenar el tanque, el sistema se establece como semiautomático para simplificar su uso por los comuneros ya que la tecnología Arduino proporciona una practicidad para el uso de estos componentes.

El autor [7] en este proyecto se dimensionó un sistema de bombeo solar fotovoltaico aislado para abastecer a una parte de la población de la localidad de Abala, en Etiopía. En esta investigación se determinó la instalación de 12 paneles en una inclinación de 16° con una potencia de 145 W cada uno se estableció la configuración de 6 paneles en serie y 2 series en paralelo, la bomba requerida fue de una potencia de 2,2 kW, no se consideraron factores por orientación debido a que el terreno permitió la orientación más adecuada al sol. El gasto inicial se determinó en € 4 691,00, la vida útil del bombeo se determinó a 20 años determinando un gasto anual de € 234,60 al año, por último, concluyo que empleo de una tecnología renovable como es la fotovoltaica para usos tan prácticos como es el bombeo de agua, permite a personas que viven en países en vías de desarrollo encontrar una solución viable y fácil de emplear para cubrir parte de sus necesidades básicas.

En autor [8] en esta investigación se realizó la modelación energética de un sistema de bombeo fotovoltaico para zonas rurales, tomando como caso de estudio el corregimiento de Aguada de Pablo, Atlántico. Con relación al sistema de bombeo y almacenamiento de agua, se obtuvo un sistema compuesto por una

bomba de 6 HP con una capacidad de impulso de líquidos de hasta 1 135,62 Lt / min, el cual capta el agua desde un pozo subterráneo y la transporta hasta un tanque de almacenamiento elevado a 9,5 m de altura a través de un sistema de tuberías PVC de 3” de diámetro. En referencia al suministro de energía propuesto a partir de energía solar fotovoltaica, se puede notar en la tabla 12, que el diseño y dimensionamiento resultó en un arreglo PV de 8,3 kWp, el cual está integrado con un banco de baterías de 12 unidades capaz de proporcionar un suministro de 48V DC y 450Ah, sin embargo, por medio de la modelación energética realizada con la herramienta HOMER, se obtuvo que para el sistema propuesto, un banco de baterías de 4 unidades es suficiente para respaldar el sistema de bombeo. Esto debido a que la proyección resultante evidencia que el SoC (estado de carga) promedio del banco de baterías se mantendrá por encima del régimen requerido.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Conversión de energía fotovoltaica

Los dispositivos encargados de convertir energía fotovoltaica en energía eléctrica son los denominados células solares esto se logra gracias a la composición de estas células las que están constituidas por material semiconductor los cuales poseen electrones en sus últimas capas de valencia ligados débilmente al átomo, cuando se aplica energía fotovoltaica con un valor suficiente para excitar al electrón el enlace de este con el átomo se rompe y permite que el electrón pase a una nueva capa de valencia de otro átomo este movimiento se llama “banda de conducción”, mediante las conexiones correspondientes estos electrones pueden ser llevados a un circuito externo y utilizados para realizar un trabajo útil, consiguiendo con este movimiento de electrones generar energía eléctrica [9].

En un semiconductor existen dos tipos de material en uno se genera la ausencia de electrones y a esta ausencia de electrón en el material se le denomina hueco haciendo que el átomo en este punto se comporte como una partícula de carga positiva y puede desplazarse por así decirlo entre los átomos de una red cristalina. Las propiedades que tiene estos materiales para conducir electricidad se deben

entender como el movimiento de estos dos tipos de cargas tanto de electrones como de huecos los que se engloban en el término portadores de carga y este es el aspecto que la diferencia de los otros dos tipos de materiales (aislantes y conductores). Es importante entender que en un material semiconductor la cantidad de huecos y electrones sobrantes será la misma debido a que su creación es simultánea [10].

2.2.2. Horas solar pico

La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una irradiación solar hipotética constante de $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$. Una hora solar pico es igual a $3,6\ \text{MJ}/\text{m}^2$ o equivalente a $1\ \text{kWh}/\text{m}^2$. Se tiene en cuenta que mide la irradiación y se define como tiempo en horas, lo que parece algo contradictorio, aunque no lo es. Por otro lado, Watt pico (Wp) se define como la unidad de medida (potencia) de un módulo solar fotovoltaico, lo que significa la cantidad máxima de potencia que el módulo puede generar (solar fotovoltaico a $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$, $25\ ^\circ\text{C}$ y $1,5$ masa de aire) por lo que se puede entender que si esta potencia se expresa por horas en las condiciones mencionadas las unidades de medida serían kWh/m^2 , o serían iguales a HSP. Para facilitar los cálculos, considera el caso hipotético de un “sol que alcanza una irradiancia constante de $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$, por un tiempo relativamente corto, pero de tal forma que la energía total que incide sobre el metro cuadrado considerado, es igual al producido por el verdadero sol”, a lo largo del día y afirma más adelante que “El tiempo requerido para ese hipotético sol de $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$, será el número de hora solar pico número” [11].

2.2.3. Orientación e inclinación del panel

El sistema de generación fotovoltaico debe estar situado de tal manera que tenga la ubicación adecuada o la más óptima para poder recibir en todo momento la mayor cantidad posible de radiación, esto depende de tres factores la orientación que va a tener la superficie del generador sobre el terreno, el tiempo que se va a mantener esta orientación a lo largo de un periodo ya sea por año, mes, día, etc. Y la aplicación que va a tener sea conectado a la red o un sistema autónomo [12].

La orientación está definida mediante las coordenadas angulares que son similares a las utilizadas para definir la posición del sol, así existen dos ángulos de orientación para el sistema generador fotovoltaico el primero es el ángulo de acimut (α) que es el que se forma entre el panel y la orientación sur, este ángulo toma el valor de 0° si es que la cuando está orientado al Sur, si coincide con el Este se considera -90° y cuando coincide con el Oeste su valor es de 90° . Existe otro ángulo a tener en cuenta y es el de inclinación del panel (β) este ángulo se forma el panel con la superficie de la tierra, estos ángulos se pueden observar en la figura 1 [12].

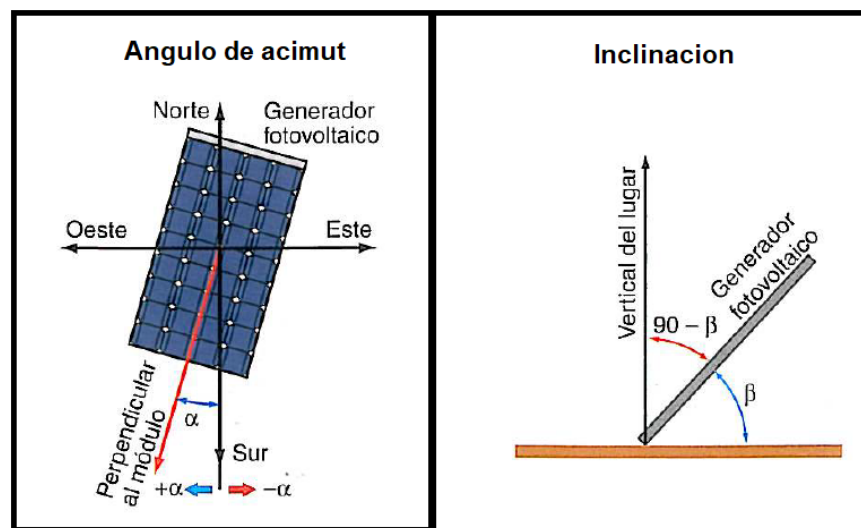


Figura 1 Ángulos para un sistema de generación fotovoltaica [12].

Fuente: A. Castejon y G. Santamaria, Instalaciones Solares Fotovoltaicas

Para determinar la inclinación óptima de un generador fotovoltaico se utiliza una expresión basada en análisis estadísticos de la radiación anual del sol que arroja sobre la superficie terrestre en diferentes latitudes del globo, esta expresión es válida para quienes busquen la inclinación óptima a lo largo de un año se expresa en la ecuación 1 [12].

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\phi| \quad (1)$$

2.2.4. Arreglos fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos como cualquier fuente de generación o que entrega energía puede agruparse de diferente manera en primera instancia el aumento de

potencia de una panel puede generar con el simple hecho de conectar más de un panel con el arreglo que fuese y así aumentar la potencia del conjunto, esto se logra cuando se conectan paneles con características eléctricas similares o iguales debido a que si no cuenta con esta condición la diferencia de características puede proporcionar reducción en algunos parámetros de corriente o voltaje que se espera del conjunto y en el peor de los casos reducir la potencia en lugar de incrementarla [13].

Cuando se busca aumentar el voltaje de los módulos fotovoltaicos se requiere que estos sean conectados en serie así el voltaje aumenta en proporción a la cantidad de módulos que se han conectado, mientras que la corriente será igual en cada uno de ellos generando así el aumento de tensión solamente, caso parecido ocurre con la intensidad cuando esta se requiere aumentar los módulos se conectan en paralelo teniendo el mismo voltaje pero aumentando la intensidad en proporción a la cantidad de módulos que se están conectando [13].

Esto es importante debido a que el sistema no siempre tiene un requerimiento de voltaje e intensidad para todos sus dispositivos por lo que siempre se requerirán arreglos en paralelo si es que se requiere aumentar la intensidad que ingresa al siguiente dispositivo o en serie si lo que se requiere es aumentar el voltaje [13].

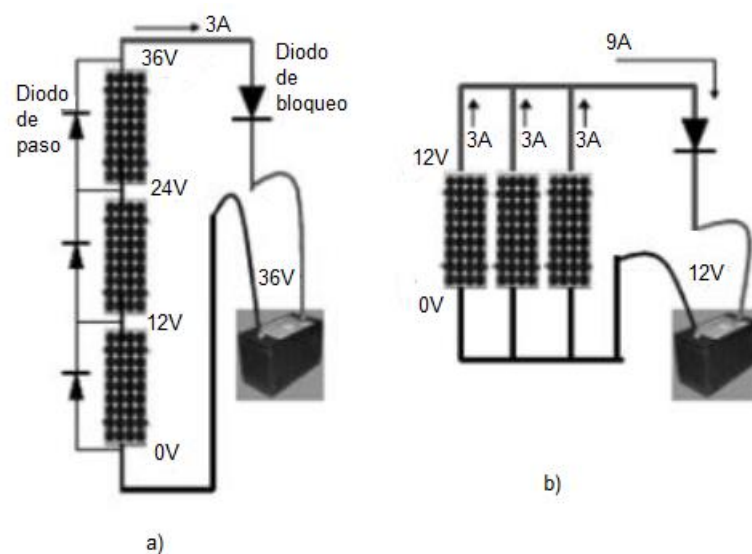


Figura 2. Arreglo de paneles fotovoltaicos [13]

Fuente: Diseño de sistema de bombeo a base de energía solar para suministro de agua

2.2.5. Control de bombeo fotovoltaico

Para sistemas de poca potencia se pueden emplear sistemas de control por separado, pero en la actualidad ya se cuentan con equipos que permiten integrar el control la electrónica de potencia y las protecciones que se requieren para un sistema de bombeo solar, esos equipos permiten que se gestione el funcionamiento de la bomba y las distintas entradas de potencia que se podría tener, evitando así que los problemas ocasionados por variaciones de potencia o caídas de tensión le pongan en dificultades al sistema de bombeo [14].

Los sistemas de control de bombeo tienen un variador que gestiona la potencia procedente de las distintas fuentes y genera la corriente para alimentar la bomba. Para ello dispone una entrada en continua para los paneles fotovoltaicos y una entrada en alterna para Red o grupos generadores, pudiendo funcionar simultánea o alternativamente. La gama de potencias de variadores es muy amplia, pudiendo encontrar desde 1 kW hasta 280 kW, pasando a continuación a los modelos industriales. La tensión nominal del variador limitará el voltaje en circuito abierto mínimo y máximo, en condiciones estándar, de los paneles fotovoltaicos en la tabla 1 se proporciona un ejemplo de esta afirmación [14].

Tabla 1. Valores de voltaje de campo solar al variador según tensión de salida del variador [14]

| Tensión Nominal Variador | Entrada DC de Paneles a Variador |
|--------------------------|----------------------------------|
| V (AC) | Voc (CC) |
| 230 | 345-385 |
| 400 | 740-780 |

Fuente: Revisada por el tesista

Estos sistemas que integran también el control, dentro de sus características tienen funciones específicas para cada modelo pero también cuentan con funciones generales como por ejemplo el PMP que es el seguimiento del punto de máxima potencia del generador solar el cual aprovecha la máxima potencia disponible en cada momento, el sistema llamado gestión del paso de nubes el cual hace frente a las variaciones de radiación que aparecen de manera brusca debido al paso de las nubes, evitando así que la bomba sufra paradas y arranques inoportunos o constantes, dañando así el sistema hidráulico del equipo, el control de presión es ayudado por un sensor externo y permite mantener la presión dentro de un intervalo específico sobre todo para sistemas de riego, la entrada auxiliar de AC lo cual otorga una alternativa de soporte a la de la generación por paneles, la detección de pozo seco lo que permite evitar que la bomba funcione en vacío y detección de nivel para poder por medio de sensores evitar que siga bombeando después de alcanzar un nivel específico [15].

2.2.6. Sistema de bombeo

El sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos. Para realizar el dimensionamiento del sistema de bombeo se consideran las necesidades de caudal de agua, es decir la cantidad de agua que se necesita en un día y la distancia del punto de acopio al punto en donde se requiere hacer llegar el fluido [13].

Para el diseño de sistemas de bombeo se debe tener en cuenta la potencia que se requiere por el conjunto motor – bomba el cual se calcula mediante la ecuación 2 [13].

$$P = \frac{\rho g Q h}{\eta} \quad (2)$$

Donde:

P: Potencia (W)

ρ : Densidad del agua (1 000 Kg/m³)

g : Gravedad (9,81 m/s²)

Q : Caudal (m³/s)

h : Altura hidráulica (m)

N : Eficiencia

La altura hidráulica también conocida como carga dinámica total que es la distancia desde el nivel estático del punto de entrega de agua hasta el punto de donde se requiere utilizar, dentro de este parámetro ingresan los factores de perdidas tanto por fricción como por accesorios en el recorrido de la tubería entre los dos puntos como se muestra en la ecuación 3 [13].

$$CDT = He + Hf + Hv \quad (3)$$

Donde:

CDT : Carga dinamita en la tubería (m)

He : Carga estática total (m)

Hf : Carga por fricción (m)

Hv : Carga de velocidad (m)

Cuando los puntos se encuentran a presión atmosférica es decir son recipientes abiertos a la atmosfera y despreciando la velocidad en el punto 1, la ecuación de Bernoulli para CDT queda como se muestra en la ecuación 4 [13].

$$CDT = (hd - hs) + H_{f1-2} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (4)$$

Donde:

hd : altura de descarga

hs : Altura de succión (m)

H_{f1-2} : Altura de descarga (m)

v_2 : Velocidad en el punto 2 (m/s)

g : Gravedad (9,81 m/s²)

La carga estática total viene dada por la diferencia o suma entre las alturas de succión y de descarga debido a que estas son referentes a un punto dentro del sistema que se está calculando así se tiene según la figura 3 los dos puntos en dos sistemas de referencias que podrían plantearse [13].

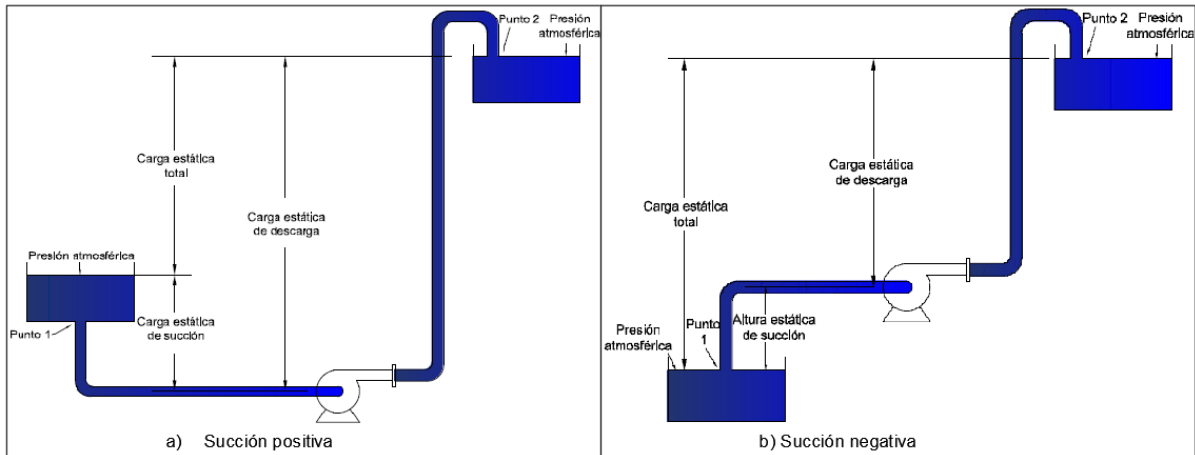


Figura 3. Esquema representativo de alturas de succión y descarga en dos sistemas de bombeo [13]

Fuente: Diseño de sistema de bombeo a base de energía solar para suministro de agua

Así la altura estática se determinaría según el sistema de bombeo si es que la bomba está por encima del punto de succión o punto 1 se consideraría la altura de succión positiva mientras que si está por debajo se consideraría la altura negativa y la altura estática total se daría por la ecuación 5 [13].

$$He = h_d - (\pm h_s) \quad (5)$$

Las pérdidas por fricción se dan de acuerdo al diámetro de la tubería se puede analizar por tramo de succión y de descarga y se determina utilizando la ecuación de Carcy Weisbach que se muestra en la ecuación 6 [13].

$$h_f = f \frac{L v^2}{d 2g} \quad (6)$$

Donde:

- h_f : Perdida de carga en tramos rectos de tubo (m)
 f : Coeficiente de rozamiento
 L : longitud total de tubería del mismo diámetro (m)
 v : velocidad promedio del fluido (m/s)

El factor de rozamiento se determina mediante la ecuación de Colebrook o de manera visual mediante el ábaco denominado Diagrama de Moody que se muestra en la figura 4 [16].

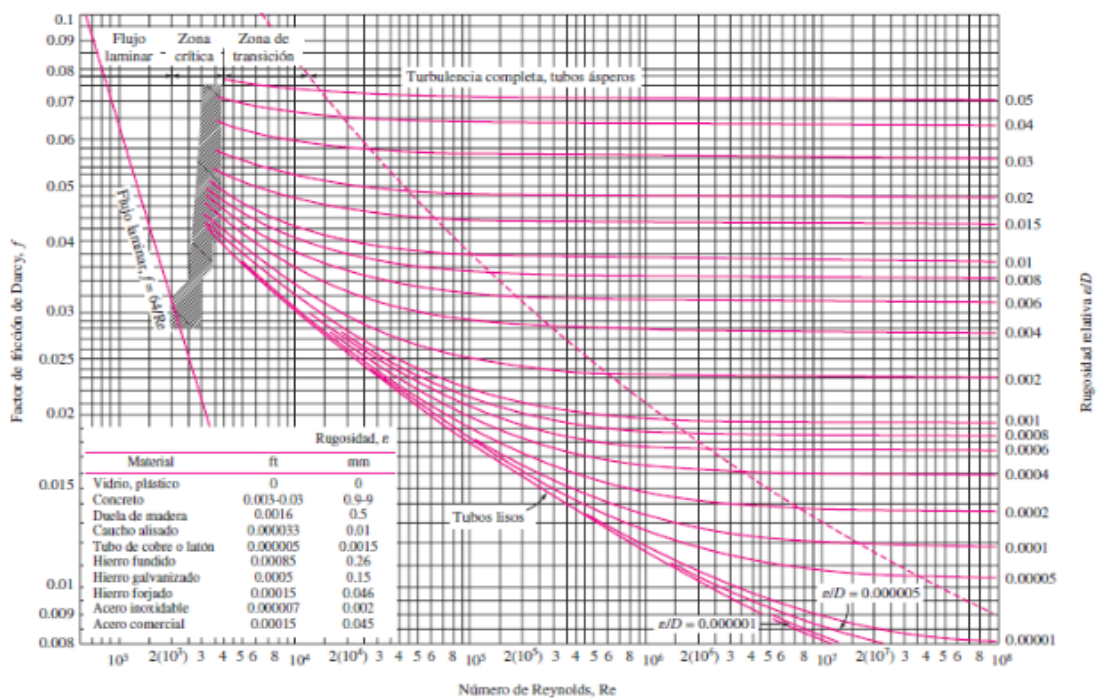


Figura 4. Diagrama de Moody [16]

Fuente: Y. Cengel y J. Cimbala, Mecanica de Fluidos, McGraw

Mientras que las pérdidas secundarias son las que se generan en los accesorios de las tuberías y generan una pérdida en reducción de la velocidad del fluido por lo que se determinan según la educación 7 [16].

$$h_f = k \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

Donde:

- hf : Pérdida de carga local del accesorio (m)
k : Coeficiente de resistencia del accesorio (adimensional)
g : Aceleración de la gravedad (m/s²)
v : Velocidad del fluido (m/s)

Los valores de “k” se encuentran detallados en manuales de fabricantes o en textos de teoría para los diferentes accesorios como codos, ampliaciones, reducción, Ts, válvulas compuerta, globo, mariposas, etc. La altura por de descarga o por fricción se determina según la ecuación 8 [16].

$$H_{f1-2} = h_{f-friccion} + h_{f-accesorios} \quad (8)$$

Así solo quedaría la carga por velocidad que se da según el cociente de la velocidad al cuadrado sobre dos veces la gravedad como se muestra en la ecuación 7 [16].

3. Metodología

3.1. Tipo y Nivel de investigación

3.1.1. Tipo

La investigación se planteó como una mediación aplicada ya que los resultados que se encontraron al final de la investigación podrían ser usado directamente para solucionar el problema de investigación que fueron los costos de riego en la parcela Parcela Gramadal y El Palmo del distrito de Oyotun.

3.1.2. Nivel

La tesis que se realizó fue una tesis no experimental en un nivel descriptivo desarrollando en ella una propuesta basada en las necesidades técnicas para un sistema de riego fotovoltaico.

3.2. Población, muestra y muestro

3.2.1 Población

La población según [17] es la cantidad de elementos que se tomaran para la investigación. La población referida para esta investigación fue:

- Horas de riego en la Parcela Gramadal y El Palmo del distrito de Oyotun.

3.2.2 Muestra

La muestra es la porción de la población que mantiene todas sus características. Para esta investigación la muestra se restringió en el tiempo:

- Horas de riego en la Parcela Gramadal y El Palmo del distrito de Oyotun en el año 2022.

3.2.3 Muestreo

El muestreo que se realizó en esta investigación fue un muestreo no probabilístico determinado por el investigadores, debido a las condiciones para recoger los datos.

3.3. Determinación de las variables

Variable independiente : Sistema de bombeo fotovoltaico

Variable dependiente : Gastos agrícola

Figura 5. Cuadro de operacionalización de variables

| Variable | Definición Conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | |
|-------------------------------|--|--|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Variable independiente | Sistema para el riego agrícola que utiliza energía solar fotovoltaica para funcionar | La variable se determinará mediante la medición los parámetros de radiación y de riego que son volumen de riego y caudal | Radiación solar | Energía por metro cuadrado | kWh/m ² |
| Sistema de riego fotovoltaico | | | Potencia | Kilo Watts pico | KWp |
| | | | Energía diaria | Kilowatt horas por metro cuadrado | kWh/dia |
| | | | Carga dinámica | Metros | m |
| | | | Caudal de bombeo | Metro cubico por segundo | m ³ /s |
| Variable | Definición Conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | |
| Variable dependiente | Gasto que requiere el riego para satisfacer la demanda de agua de una parcela | La variable se determinará mediante el indicador de gasto en el riego de la parcela | Gasto por agua | Soles por metro cubico | S/. / m ³ |
| Gasto de riego | | | Gasto en mantenimiento | Soles por mantenimiento general | S/. |
| | | | Gasto en operación de bomba | Soles operación en general | S/. |

3.4. Técnicas e instrumentos

Según lo menciona [18] las técnicas para recolección de datos es la forma en la cual va a recoger datos de manera confiable para una investigación mientras que los instrumentos son los formatos establecidos y validados para que se registre la información requerida para la investigación, en la tabla 2 se muestra la técnica e instrumento de recolección de datos utilizada en esta investigación.:

Tabla 2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

| Técnica | Instrumento | Objetivo |
|-------------------------------|---------------------------------|---|
| Análisis de documentos | Ficha de análisis de documentos | Utilizará para recoger datos registrados en los documentos dentro de la parcela que evidencia los costos de riego |

Fuente: Revisada por el tesista

3.5. Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó mediante estadística descriptiva basado en tendencias de medida central como la varianza y mediana. Se utilizo el programa Excel para la manipulación de los datos.

4. Resultados y dicucion

4.1. Resultados

4.1.1. Determinar las principales características del sistema de bombeo actual.

El área de estudio queda en ubicada en el distrito de Oyotun tiene un área de 4,7 hectáreas las cuales son destinadas para el cultivo de arroz se ubica entre las coordenadas $-6^{\circ}50'53''$ S y $-79^{\circ}18'59''$ W en la figura 6 se muestra el área de la parcela.



Figura 6. Parcela Gramadal y El Palmo en Oyotun

Fuente: Revisada por el tesista

En la parcela se siembra arroz con dos campañas por año, la primera fase en la inundación de todo el terreno para esto se utiliza el canal de regadío por horas el cual tiene un respectivo cobro a la Junta de regantes y en las áreas dónde por gravedad no puede llegar el agua se utiliza una motobomba, en la parcela en el año 2022 se ha tenido dos campañas de arroz para estas campañas se registró las horas de funcionamiento tanto de la apertura de la compuerta del canal de regadío cómo del uso de la motobomba las cuales se muestran en la tabla 3

Tabla 3 Horas de riego con motobomba

| Campana 1 | | | Campana 2 | | |
|-----------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|
| Días | Riego | | Días | Riego | |
| | Canal | Motobomba | | Canal | Motobomba |
| 0 | 18 | 9 | 0 | 17 | 8 |
| 7 | 8 | 4 | 7 | 8 | 4 |
| 14 | 6 | 6 | 14 | 9 | 6 |
| 21 | 9 | 4 | 21 | 6 | 5 |
| 28 | 6 | 4 | 28 | 6 | 6 |
| 35 | 5 | 6 | 35 | 8 | 5 |
| 42 | 8 | 6 | 42 | 8 | 5 |
| 49 | 5 | 6 | 49 | 9 | 4 |
| 56 | 7 | 4 | 56 | 9 | 6 |
| 63 | 6 | 6 | 63 | 5 | 5 |
| 70 | 6 | 6 | 70 | 8 | 4 |
| 77 | 6 | 6 | 77 | 5 | 4 |
| 84 | 9 | 4 | 84 | 5 | 4 |
| 91 | 9 | 5 | 91 | 8 | 5 |
| 98 | 8 | 4 | 98 | 5 | 6 |
| 105 | 8 | 4 | 105 | 6 | 6 |
| 112 | 6 | 3 | 112 | 5 | 2 |
| 120 | 8 | 1 | 120 | 7 | 1 |

Fuente: Revisada por el tesista

Como se aprecia en la tabla 3 el riego se ejecutó según lo que indicaron los dueños de la parcela el día cero que es el día que se inicia el riego para poder hacer la siembra de arroz la totalidad del terreno se inunda por completo dejando como ya se dijo el agua a una película de 6 cm, para este primer riego se utiliza casi un día completo y como se aprecia en la tabla la mayor cantidad de horas utilizadas es del canal de regadío mediante la compuerta, también se registra qué es el día en el que mayor tiempo si utilizó la bomba.

4.1.2. Determinar la demanda hídrica según el cultivo de elección en la parcela.

Según las indicaciones de los dueños de la parcela las cuatro hectáreas se riegan por inundación con una película de 6 cm de agua determinando el área de la parcela ir a altura de la película se establece el volumen de agua requerido para regar las 4.7 hectáreas de la parcela, en la tabla 4 se muestra el volumen de agua requerido para toda la parcela.

Tabla 4 Cantidad de volumen de agua requerida por riego en la parcela.

| Descripción | Cantidad | Unidad |
|-----------------|----------|----------------|
| Volumen de agua | 2 820 | m ³ |
| Lámina de agua | 6 | cm |
| | 0,06 | m |
| Área | 4,7 | Has |
| | 47 000 | m ² |

Fuente: Revisada por el tesista

Durante la siembra de arroz la primera fase en la inundación de todo el terreno para esto se utiliza el canal de regadío por horas el cual tiene un respectivo cobro a la Junta de regantes y en las áreas dónde por gravedad no puede llegar el agua se utiliza una motobomba, en la parcela en el año 2022 se ha tenido dos campañas de arroz para estas campañas se registró las horas de funcionamiento tanto de la apertura de la compuerta del canal de regadío cómo del uso de la motobomba las cuales se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Horas de riego con motobomba

| Días | Campaña 1 | | Días | Campaña 2 | |
|------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|
| | Canal | Motobomba | | Canal | Motobomba |
| 0 | 18 | 9 | 0 | 17 | 8 |
| 7 | 8 | 4 | 7 | 8 | 4 |
| 14 | 6 | 6 | 14 | 9 | 6 |
| 21 | 9 | 4 | 21 | 6 | 5 |
| 28 | 6 | 4 | 28 | 6 | 6 |

| | | | | | |
|-----|---|---|-----|---|---|
| 35 | 5 | 6 | 35 | 8 | 5 |
| 42 | 8 | 6 | 42 | 8 | 5 |
| 49 | 5 | 6 | 49 | 9 | 4 |
| 56 | 7 | 4 | 56 | 9 | 6 |
| 63 | 6 | 6 | 63 | 5 | 5 |
| 70 | 6 | 6 | 70 | 8 | 4 |
| 77 | 6 | 6 | 77 | 5 | 4 |
| 84 | 9 | 4 | 84 | 5 | 4 |
| 91 | 9 | 5 | 91 | 8 | 5 |
| 98 | 8 | 4 | 98 | 5 | 6 |
| 105 | 8 | 4 | 105 | 6 | 6 |
| 112 | 6 | 3 | 112 | 5 | 2 |
| 120 | 8 | 1 | 120 | 7 | 1 |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando el caudal de bombeo de la motobomba que aparece en su ficha técnica siendo esta una motobomba de marca Honda de 4" de diámetro de salida se establece en conjunto con las horas de riego por moto bomba en el día cero el volumen de agua que aportó la moto bomba al riego de las 4,7 hectáreas de arroz, los resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6 Cantidad de volumen aportado por la motobomba en cada una de las campañas en el día cero.

| Descripción | Cantidad | | Unidad |
|-------------|----------|-----|-------------------|
| Campaña | 1 | 2 | Campaña |
| Tiempo | 9 | 8 | h |
| Caudal | 96 | 96 | m ³ /h |
| Volumen | 864 | 768 | m ³ |

Fuente: Revisada por el tesista

Teniendo en cuenta la cantidad de agua en metros cúbicos que aportó la motobomba en cada una de las campañas para el día cero se determina un caudal del agua que aporta el canal de regadío por medio de la compuerta este caudal se muestra en la tabla 7

Tabla 7 Caudal aportado por la compuerta del canal de regadío

| Descripción | Cantidad | | Unidad |
|-------------|----------|--------|-------------------|
| Campaña | 1 | 2 | Campaña |
| Tiempo | 18 | 19 | h |
| Volumen | 1 956 | 2 052 | m ³ |
| Caudal | 108,67 | 108,00 | m ³ /h |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando los dos caudales cada 1 de su campaña se establece cuánto es el volumen que aporta tanto el canal de regadío por medio de la compuerta y la motobomba los resultados se muestran en las tabla y tabla 8 y 9.

Tabla 8 . Volumen en aportado por la compuerta del canal de regadío y la moto bomba para la campaña 1

| Días | Riego (h) | | Volumen (m3) | |
|------|-----------|-----------|--------------|-----------|
| | Canal | Motobomba | Canal | Motobomba |
| 0 | 18 | 9 | 1 956 | 864 |
| 7 | 8 | 4 | 869 | 384 |
| 14 | 6 | 6 | 652 | 576 |
| 21 | 9 | 4 | 978 | 384 |
| 28 | 6 | 4 | 652 | 384 |
| 35 | 5 | 6 | 543 | 576 |
| 42 | 8 | 6 | 869 | 576 |
| 49 | 5 | 6 | 543 | 576 |
| 56 | 7 | 4 | 761 | 384 |
| 63 | 6 | 6 | 652 | 576 |
| 70 | 6 | 6 | 652 | 576 |
| 77 | 6 | 6 | 652 | 576 |
| 84 | 9 | 4 | 978 | 384 |

| | | | | |
|-----|---|---|-----|-----|
| 91 | 9 | 5 | 978 | 480 |
| 98 | 8 | 4 | 869 | 384 |
| 105 | 8 | 4 | 869 | 384 |
| 112 | 6 | 3 | 652 | 288 |
| 120 | 8 | 1 | 869 | 96 |

Fuente: Revisada por el tesista

Tabla 9 Volumen aportado por la compuerta del canal de regadío y la moto bomba para la campaña 2

| Días | Riego (h) | | Volumen (m3) | |
|------|-----------|-----------|--------------|-----------|
| | Canal | Motobomba | Canal | Motobomba |
| 0 | 19 | 8 | 2 052 | 768 |
| 7 | 8 | 4 | 864 | 384 |
| 14 | 9 | 6 | 972 | 576 |
| 21 | 6 | 5 | 648 | 480 |
| 28 | 6 | 6 | 648 | 576 |
| 35 | 8 | 5 | 864 | 480 |
| 42 | 8 | 5 | 864 | 480 |
| 49 | 9 | 4 | 972 | 384 |
| 56 | 9 | 6 | 972 | 576 |
| 63 | 5 | 5 | 540 | 480 |
| 70 | 8 | 4 | 864 | 384 |
| 77 | 5 | 4 | 540 | 384 |
| 84 | 5 | 4 | 540 | 384 |
| 91 | 8 | 5 | 864 | 480 |
| 98 | 5 | 6 | 540 | 576 |
| 105 | 6 | 6 | 648 | 576 |
| 112 | 5 | 2 | 540 | 192 |
| 120 | 7 | 1 | 756 | 96 |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando los valores de las tablas se muestran los estadísticos volumen máximo volumen mínimo y volumen promedio en la tabla 10.

Tabla 10 Estadísticos para los volúmenes utilizados en cada campaña

| Estadístico | Campaña 1 | | Campaña 2 | | Unidad |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| | Canal | Motobomba | Canal | Motobomba | |
| Volumen máximo | 1 956 | 864 | 2 052 | 768 | m ³ |
| Volumen mínimo | 543 | 96 | 540 | 96 | m ³ |

Fuente: Revisada por el tesista

4.1.3. Sistema de bombeo fotovoltaico adecuado para abastecer de agua a la parcela.

La parcela tiene un área de 4,7 hectáreas las cuales son utilizadas para la siembra de arroz el punto de ingreso de agua debe ser punto más alto de la parcela en consideración desde ingreso de agua en la figura 7 se muestra la poligonal de la parcela y en la tabla 11 los puntos en coordenadas cartesianas en grados y alturas con referencia al nivel del mar.

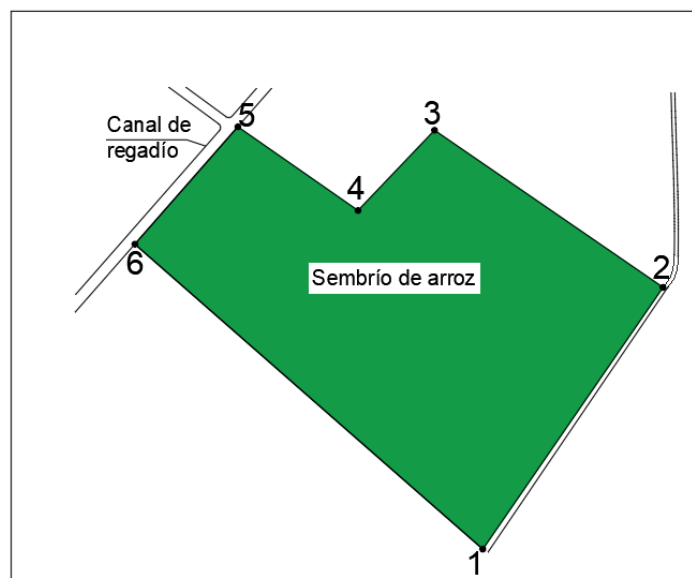


Figura 7. Poligonal de la parcela

Fuente: Revisada por el tesista

Tabla 11 Puntos de la poligonal de la parcela

| Puntos | Latitud | Longitud | Altura msnm |
|--------|----------|-----------|----------------|
| 1 | 686079.2 | 9242572.1 | 179 |
| 2 | 686191.4 | 9242745.3 | 182 |
| 3 | 685993.9 | 9242846.7 | 182 |
| 4 | 685993.7 | 9242789.2 | 182 |
| 5 | 685918.8 | 9242849.1 | 182 |
| 6 | 685850 | 9242773.1 | 180 |

Fuente: Revisada por el tesista

Los puntos más elevados en la parcela son aquellos que se encuentran a 182 msnm, considerando que la motobomba que se usa actualmente para suministrar agua a la parcela en las zonas donde no llega el riego por medio de la apertura de la compuerta del canal de regadío, es el punto 3 es aquí donde se establece el punto de salida para el sistema de bombeo fotovoltaico.

4.1.4. Selección de la bomba

Primero se establece el caudal de bombeo el cual depende del volumen a regar durante las horas de riego, las horas de riego se establecen para un sistema fotovoltaico según las horas solares pico mínimas que se pueden tener en el año. En la tabla 12 se muestra la radiación solar para las coordenadas de la parcela.

Tabla 12 Radiación solar fotovoltaica para las coordenadas de la parcela

| Mes | Radiación kWh/ m ² |
|-----------|----------------------------------|
| Enero | 4,8 |
| Febrero | 4,55 |
| Marzo | 4,6 |
| Abril | 4,9 |
| Mayo | 4,81 |
| Junio | 4,59 |
| Julio | 4,83 |
| Agosto | 5,25 |
| Setiembre | 5,63 |
| Octubre | 5,78 |
| Noviembre | 5,88 |
| Diciembre | 5,35 |

Fuente: Revisada por el tesista

Las horas solares pico se calculan según la radiación mínima de la zona y la irradiancia estándar para los paneles fotovoltaicos el cual es de 1000 W/m², la relación se muestra en la siguiente ecuación.

$$HSP = \frac{G}{I}$$

Donde:

HSP : Horas solares pico

G : Radiación de la zona

I : Irradiancia estándar del panel fotovoltaico.

En la tabla 13 se muestra las horas solares pico según la posición de la parcela considerando la radiación mínima que se presenta durante el año 2022.

Tabla 13 Horas solares pico mínima según la ubicación de la parcela

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|-----------|----------|--------------------|
| HSP | 4,55 | h |
| G | 4,55 | kWh/m ² |
| I | 1 000 | W/m ² |

Fuente: Revisada por el tesista

Para determinar el volumen analizado la tabla 8 en la cual se establece que el día cero existe un volumen tan grande que debió sacarse que debió sacarse del análisis para determinar el volumen diario máximo que debería generar el riego gracias al sistema fotovoltaico. En la tabla 14 se muestra los datos utilizados para el análisis donde se ha excluido el volumen utilizado en el día cero.

Tabla 14 Volumen diario analizado para determina el volumen del riego por el sistema fotovoltaico

| Día | Campaña 1 | | | Campaña 2 | | |
|-----|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|
| | Canal | Motobomba | Total | Canal | Motobomba | Total |
| 7 | 869 | 384 | 1 253 | 864 | 384 | 1 248 |
| 14 | 652 | 576 | 1 228 | 972 | 576 | 1 548 |
| 21 | 978 | 384 | 1 362 | 648 | 480 | 1 128 |
| 28 | 652 | 384 | 1 036 | 648 | 576 | 1 224 |
| 35 | 543 | 576 | 1 119 | 864 | 480 | 1 344 |
| 42 | 869 | 576 | 1 445 | 864 | 480 | 1 344 |
| 49 | 543 | 576 | 1 119 | 972 | 384 | 1 356 |
| 56 | 761 | 384 | 1 145 | 972 | 576 | 1 548 |
| 63 | 652 | 576 | 1 228 | 540 | 480 | 1 020 |
| 70 | 652 | 576 | 1 228 | 864 | 384 | 1 248 |
| 77 | 652 | 576 | 1 228 | 540 | 384 | 924 |
| 84 | 978 | 384 | 1 362 | 540 | 384 | 924 |
| 91 | 978 | 480 | 1 458 | 864 | 480 | 1 344 |
| 98 | 869 | 384 | 1 253 | 540 | 576 | 1 116 |
| 105 | 869 | 384 | 1 253 | 648 | 576 | 1 224 |
| 112 | 652 | 288 | 940 | 540 | 192 | 732 |
| 120 | 869 | 96 | 965 | 756 | 96 | 852 |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando los datos de la tabla 14 se analiza por campaña el volumen utilizado diario para establecer cuál es el máximo, el volumen diario máximo utilizados por cada campaña se muestran en la tabla 15.

Tabla 15 Volumen máximo diario para riego

| Campaña | Cantidad | Volumen |
|---------|----------|----------------|
| 1 | 1 458 | m ³ |
| 2 | 1 548 | m ³ |

Fuente: Revisada por el tesista

En la tabla 15 se muestran los volúmenes máximos utilizados en la campaña 1 y en la campaña dos excluyendo el volumen en el día cero, considerando el volumen más crítico como el mayor se establece o se utiliza un volumen diario para el cálculo de 1 548 m³. En la tabla 16 se muestra el caudal requerido considerando las HSP y el volumen máximo requerido para el riego.

Tabla 16 Caudal requerido por el sistema fotovoltaico

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|----------------|----------|-------------------|
| HSP | 4,55 | h |
| Volumen diario | 1 548,00 | m ³ |
| Caudal | 340,22 | m ³ /h |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando la velocidad a la que debe viajar el fluido dentro de una tubería cerrada para no generar sedimentación o corrosión dentro de ellas según [16] las velocidades mínimas y máximas dentro de un conducto cerrado deber ser las mostradas en la tabla 17.

Tabla 17 Velocidades dentro una tubería cerrada

| Velocidad | Cantidad | Unidad |
|-----------|----------|--------|
| Máxima | 5 | m/s |
| Mínima | 0,3 | m/s |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando ambas velocidades y el caudal requerido para el riego se establece el diámetro que requiere cada velocidad para que estas cumplan con las condiciones de la tabla 18 el cálculo se realiza según la ecuación.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

Tabla 18 Diámetro según velocidades establecidas

| Parámetro | Mínimo | Máximo | Unidad |
|-----------|--------|--------|-------------------|
| D | 0,155 | 0,633 | m |
| Q | 340,22 | 340,22 | m ³ /h |
| | 0,09 | 0,09 | m ³ /s |
| v | 5 | 0,3 | m/s |

Fuente: Revisada por el tesista

Para poder mantener la velocidad de fluido dentro de los parámetros establecidos por la tabla 15 se selecciona un diámetro comercial de tubería que sea superior al diámetro teórico establecido para velocidad máxima y debe ser inferior al diámetro teórico establecido por la velocidad mínima y con este diámetro

seleccionado se calcula la velocidad real de fluido y se sustenta que este debe estar dentro del intervalo de velocidades de latas este resultado se muestra en la tabla 19.

Tabla 19 Velocidad real según diámetro comercial

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|-----------|----------|-------------------|
| v | 4,70 | m/s |
| Q | 340,22 | m ³ /h |
| | 0,09 | m ³ /s |
| D | 0,16 | m |

Fuente: Revisada por el tesista

Para la selección de a bomba se requiere tanto el caudal como la altura requerida por el sistema para lograr mover el fluido de un punto a otro esta altura se calcula mediante la ecuación.

$$H_{TE} = \frac{p_B - p_A}{\rho g} + Z + h_T + \frac{v_t^2}{2g}$$

Donde:

H_{TE} : Altura energética

p : Presión

ρ : Densidad del agua

g : Gravedad

Z : Altura geodésica

h_T : Perdidas de carga total

v_t : Velocidad

La presión debido a que están los en el punto de entrada y punto de salida del sistema de riego fotovoltaico están a presión ambiente la presión se toma como 0 por lo que el primer término de la igualdad se vuelve cero en la figura 8 se muestra los puntos de entrada y salida del sistema.

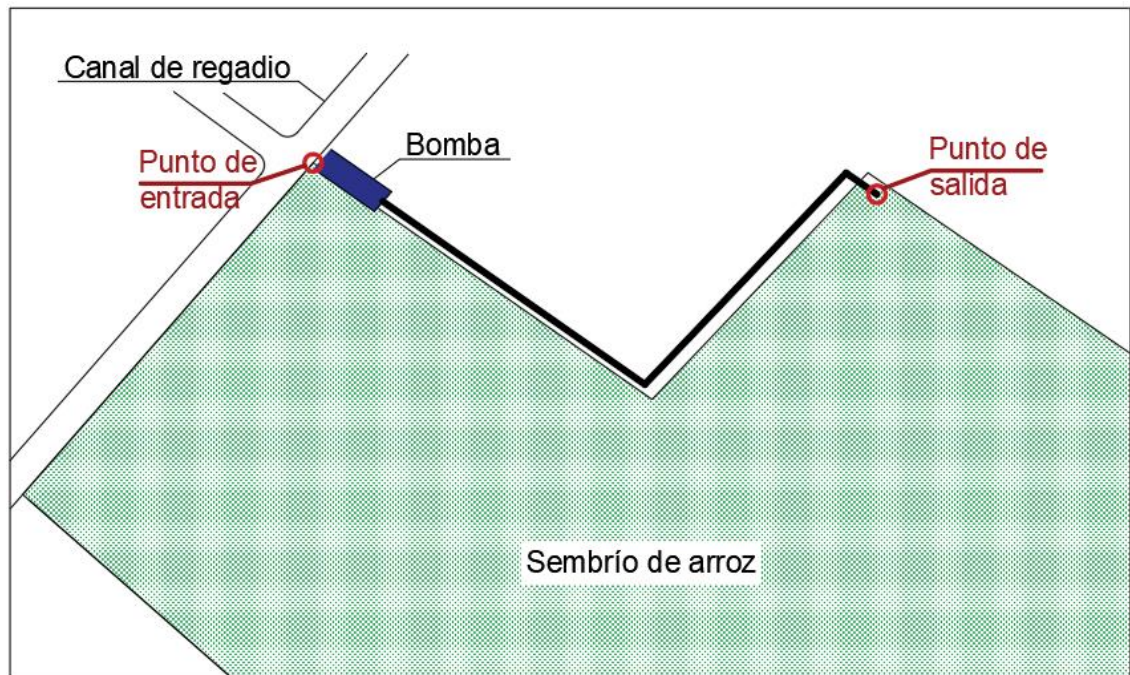


Figura 8 Puntos de inicio y salida del fluido para el riego

Fuente: Revisada por el tesista

La altura geodésica necesaria que se va a levantar el fluido en el punto de entrada es de 179 msnm mientras que la salida como se mencionó con anterioridad se encuentra a 182 msnm. La diferencia de estas alturas se muestra en la figura 9.

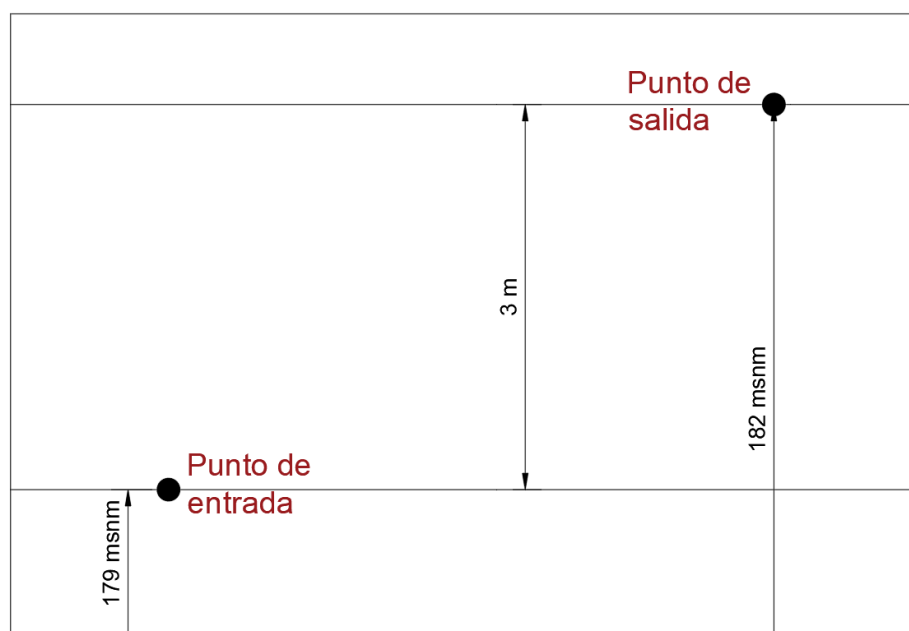


Figura 9 Diferencia de alturas entre puntos de entrada y salida

Fuente: Revisada por el tesista

Las pérdidas de altura se establecen como perdidas primarias y perdidas secundarias se desarrollan en el anexo 02 y se muestran los resultados en la tabla 19.

Tabla 20 Perdidas primarias y secundarias en la instalación

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|---------------------------|-----------------|---------------|
| Perdidas primarias (hr) | 14,94 | m |
| Perdidas secundarias (hl) | 9,12 | m |
| Pérdidas totales (hT) | 24,07 | m |

Fuente: Revisada por el tesista

Al tener todos los parámetros para el cálculo de las pérdidas del sistema se calcula mostrando los resultados en la tabla 21.

Tabla 21 Altura de pérdidas para selección de la bomba

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|------------------|-----------------|---------------|
| H_{TE} | 28,59 | m |
| p | 0 | Pa |
| ρ | 1 000 | kg/m^3 |
| g | 9,81 | m/s^2 |
| Z | 3,4 | m |
| h_T | 24,07 | m |
| v_t | 4,70 | m/s |

Fuente: Revisada por el tesista

La altura de pérdida de la instalación y el caudal requerido por el riego se presentan en la tabla 22.

Tabla 22 Parámetro de selección de la bomba

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|------------------|-----------------|---------------|
| Q | 340,22 | m^3/h |
| H_{TE} | 28,59 | m |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando estos parámetros se establece en los modelos de bomba centrífuga de riego ISO 2858 de marca Hidrostall de 1 800 rpm en la figura 10 se buscan los modelos que satisfacen estos parámetros.

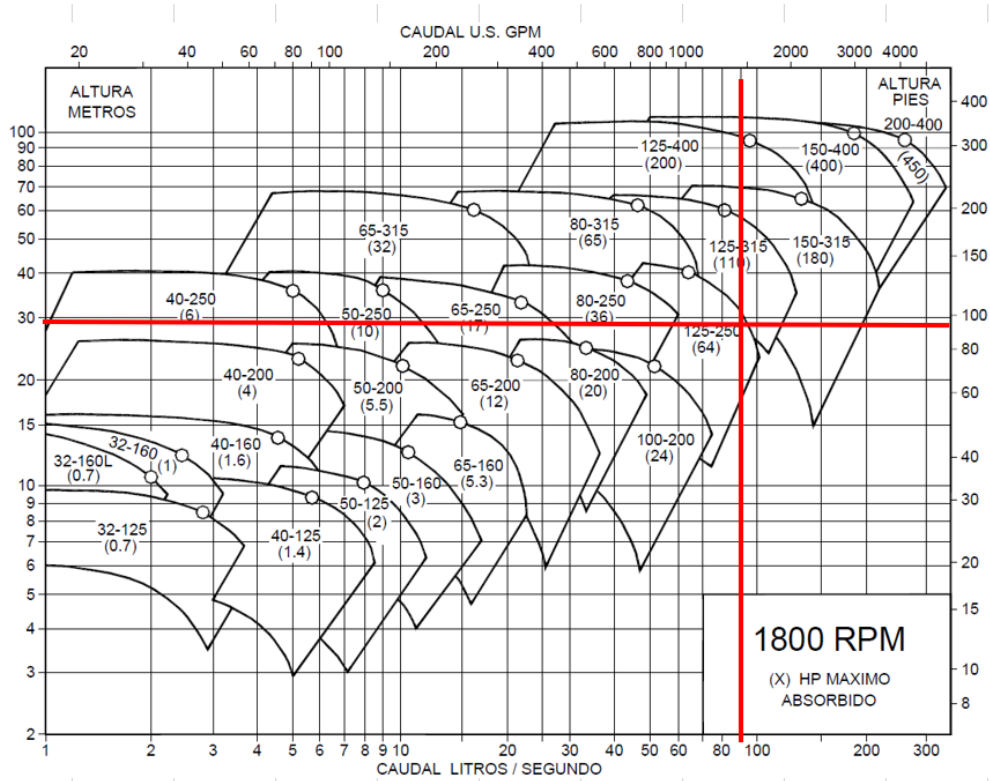


Figura 10 Curvas de selección para familias de bomba Hidrostart ISO 2858

Fuente: Hidrostart ISO 2858

La familia de bombas de mejores características para satisfacer los parámetros de selección son de la familia 125-315, en la figura 11 se muestran los parámetros de selección sobre las curvas de las bombas 125-315.

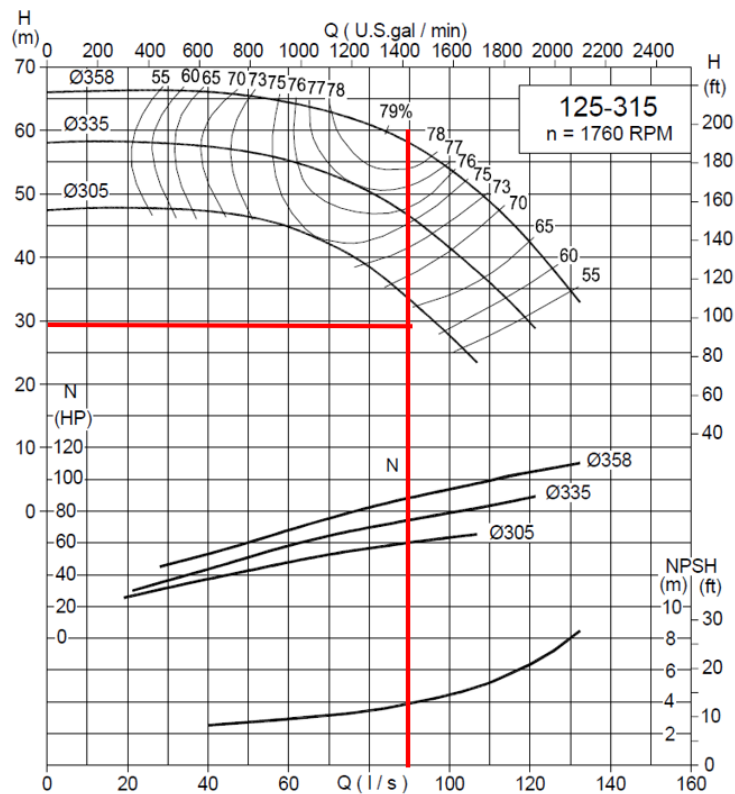


Figura 11 Curvas de la familia 125-315 considerando los parámetros de selección

Fuente: Hidrostall ISO 2858

Se selecciona la bomba 125-315 de 305, con una potencia de 60 hp, se determina la potencia hidráulica mediante la ecuación.

$$Pot = Q\rho gH_{TE}$$

Donde:

- Pot : Potencia del bombeo requerido
- Q : Caudal
- ρ : Densidad
- g : Gravedad
- H_{TE} : Altura energética

Transformando los 60 HP de la bomba en kilowatts y considerando los parámetros de caudal y altura de pérdida del cálculo del sistema de bombeo en la tabla 23 se muestran los resultados de la potencia hidráulica.

Tabla 23 Potencia hidráulica requerida.

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|-----------|-----------|-------------------|
| Pot | 26 507,48 | kW |
| Q | 0,095 | m ³ /s |
| ρ | 1 000 | kg/m ³ |
| g | 9,81 | m/s ² |
| HTE | 28,59 | m |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando la potencia que requiere el sistema establecido como potencia hidráulica que se muestre la tabla 24 y la potencia real que requiere la bomba se termina la eficiencia de la bomba mediante la relación de potencia hidráulica y potencia real dichos resultados de muestra la tabla 23.

Tabla 24 Eficiencia de bombeo

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|---------------|-----------|--------|
| η_{hidr} | 59% | % |
| Pot | 26 507,48 | W |
| Pot real | 44 742 | W |

Fuente: Revisada por el tesista

4.1.5. Componentes fotovoltaicos

El primer componente solar que se selecciona es el controlador de bombeo este es un dispositivo utilizado para poder evitar el pico de arranque de los motores en el sistema de bombeo fotovoltaico su selección establece únicamente que sea de acuerdo a la potencia del motor con el que va a trabajar en este caso el 60 HP por lo que se selecciona el controlador de bombeo cuyas características se muestran en la tabla 25.

Tabla 25 Características del controlador de bombeo de 60 HP GD100-045G-4-PV

| Parámetro | Unidad | Tetrapolar |
|---|--------|----------------------------------|
| AC voltaje de entrada | V | 380(-15%)- 440(10%)- (1HP) |
| Voltaje máximo DC | V | 800 |
| Voltaje de arranque | V | 300 |
| Voltaje de trabajo más bajo | V | 250 |
| Rango de voltaje de entrada de DC recomendado | V | 300-750 |
| Voltaje MPP Recomendado | V | 550 |

Fuente: Revisada por el tesista

Se selecciona el panel considerando las condiciones del proveedor con el único criterio aceptar el panel de mayor potencia que tiene dicho proveedor este panel es el de 545 Wp cuyas características principales se muestran en la tabla 26.

Tabla 26 Características del panel JAM72S30 545Wp

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|------------------------------|----------|--------|
| Potencia máxima | 545 | Wp |
| Voltaje en circuito abierto | 49,75 | V |
| Voltaje a máxima potencia | 41,8 | V |
| Corriente en corto circuito | 13,93 | A |
| Corriente en máxima potencia | 13,04 | A |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando que las características del controlador de bombeo el rango de voltaje de entrada del campo solar debe estar entre 300 y 750 V en la tabla 27 se muestran los posibles arreglos de paneles en serie que cumplan con este requerimiento.

Tabla 27 Paneles en serie que ingresen en el intervalo de 300 a 750 V

| Serie | Voltaje (V) |
|-------|-------------|
| 8 | 334,4 |
| 9 | 376,2 |
| 10 | 418 |
| 11 | 459,8 |
| 12 | 501,6 |
| 13 | 543,4 |
| 14 | 585,2 |
| 15 | 627 |
| 16 | 668,8 |

| | |
|----|-------|
| 17 | 710,6 |
| 18 | 752,4 |

Fuente: Revisada por el tesista

Se termina la potencia del campo solar considerando parámetros del sistema de riego cómo lo son volumen caudal y altura de pérdidas la potencia del campo solar se calcula según [19], con la siguiente ecuación.

$$P_p = \frac{2.7 V H_{TE}}{\eta_{mb} F_m F_t HSP}$$

Donde:

- P_p : Potencia del campo solar
 V : Volumen de agua requerido
 H_{TE} : Perdida de carga total
 η_{mb} : Eficiencia de la bomba
 F_m : Factor de temperatura
 F_t : Factor del clima
 HSP : Horas solares pico

Según [19], el factor por temperatura es un factor un poco más complejo, pero se puede utilizar según la literatura 0,9 para bombas centrífugas y 0,8 para otro tipo de bombas, las bombas sumergibles pertenecen al grupo de bombas centrífugas por lo que se utilizó 0,9, el factor del clima se da considerando para climas cálidos 0,8 y para climas fríos 0,9 siendo la zona de clima cálido se utilizó 0,8. Teniendo ya todos los parámetros para determinar la potencia del campo solar los resultados se muestran en la tabla 28.

Tabla 28 Potencia del campo solar para el sistema de riego requerido

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|-----------|----------|----------------|
| P_p | 69 268 | W |
| V | 1 548,00 | m ³ |
| H_{TE} | 28,59 | m |

| | | |
|-------------|------|---|
| η_{mb} | 59% | % |
| F_m | 0,8 | |
| F_t | 0,8 | |
| HSP | 4,55 | h |

Fuente: Revisada por el tesista

Teniendo la potencia total del campo solar se determinan los paneles en paralelo considerando cada arreglo en serie según la ecuación siguiente.

$$N_{p,pl} = \frac{P_p}{N_{p,s} P_{pn}}$$

Donde:

- $N_{p,pl}$: Paneles en paralelo
 P_p : Potencia del campo solar
 $N_{p,s}$: Paneles en serie
 P_{pn} : Potencia del panel

Considerando cada arreglo en serie se establece la cantidad de paneles en paralelo según la potencia que debe tener el campo solar en la tabla 29 se muestran los paneles en paralelo tanto teórico cómo reales.

| Serie | Paneles en paralelo | |
|-------|---------------------|-------|
| | Teórico | Real |
| 8 | 15,89 | 16,00 |
| 9 | 14,12 | 15,00 |
| 10 | 12,71 | 13,00 |
| 11 | 11,55 | 12,00 |
| 12 | 10,59 | 11,00 |
| 13 | 9,78 | 10,00 |
| 14 | 9,08 | 10,00 |
| 15 | 8,47 | 9,00 |
| 16 | 7,94 | 8,00 |
| 17 | 7,48 | 8,00 |
| 18 | 7,06 | 8,00 |

Fuente: Revisada por el tesista

En la tabla 29 se muestran los arreglos reales debido a que los paneles no se pueden dividir por lo que se consideró la cantidad entera superior para tener un arreglo de paneles en paralelo completo, teniendo la configuración serie paralelo de cada combinación, se determina el arreglo total que se muestra en la tabla 30.

Tabla 30 Arreglos de paneles considerando serie paralelo

| Serie | Paneles en paralelo Real | Total |
|-------|-----------------------------|-------|
| 8 | 16,00 | 128 |
| 9 | 15,00 | 135 |
| 10 | 13,00 | 130 |
| 11 | 12,00 | 132 |
| 12 | 11,00 | 132 |
| 13 | 10,00 | 130 |
| 14 | 10,00 | 140 |
| 15 | 9,00 | 135 |
| 16 | 8,00 | 128 |
| 17 | 8,00 | 136 |
| 18 | 8,00 | 144 |

Fuente: Revisada por el tesista

La configuración que se toma es la que involucra menos paneles siendo la de 8 x 16 teniendo un total de 128 paneles de 545 Wp. Se toma como consecuencia en el anexo 03 se muestra el arreglo de los paneles.

4.1.6. Evaluar económicamente el diseño del sistema de riego.

Para realizar la evaluación económica se establece el presupuesto del suministro de materiales, considerando los equipos y materiales, que se requieren en la instalación. En la tabla 31 se muestra el presupuesto de materiales e instalación.

Tabla 31 Presupuesto de materiales e instalación

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNID. | CANT. | PRECIO UNIT. | TOTAL |
|-------------|---|-------|-------|--------------|----------------------|
| 1.00 | <u>Materiales</u> | | | | |
| 1.01 | Panel JAM72S30 545Wp | u | 128 | S/ 885,00 | S/ 113 280,00 |
| 1.02 | Controlador de bombeo GD100-045-G-4-PV | u | 1 | S/ 7 725,00 | S/ 7 725,00 |
| 1.03 | Bomba Hidrostral ISO 2858/125-315 con motor 60 hp | u | 1 | S/ 26 780,00 | S/ 26 780,00 |
| 1.04 | Cable NH-80 - 16 mm ² | u | 250 | S/ 14,50 | S/ 3 625,00 |
| 1.05 | Soporte con perfil de aluminio 2" x 1" | u | 4 | S/ 2 800,00 | S/ 11 200,00 |
| 1.06 | Tubería de F°G° de 160 mm | m | 25 | S/ 280,00 | S/ 7 078,40 |
| 1.07 | Codos embriados de F°G° de 160 mm | u | 4 | S/ 25,00 | S/ 100,00 |
| 1.08 | Válvula de pie embriada F°G° 160 mm | u | 1 | S/ 260,00 | S/ 260,00 |
| | SUB-TOTAL 1: | | | | S/ 170,048.40 |
| 2.00 | <u>Instalación</u> | | | | |
| 2.01 | Nivelación del terreno | m2 | 460 | S/ 8,00 | S/ 3 680,00 |
| 2.02 | Instalación de bomba con motor | u | 1 | S/ 750,00 | S/ 750,00 |
| 2.03 | Instalación de paneles | u | 128 | S/ 22,00 | S/ 2 816,00 |
| 2.04 | Instalación de soportes | u | 4 | S/ 1 200,00 | S/ 4 800,00 |
| 2.05 | Instalación de controlador de bombeo | u | 1 | S/ 750,00 | S/ 750,00 |
| 2.06 | Instalación de cables | m | 250 | S/ 6,50 | S/ 1 625,00 |
| | SUB-TOTAL 2: | | | | S/ 14 421,00 |
| | TOTAL | | | | S/ 184 469,40 |

Fuente: Revisada por el tesista

El mantenimiento que se brindará será solamente al equipo motor para el mantenimiento del sistema como se muestra en la tabla 32.

Tabla 32 Costo de mantenimiento

| Descripción | Cantidad |
|-----------------------------------|-------------|
| Mantenimiento electrobomba | S/ 750,00 |
| Cantidad de mantenimientos al año | 2 |
| Costo del mantenimiento anual | S/ 1 500,00 |

Fuente: Revisada por el tesista

Para evaluar la inversión económicamente se requiere el ingreso de dinero que se efectúa por el ahorro en el gasto de riego, la primera condición de ahorro es el costo de riego según las horas de riego, en la tabla 33 se muestran las horas de riego en las campañas en el año 2022.

Tabla 33 Horas de riego por campaña

| Días | Campaña 1 | | | Campaña 2 | | |
|------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|
| | Riego (h) | | | Riego (h) | | |
| | Canal | Motobomba | Total | Canal | Motobomba | Total |
| 0 | 18 | 9 | 27 | 19 | 8 | 27 |
| 7 | 8 | 4 | 12 | 8 | 4 | 12 |
| 14 | 6 | 6 | 12 | 9 | 6 | 15 |
| 21 | 9 | 4 | 13 | 6 | 5 | 11 |
| 28 | 6 | 4 | 10 | 6 | 6 | 12 |
| 35 | 5 | 6 | 11 | 8 | 5 | 13 |
| 42 | 8 | 6 | 14 | 8 | 5 | 13 |
| 49 | 5 | 6 | 11 | 9 | 4 | 13 |
| 56 | 7 | 4 | 11 | 9 | 6 | 15 |
| 63 | 6 | 6 | 12 | 5 | 5 | 10 |
| 70 | 6 | 6 | 12 | 8 | 4 | 12 |
| 77 | 6 | 6 | 12 | 5 | 4 | 9 |
| 84 | 9 | 4 | 13 | 5 | 4 | 9 |
| 91 | 9 | 5 | 14 | 8 | 5 | 13 |
| 98 | 8 | 4 | 12 | 5 | 6 | 11 |
| 105 | 8 | 4 | 12 | 6 | 6 | 12 |
| 112 | 6 | 3 | 9 | 5 | 2 | 7 |
| 120 | 8 | 1 | 9 | 7 | 1 | 8 |

Fuente: Revisada por el tesista

En las campañas se utilizaron en total 199 y 195 para la campaña 1 y campaña 2 respectivamente, teniendo en consideración que el costo de hora de agua es de S/ 8,00 se tiene el gasto en el año 2022 mostrado en la tabla 34.

Tabla 34 Gasto de riego por año

| Descripción | Cantidad |
|---------------------------|-------------|
| Tiempo de riego campaña 1 | 199 |
| Tiempo de riego campaña 2 | 195 |
| Costo | S/ 10,00 |
| Costo total | S/ 4 310,00 |

Fuente: Revisada por el tesista

Analizando el volumen de riego para ambas campañas y considerando el caudal de bombeo con el cual se diseñó el sistema de riego fotovoltaico se establece con los totales de volumen requerido para ambas campañas y el costo de obra de riego en la parcela el costo total que se paga por agua al utilizar el sistema de riego diseñado los resultados se muestran en la tabla 35.

Tabla 35 Costos de riego por agua con sistema de riego fotovoltaico

| Descripción | Cantidad |
|-------------------------|-------------|
| Volumen riego campaña 1 | 22 479 |
| Volumen riego campaña 2 | 22 092 |
| Caudal de bomba | 340,22 |
| Tiempo de bombeo | 131 |
| Costo | S/ 10,00 |
| Costo total | S/ 1 310,06 |

Fuente: Revisada por el tesista

Realizando el comparativo entre las tablas 34 y 35 se establece la utilidad por ahorro de horas de riego considerando el uso del sistema de riego fotovoltaico, en la tabla 36 se muestra el ahorro obtenido por este criterio.

Tabla 36 Ahorro por reducción de horas de uso del canal de regadío

| Descripción | Cantidad |
|---------------------------|-------------|
| Costo de riego actual | S/ 4 310,00 |
| Costo de riego proyectado | S/ 1 310,06 |
| Ahorro | S/ 2 999,94 |

Fuente: Revisada por el tesista

La otra condición de ahorro es por el uso de la motobomba debido al consumo que tiene esta al ser usada para el riego en este caso existen dos gastos que incluye el uso de la motobomba el primero el gasto de operatividad que se relaciona al consumo de combustible que requiere para el para realizar tu trabajo y el segundo gasto es el de mantenimiento y transporte que se realiza al año para que la motobomba esté operativa el primer gasto el consumo de combustible se muestra en la tabla 37.

Tabla 37 Costo de consumo de combustible por motobomba en riego actual

| Descripción | Cantidad |
|---------------------------------|-------------|
| Horas de uso campaña 1 (h) | 87 |
| Horas de uso campaña 2 (h) | 85 |
| Consumo por hora (gal/h) | 0,898185 |
| Costo de combustible (S/. /gal) | S/ 21,00 |
| Costo de combustible usado | S/ 3 244,24 |

Fuente: Revisada por el tesista

El otro gasto que se ahorra al no usar la motobomba es el gasto de mantenimiento que lleva esta según lo indicado por el dueño de la parcela este gasto se ha tenido 3 veces al año cómo lo muestran en la tabla 38.

Tabla 38 Gasto por mantenimiento de la motobomba

| Descripción | Cantidad |
|-----------------------------------|-------------|
| Mantenimiento motobomba | S/ 400,00 |
| Cantidad de mantenimientos al año | 3 |
| Costo del mantenimiento anual | S/ 1 200,00 |

Fuente: Revisada por el tesista

Teniendo en consideración los ingresos del proyecto que son tomados de los ahorros que generara se determina la utilidad total mostrada en la tabla 39.

Tabla 39 Utilidad total de la suma de los aportes del proyecto

| Descripción | Cantidad |
|--------------------------------------|-------------|
| Ahorro en horas de riego | S/ 2 999,94 |
| Ahorro en combustible usado | S/ 3 244,24 |
| Ahorro en mantenimiento de motobomba | S/ 1 200,00 |
| Ahorro total | S/ 7 444,19 |

Fuente: Revisada por el tesista

El proyecto se analizó bajo estos ingresos y egresos considerando una tasa de interés del 10% y un tiempo de vida del proyecto de 20 años, con una reinversión al año 10 del componente electrónico que en este caso sería el controlador de bombeo ya que así lo plantea [20], al realizar este análisis los evaluadores económicos TIR y VAN resultan negativos.

El Ministerio de Agricultura con su Programa de Compensaciones para la Competitividad (PCC) ayuda a los pequeños agricultores con parte de la inversión inicial este programa en el artículo 21, sección 21.2 de su reglamento menciona: “El porcentaje de cofinanciamiento del monto de inversión aprobado por parte del PCC varía entre sesenta por ciento (60%) y ochenta por ciento (80%)”, considerando este programa solo se requerirá del 76% para que el proyecto se considere viable, en la tabla 40 se muestra el monto requerido por el programa para que el proyecto se considere viable.

| Descripción | Cantidad |
|--|---------------|
| Inversión inicial | S/ 184 469,40 |
| Aporte del PCC de la inversión inicial | 76% |
| | S/ 140 196,74 |
| Inversión inicial restante | S/ 44 272,66 |

Fuente: Revisada por el tesista

Como se muestra en la tabla 40 el 76% de la inversión inicial es de S/. 140 196,74 dejando con aporte inicial neto del proyecto un monto de S/. 44 272,66 considerando todas estas condiciones de aporte y gastos se establece el flujo de caja mostrado en la tabla 41.

| Año | Inversión | Mantenimiento | Ahorro (utilidad) | Balance de caja |
|-----|--------------|---------------|-------------------|-----------------|
| 0 | S/ 44 272,66 | | | -S/ 44 272,66 |
| 1 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5 944,19 |
| 2 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 3 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 4 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 5 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 6 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 7 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 8 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 9 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 10 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 11 | S/ 8 475,00 | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | -S/ 2,530.81 |
| 12 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 13 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |
| 14 | | S/ 1 500,00 | S/ 7 444,19 | S/ 5,944.19 |

| | | | | | | |
|----|----|----------|----|----------|----|----------|
| 15 | S/ | 1 500,00 | S/ | 7 444,19 | S/ | 5,944.19 |
| 16 | S/ | 1 500,00 | S/ | 7 444,19 | S/ | 5,944.19 |
| 17 | S/ | 1 500,00 | S/ | 7 444,19 | S/ | 5,944.19 |
| 18 | S/ | 1 500,00 | S/ | 7 444,19 | S/ | 5,944.19 |
| 19 | S/ | 1 500,00 | S/ | 7 444,19 | S/ | 5,944.19 |
| 20 | S/ | 1 500,00 | S/ | 7 444,19 | S/ | 5,944.19 |

Fuente: Revisada por el tesista

Considerando este flujo de caja se calculan los indicadores económicos cuyos resultados se muestran en la tabla 42.

| Evaluador | Cantidad |
|-----------|-------------|
| VAN | S/ 3 363,14 |
| TIR | 11% |

Fuente: Revisada por el tesista

4.1.7. Determinar los factores relacionantes entre el sistema de bombeo actual y el solar

a) Comparación económica

El costo de riego actual se rige como se explicó en el sub-título 4.4 por las horas de riego que se toman del canal considerando estas horas de riego cuantificadas en su aspecto económico al saber que cada hora de riego cuesta S/. 10,00 determinan un ahorro por parte del sistema fotovoltaico como se muestra en la tabla 43.

| Descripción | Cantidad | Porcentaje |
|---------------------------|-------------|------------|
| Costo de riego actual | S/ 4 310,00 | 100% |
| Costo de riego proyectado | S/ 1 310,06 | 30% |
| Ahorro | S/ 2 999,94 | 70% |

Fuente: Revisada por el tesista

Como se aprecia en la tabla 43 considerando el costo de riego actual utilizando el canal y la motobomba como el 100% del costo de riego, se puede determinar que el

costo proyectado solo asciende al 30% del costo de riesgo actual lo que genera que el sistema de bombeo fotovoltaico para el riego de la parcela ahorre un 70% en el corto de río reduciendo así los gastos en la misma proporción.

b) Comparación del impacto ambiental

La tecnología fotovoltaica genera energía de manera amigable con el ambiente, este tipo de tecnología no genera CO₂ por lo que su impacto ambiental o huella de carbono sería de cero mientras en el sistema de riego actual en el uso de la motobomba sí se genera un impacto ambiental estableciendo el consumo de la motobomba en litros como se muestra en la tabla 44 se puede determinar la huella de carbono que deja la bomba al año con factores de emisión.

Tabla 44. Cantidad de combustible utilizado al año por la motobomba en riego actual

| Descripción | Cantidad | unidad |
|------------------------|----------|--------|
| Horas de uso campaña 1 | 87 | h |
| Horas de uso campaña 2 | 85 | h |
| Consumo por hora | 0,898 | gal/h |
| Combustible utilizado | 154,49 | gal |
| | 584,80 | L |

Fuente: Revisada por el tesista

Según [21] establece que para el uso de gasolina se tiene un factor de emisión de 2,18 kg de CO₂ por cada litro de consumo de combustible lo que establece con el consumo de combustible calculado la emisión de CO₂ al año que se muestra en la tabla 45

Tabla 45. Cantidad de CO₂ del uso de la motobomba en el riego actual

| Descripción | Cantidad | unidad |
|-------------------------|----------|-----------------------|
| Factor de emisión | 2,18 | kg CO ₂ /L |
| Consumo combustible | 584,8 | L |
| Emisión CO ₂ | 1 274,86 | kg CO ₂ |

Fuente: Revisada por el tesista

Determinando con esto que la aplicación de la generación fotovoltaica reduciría 1,27 TnCO₂ de contaminación al ambiente.

4.2. Discusión

La investigación se desarrolló considerando el sembrío de 4,7 hectáreas de arroz en la parcela el Palma en la recolección de datos se estableció que la parcela tiene un riego tradicional para sus sembríos por medio de inundación considerando las 4,7 hectáreas para toda su siembra con una lámina de 6 cm de agua, el agua para el riego la obtiene por medio de una compuerta que conecta la parcela con un canal de regadío del cual se obtiene el agua para la siembra, los datos recopilados son del año 2022 en el cual se tuvieron dos campañas de siembra de arroz en ellos se estableció la cantidad de horas de riego con el canal de regadío por medio de la compuerta y de una motobomba que aporta agua a la parte más elevada de la parcela la cual no puede adquirir agua por medio de la compuerta.

Considerando la película de lámina de 6 cm y las 4,7 hectáreas que tiene la parcela se establece una demanda de agua de $2\,820\text{ m}^3$ esta demanda es cubierta en su totalidad el día cero mientras que en el transcurso de 120 días se vuelve a regar la parcela para mantener la película de agua de 6 cm. [4], realizan un riego por goteo fotovoltaico para plantas de tomare para un área de $7\,056\text{ m}^2$ siendo un total de 7 manzanas requiriendo un volumen de $40,572\text{ m}^3$ por cada manzana. Para [6] El sistema eléctrico tuvo una eficiencia del 80% aunque los paneles tienen una eficiencia particular del 15%, se tomó en cuenta el uso de baterías para no sobredimensionar el sistema, el recurso hídrico necesario se calculó en 70 560 litros de agua al día lo que llevo a un caudal de 5 litros por segundo para poder llenar el tanque, el sistema se establece como semiautomático para simplificar su uso por los comuneros ya que la tecnología Arduino proporciona una practicidad para el uso de estos componentes

Para el sistema considerado se utilizó una bomba de riego conectado a un motor de 60 hp para trasladar el recurso hídrico de la demanda de riego desde el canal de regadío hasta el punto más alto de la parcela adecuado para el riego por gravedad, para alimentar esta bomba con 4,55 HSP según la radiación mínima de la zona se requieren un total de 128 paneles solares de 545 Wp en una configuración de 8 x 16 seria paralelo.

[4] Como resultados se logra selecciona una bomba sumergible de 2 hp en corriente alterna que se alimentara con una cantidad de 12 paneles solares de 200W. Para [6] El sistema eléctrico tuvo una eficiencia del 80% aunque los paneles tienen una eficiencia

particular del 15%, se tomó en cuenta el uso de baterías para no sobredimensionar el sistema, utilizando tecnología Arduino por su practicidad por el uso de estos componentes. [7] En esta investigación se determinó la instalación de 12 paneles en una inclinación de 16° con una potencia de 145 W cada uno se estableció la configuración de 6 paneles en serie y 2 series en paralelo, la bomba requerida fue de una potencia de 2,2 kW, no se consideraron factores por orientación debido a que el terreno permitió la orientación más adecuada al sol.

Para la evaluación económica se designó el costo tanto de materiales como de la instalación teniendo un presupuesto de S/ 184 469,40 se utilizó como ingreso para el proyecto todos los ahorros que se generarían con la aplicación del mismo estableciendo este ahorro como utilidad el proyecto en un total de S/ 7 444,19 Por sí solo el proyecto no puede ser rentable por lo que se buscó un financiador siendo este El Ministerio de Agricultura con su programa PC el cual tendría que aportar el 76% de la inversión inicial para que rinda evaluadores económicos VAN y TIR rentables de S/ 3 363,14 y 11% respectivamente a una tasa de interés del 10%. Para [4] la evaluación económica se determinó mediante los indicadores TIR y VAN los cuales generaron un valor de 6 513,82 U\$ a una tasa del 9% de interés, y generando a los cinco años de invasión una ganancia de 2,09 U\$ por cada dólar invertido, además se calcula que la finca con el sistema implementado lograra una ganancia del 208,99% en un total de cinco años. Con [7] El gasto inicial se determinó en € 4 691,00, la vida útil del bombeo se determinó a 20 años determinando un gasto anual de € 234,60 al año, por último.

Conclusiones

- La demanda hídrica según el cultivo de la parcela considerando la película de lámina de 6 cm y las 4,7 hectáreas que tiene la parcela se establece una demanda de agua de 2 820 m³ esta demanda es cubierta en su totalidad el día cero mientras que en el transcurso de 120 días se vuelve a regar la parcela para mantener la película de agua de 6 cm.
- El sistema de bombeo fotovoltaico se diseñó considerando una bomba de riego conectado a un motor de 60 hp para trasladar el recurso hídrico de la demanda de riego desde el canal de regadío hasta el punto más alto de la parcela adecuado para el riego por gravedad, para alimentar esta bomba con 4,55 HSP según la radiación mínima de la zona se requieren un total de 128 paneles solares de 545 Wp en una configuración de 8 x 16 serie - paralelo.
- Para la evaluación económica se designó el costo tanto de materiales como de la instalación teniendo un presupuesto de S/ 184 469,40 se utilizó como ingreso para el proyecto todos los ahorros que se generarían con la aplicación del mismo estableciendo este ahorro como utilidad el proyecto en un total de S/ 7 444,19. Por sí solo el proyecto no puede ser rentable por lo que se buscó un financiador siendo este El Ministerio de Agricultura con su programa PC el cual tendría que aportar el 76% de la inversión inicial para que rinda evaluadores económicos VAN y TIR rentables de S/ 3 363,14 y 11% respectivamente a una tasa de interés del 10%.
- Considerando los factores económicos el ahorro con el sistema de riego fotovoltaico llega a ser del 70% en comparación con el riego actual y los factores ambientales con el sistema fotovoltaico se ahorra retirando la motobomba un total de 1274,86 kg CO₂ al año.

Recomendaciones

- Para determinar la demanda hídrica se recomienda utilizar un medidor de caudal en la compuerta del canal de riego para establecer realmente de manera más efectiva y directa el requerimiento de agua en la parcela.
- Determinar una variación del sistema utilizando dos bombas en lugar de una para agilizar el costo de la instalación.
- Recomendar a los dueños de la parcela que ejecuten el proyecto debido a que la evaluación económica resulta factible por tener indicadores positivos.

Referencias

- [1] Fao, «fao.org,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/3/w2598s/w2598s03.htm#la%20calidad%20del%20agua,%20un%20problema%20mundial>.
- [2] Bancomundial, «El agua en la agricultura,» 12 julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1>.
- [3] Midagri, «Problemática,sierra por practicas agronómicas realizadas,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.midagri.gob.pe/portal/56-sector-agrario/cuencas-y-drenaje/385-problematika#:~:text=Problem%C3%A1tica,sierra%20por%20practic%C3%B3micas%20realizadas..>
- [4] D. González, E. Leno y Á. R. Lanuza Centeno, «Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás – Estelí, durante el periodo de julio a noviembre del 2017,» Esteli, 2018.
- [5] P. Axia, «Estudio experimental de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en corriente continua,» 2018.
- [6] J. Bolaños, R. Perea y M. Rivera, «Propuesta de bombeo solar para un sistema de riego agrícola semi automatizado mediante un tanque elevado en el Municipio de Tecamac, Estado de Mexico,» Ciudad de Mexico, 2019.
- [7] J. Oteo, «Diseño de sistema aislado de bombeo fotovoltaico en Abala, Etiopia,» 2018.
- [8] D. Ruiz, «Modelacion energetica de un sisema de bombeo solar fotovoltaico para zonas rurales,» Barranquilla, 2021.
- [9] F. Mellado, Madrid: Inforama S.A., 2002.
- [10] J. Balenzategui, «Fundamenteo de la conversion fotovoltaica: La Celula Solar,» *Gestion Eficiente de la Energia*, 2008.
- [11] «Implementación de un sistema fotovoltaico On Grid sobre una estructura de dos ejes controlada, para la promoción de Fuentes no convencionales de Energía Renovables en el Colegio Gonzalo Jiménez Navas de Floridablanca – Santander,

- Colombia,» *Revista de Investigacion*, vol. 41, n° 92, pp. 56-73, Setiembre - diciembre 2017.
- [12] A. Castejon y G. Santamaria, *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*, Editex, 2010.
- [13] F. Ortiz, «Diseño de sistema de bombeo a base de energía solar para suministro de agua,» 2022.
- [14] S. Relea, «Instalacion Fotovoltaica Para Riego de Cultivo en Palencia,» 2019.
- [15] J. Astocondor, «Modelamiento y control de sistema fotovoltaico con seguimiento del punto de maxima potencia,» Callao, 2018.
- [16] Y. Cengel y J. Cimbala, *Mecanica de Fluidos*, McGraw, 2012.
- [17] R. Hernández y C. Mendoza, *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.*, Mcgraw-hill, 2020.
- [18] S. H. Mendoza y D. D. Avila, «Técnicas e instrumentos de recolección de datos,» *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, vol. 9, n° 17, pp. 51-53, 2020.
- [19] M. Abella y F. Romero, *Sistemas de Bombeo Fotovoltaico*, Madrid, 2009.
- [20] Herrera, Robin; Vera, Javier, «Dimensionamiento de un sistema de bombeo solar para riego agrícola en el centro poblado Roblepampa, Utcubamba - Amazonas,» Jaen, 2020.
- [21] O. E. d. C. Climático, *GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN*, M. p. I. T. Ecológica, Ed., 2022.
- [22] S. Jimenez, «Hidraulica Facil,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.hidraulicafacil.com/2017/05/diseño-hidraulico-de-sistemas-de-riego.html#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20hidr%C3%A1ulico%20tiene%20como,bajo%20un%20criterio%20de%20optimizaci%C3%B3n.>

ANEXOS

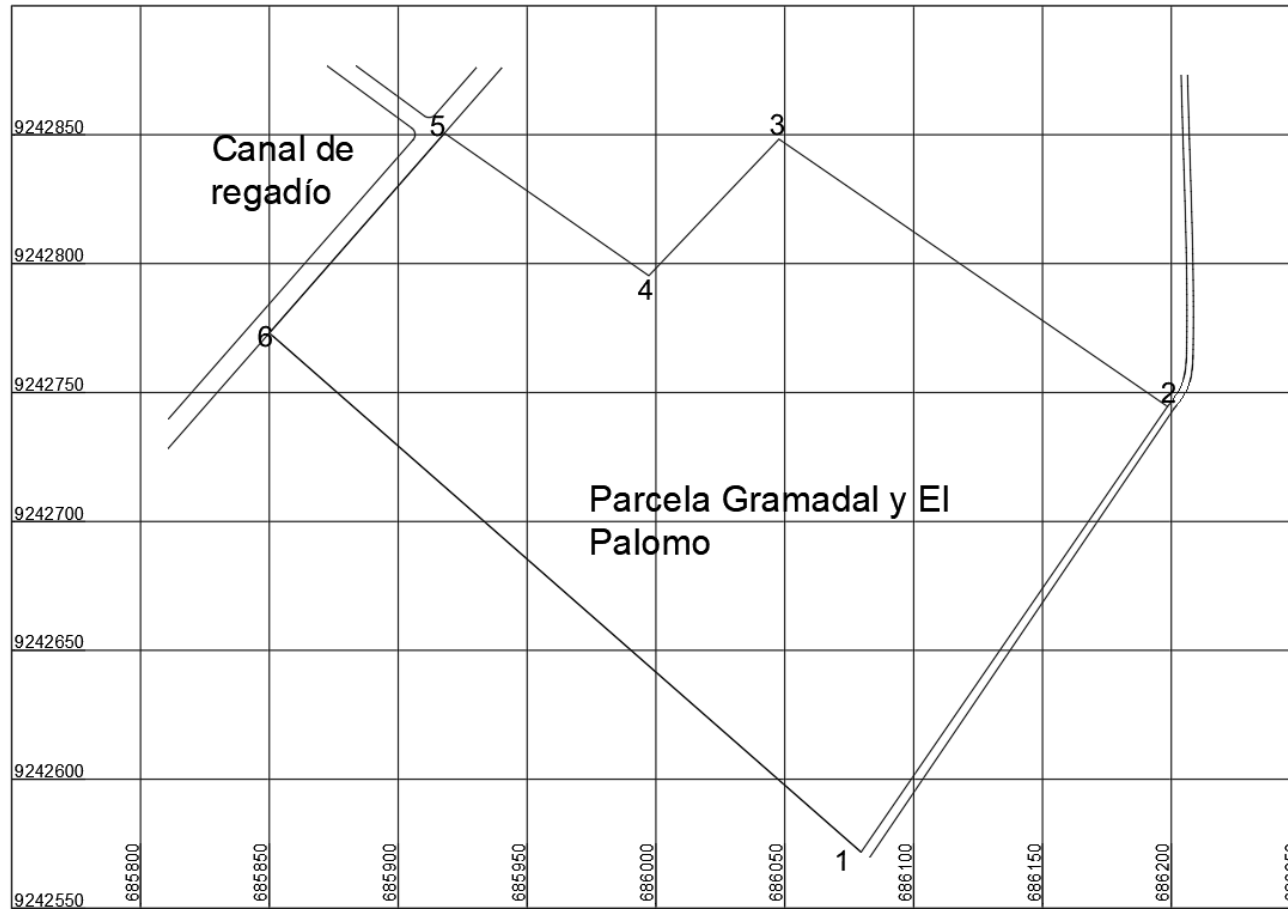
Anexo 01: Plano de la parcela Gramadal y El Palmo

Figura 12. Plano de ubicación de la parcela Gramadal y El Palmo

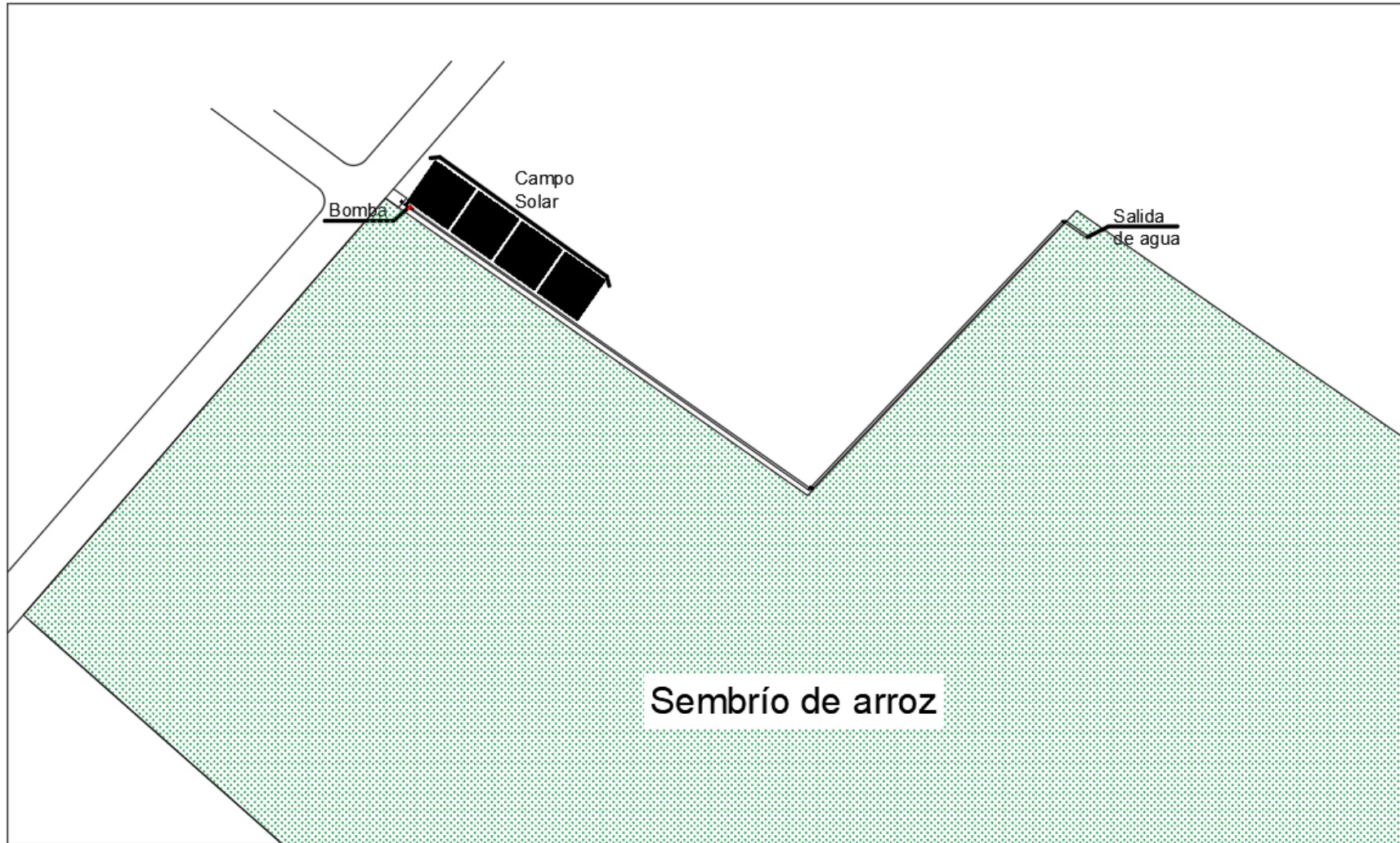


Figura 13. Ubicación del campo solar e ingreso y salida de tubería

Anexo 02: Perdidas hidráulicas

Para establecer las perdidas hidráulicas se establece el número de Reynolds mediante la siguiente ecuación según [16].

$$Re = \frac{v D \rho}{\mu}$$

Donde:

Re : Numero de Reynolds

v : Velocidad

D : Diámetro

ρ : densidad

μ : Viscosidad cinemática

El número de Reynolds se calcula.

Tabla 46. Cálculo del número de Reynolds

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|-----------|--------------|-------------------|
| Re | 7 446 047,82 | |
| v | 4,70 | m/s |
| D | 160 | mm |
| ρ | 1000 | kg/m ³ |
| μ | 1,01E-01 | kg/ms |

Se establece el tipo de fluido según la siguiente tabla.

Tabla 47. Intervalos para determinar tipo de fluido.

| Intervalo | Tipo de flujo |
|-------------------|---|
| Re < 2 300 | El flujo sigue un comportamiento laminar. |
| 2300 < Re < 4 000 | Zona de transición de laminar a turbulento. |
| Re > 4 000 | El fluido es turbulento. |

Con lo que se considera al fluido del tipo turbulento según [16].

$$h_r = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- hr : Perdidas primarias
 f : factor de perdidas primaria
 L : Longitud
 D : Diámetro
 v : Velocidad
 g : Gravedad

El factor de pérdidas primarias se determinar del diagrama de Moddy para el cual se requiere el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Esta se determina de la rugosidad absoluta que depende del material el coeficiente de rugosidad empleado en el cálculo de pérdidas de carga del agua publicada en la revista Magazine 35 en el año 2021 se muestra a continuación.

Tabla 48. Rugosidad absoluta dependiendo del material

| Material | Rugosidad absoluta |
|-----------|--------------------|
| | mm |
| Fundición | 0,1 |
| Hormigón | 0,3 |
| Acero | 0,03 |
| PE | 0,005 |
| PVC-O | 0,003 |
| PRFV | 0,03 |

La rugosidad relativa se determina según la ecuación según [16].

$$Ar = \frac{e}{D}$$

Donde:

- Ar : Rugosidad relativa
 e : Rugosidad absoluta
 D : Diámetro de la tubería

Los resultados se muestran a continuación

Tabla 49. Cálculo de la rugosidad relativa

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|-----------|----------|--------|
| Ar | 0,001875 | |
| e | 0,3 | mm |
| D | 160 | mm |

Estableciendo en el ábaco de Moddy el cruce de las curvas de rugosidad relativa y las verticales del número de Reynolds se determina el factor de pérdidas.

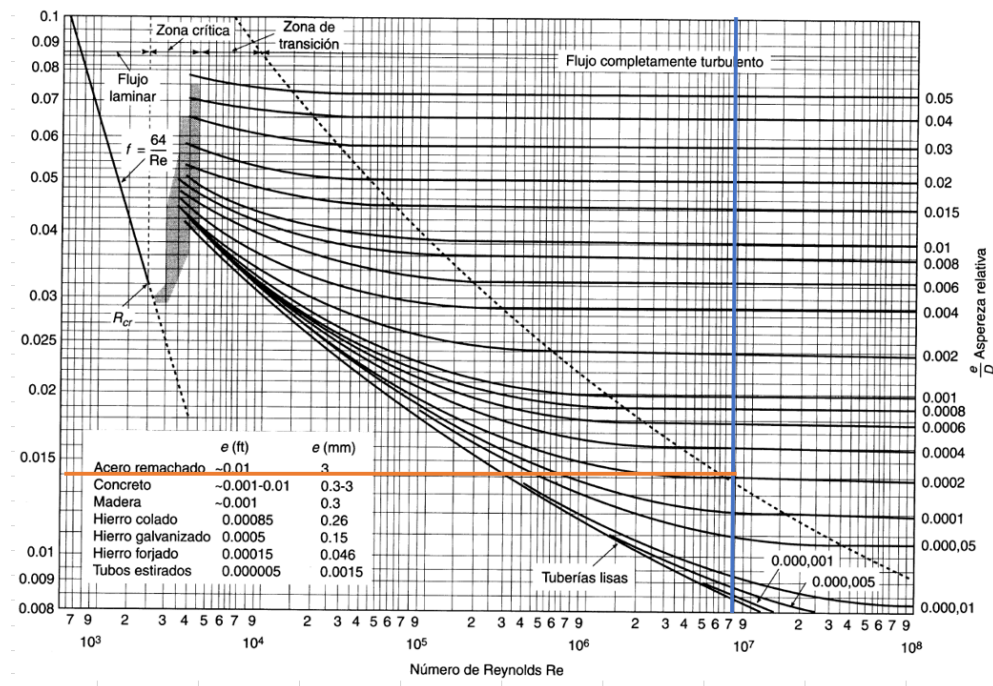


Figura 14. Ubicación del factor de fricción según requerimiento del sistema de tuberías

Considerando el factor de pérdidas primarias 0.014 y la longitud de la tubería según el gráfico que se presenta.

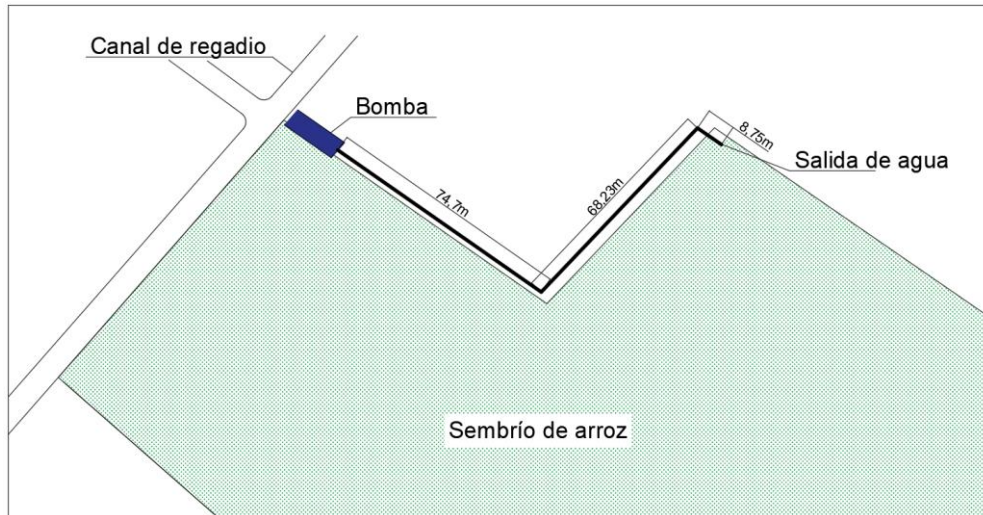


Figura 15. Medidas de la tubería proyectada para riego

Tabla 50. Calculo de perdidas por fricción para tuberías propuestas

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|-----------|----------|------------------|
| hr | 14,94 | m |
| f | 0,014 | |
| L | 151,68 | m |
| D | 0,16 | m |
| v | 4,70 | m/s |
| g | 9,81 | m/s ² |

Para las perdidas secundarias se establecen por accesorio según la ecuación según [16].

$$h_l = K \frac{v^2}{2g}$$

Donde

hl : Perdidas secundarias

v : Velocidad

g : Gravedad

Considerando que las perdidas secundarias se calculan por cada accesorio los factores K se pueden simplificar con la siguiente ecuación según [16].

$$h_l = \left(\sum K \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Los factores K se establecen por accesorio según la publicación de [22] para CONAGUA en el 2002 los factores son:

| Pieza, conexión o dispositivo | K_f |
|-------------------------------|-------|
| Rejilla de entrada | 0.80 |
| Válvula de pie | 3.00 |
| Entrada cuadrada | 0.50 |
| Entrada abocinada | 0.10 |
| Entrada de borda o reentrada | 1.00 |
| Ampliación gradual | 0.30 |
| Ampliación brusca | 0.20 |
| Reducción gradual | 0.25 |
| Reducción brusca | 0.35 |
| Codo corto de 90° | 0.90 |
| Codo corto de 45° | 0.40 |
| Codo largo de 90° | 0.40 |
| Codo largo de 45° | 0.20 |
| Codo largo de 22° 30' | 0.10 |
| Tee con flujo en línea recta | 0.10 |
| Tee con flujo en ángulo | 1.50 |
| Tee con salida bilateral | 1.80 |
| Válvula de compuerta abierta | 5.00 |
| Válvula de ángulo abierta | 5.00 |
| Válvula de globo abierta | 10.0 |
| Válvula alfallera | 2.00 |
| Válvula de retención | 2.50 |
| Boquillas | 2.75 |
| Controlador de gasto | 2.50 |
| Medidor Venturi | 2.50 |
| Confluencia | 0.40 |
| Bifurcación | 0.10 |
| Pequeña derivación | 0.03 |
| Válvula de mariposa abierta | 0.24 |

Figura 16. Factores K para accesorios [22]

Considerando la instalación según la figura

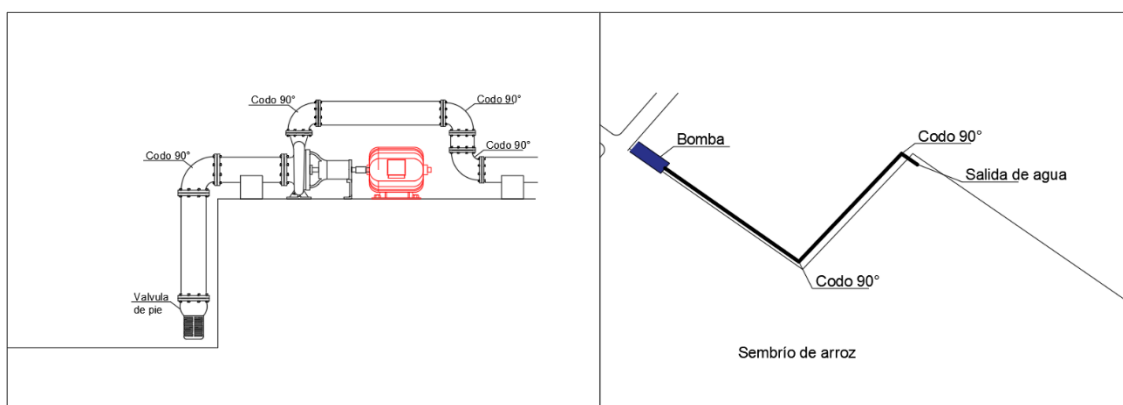


Figura 17. Posición de los accesorios en la instalación

Contando los factores K según los accesorios de la instalación se tiene.

Tabla 51. Sumatoria de factores K para accesorios en el sistema de riego

| Accesorio | K | Cantidad | Total |
|----------------|-----|----------|-------|
| Codos | 0,9 | 4 | 3,6 |
| T | 1,5 | 1 | 1,5 |
| Válvula de pie | 3 | 1 | 3 |
| Total | | | 8,1 |

Teniendo la sumatoria de los K se establecen las perdidas secundarias.

Tabla 52. Perdidas secundarias en accesorios para la instalación

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|------------|----------|------------------|
| hl | 9,12 | m |
| ΣK | 8,1 | |
| v | 4,70 | m/s |
| g | 9,81 | m/s ² |

Teniendo las perdidas secundarias y primarias.

Tabla 53. Pérdidas totales de la instalación

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|-----------|----------|--------|
| hr | 14,94 | m |
| hl | 9,12 | m |
| hT | 24,07 | m |

Anexo 03.- Disposición de los paneles

Se establece en primer lugar la inclinación de los paneles considerando la latitud del lugar bajo la siguiente formula.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69|\phi|$$

Donde:

β_{opt} : Ángulo de inclinación optimo.

ϕ : Latitud del lugar.

Cuyos resultados son:

Tabla 54. Angulo óptimo de inclinación para paneles fijos todo el año

| Parámetro | Cantidad |
|---------------|----------|
| β_{opt} | 8 |
| ϕ | 6,85 |

Las características físicas del panel se muestran a continuación.

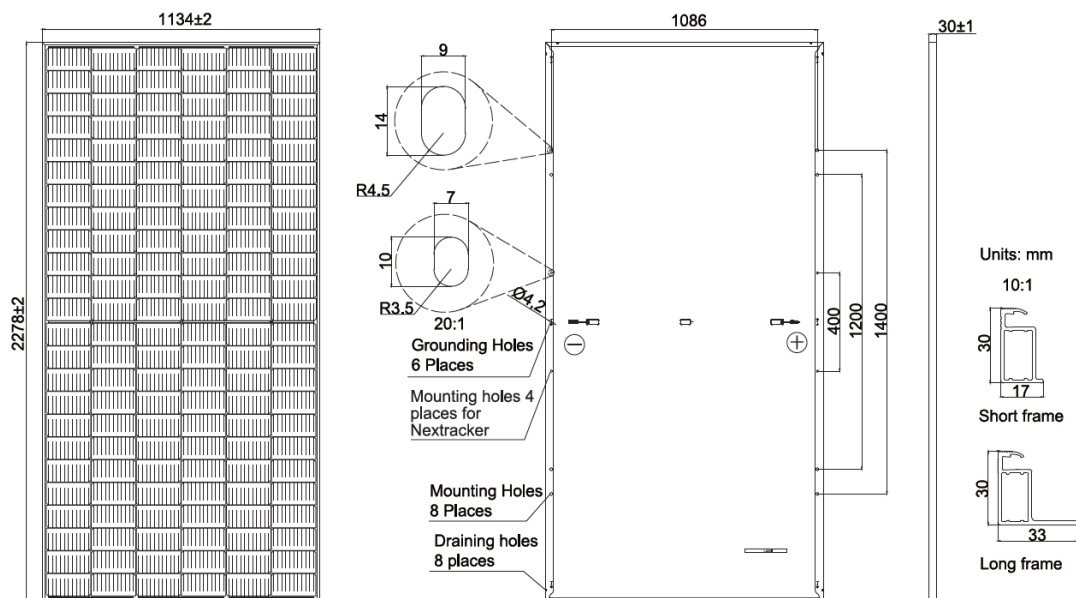


Figura 18. Características fijas del panel solar

Considerando por criterios de diseñador que se pondrán en una sola plataforma 8 paneles, juntos como se muestran en la figura.

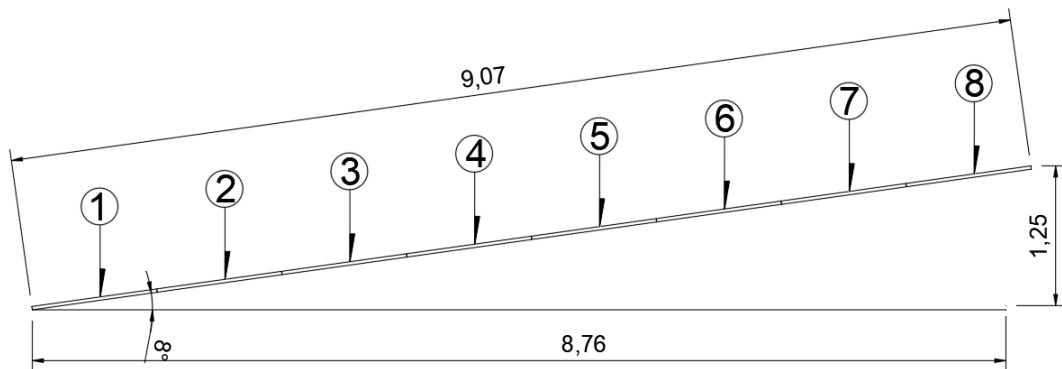


Figura 19. Inclinación de los 8 paneles considerando longitudes reales

Para completar el campo solar se colocaron los paralelos de 16 paneles a lo largo de la estructura.

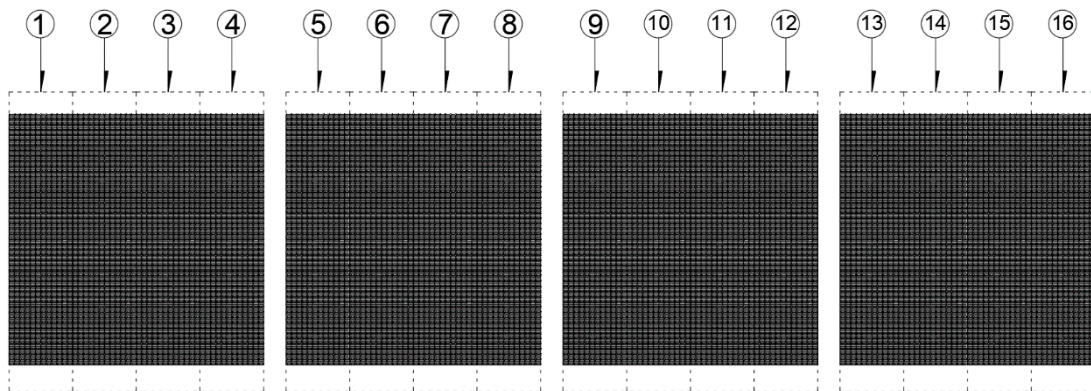


Figura 20. Alineación de los cuatro bloques que componen el campo solar

Anexo 04.- Fichas técnicas




100-200

BOMBA CENTRIFUGA ISO 2858

DESCRIPCION GENERAL

La bomba centrífuga ISO 2858 es una bomba fabricada según los estándares de la ISO. Esto garantiza intercambiabilidad de piezas, facilidad de reparación y mantenimiento y una sustitución perfecta con las bombas de otros fabricantes sin necesidad de cambios en la instalación. Un mínimo de componentes, y una construcción simple y robusta garantizan un servicio eficiente y libre de mantenimiento.

DETALLES CONSTRUCTIVOS

Caja: Fabricada en fierro fundido gris o nodular con recubrimiento cerámico. Diseñada con sistema "back pull out" que permite un rápido desmontaje para una eventual reparación o inspección. Alternativamente se suministra en bronce o acero inoxidable sin recubrimiento cerámico.

Impulsor: Del tipo centrífugo cerrado. Fabricado en fierro fundido gris o nodular, alternativamente se suministra en bronce y en acero inoxidable. Está diseñado para una máxima eficiencia de bombeo. Balanceado electrónicamente para evitar vibraciones.

Prensaestopa: Como ejecución estándar se suministra el equipo con prensaestopas de fibra acrílica trenzada. Alternativamente se suministra con sello mecánico.

Soporte: Construido en fierro fundido gris con rodamientos lubricados por grasa, especialmente seleccionados para severas condiciones de operación. Eje de acero al carbono dimensionado con amplio factor de seguridad.

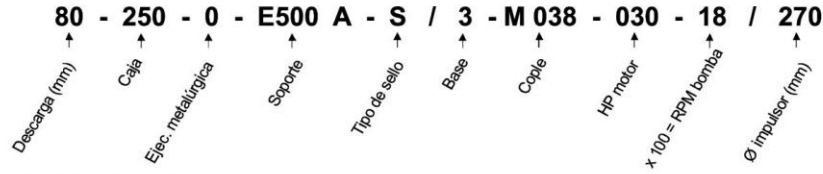
Contrabridas: Para permitir una fácil instalación. Opcionalmente se puede suministrar a pedido contrabridas para los modelos de hasta 80 mm de diámetro de succión, para conexión a tuberías con rosca estándar americana.

APLICACIONES

Agricultura, suministro de agua potable, alimentación de calderos, riego en general, sistemas de calefacción y aire acondicionado, bombeo de líquidos viscosos, compuestos químicos, construcción, minería, industria en general.



DESIGNACION DE LA BOMBA



DATOS TECNICOS

| MODELO | EJECUCION METALURGICA | | SOPORTE | | | | DIAMETRO DEL EJE | | | | PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA (m) | ESPESOR DE CAJA (mm) | Nº DE ALABES | T MAX (°C) | |
|---------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|---------------|----------------|------------------|----------|---------------|-------|------------------------------------|----------------------|--------------|------------|-------|
| | STD | ALTER-NATIVA | TRANS. DIRECTA | TRANS. FAJAS | PRENSA ESTOPA | SELLO MECANICO | RPM MAX | IMPULSOR | PRENSA ESTOPA | SELLO | | | | | COFLE |
| 32-125 | 0 | | B385-A | B385-B | | | | | | | | 60 | 5.5 | 7 | |
| 32-160 | 0 | 1,5,6,7,9 | C385-C | C385-D | | | | | | | | 100 | 7 | 6 | |
| 32-160L | 0 | | B385-A | B385-B | | | | | | | | 70 | 5.5 | | |
| 40-125 | 0 | | C385-C | C385-D | | | | | | | | 100 | 6 | | |
| 40-160 | 0* | 1*5,6,7*9 | D385-E | D385-F | | | | | | | | 160 | 7 | | |
| 40-200 | 1* | 5,9 | E500-A | E500-B | | | | | | | | 250 | 9 | 7 | |
| 40-250 | 9** | 5,6 | C385-E | C385-F | | | | | | | | 70 | 7 | | |
| 50-125 | 0 | 1,5,6,7,9 | D385-E | D385-F | | | | | | | | 100 | 6.5 | 6 | |
| 50-160 | 1* | 5,6,7,9 | D500-A | D500-B | | | | | | | | 160 | 7 | | |
| 50-200 | 1 | 5,9 | (D500-A) | (D500-B) | | | | | | | | 250 | 9 | 7 | |
| 50-250 | 9 | 5 | E500-A | E500-B | | | | | | | | 100 | 7 | | |
| 65-160 | 1 | 5,6,7,9 | D500-A | D500-B | | | | | | | | 160 | 7.5 | 6 | |
| 65-200 | | 5 | (D500-A) | (D500-B) | | | | | | | | 250 | | | |
| 65-250 | 9 | | E500-A | E500-B | | | | | | | | | | | |
| 65-315 | | 5,6,7 | (F530-A) | (F530-B) | | | | | | | | | | | |
| 80-200 | 0 | 1,5,6,7,9 | F530-0 | F530-1 | | | | | | | | 40 | 7 | | |
| 80-250 | | 1,5,9 | (E500-A) | (E500-B) | | | | | | | | 65 | 9 | 6 | |
| 80-315 | 1 | 5,9 | E500-0 | E500-1 | | | | | | | | | | | |
| 100-200 | 0 | 1,5,6,7,9 | (F530-A) | (F530-B) | | | | | | | | 40 | 9 | 7 | |
| 125-250 | | 1,5,9 | (D500-A) | (D500-B) | | | | | | | | 65 | | | |
| 125-315 | 9 | 5 | (E530-A) | (E530-B) | | | | | | | | 100 | 11 | 6 | |
| 125-400 | | | F530-0 | F530-1 | | | | | | | | | | | |
| 150-315 | | | (H530-C) | (H530-D) | | | | | | | | 160 | | | |
| 150-400 | | | H670-A | H670-B | | | | | | | | 48 | 70 | 12 | |
| 200-400 | | | F670-A | F670-B | | | | | | | | 165 | 13 | 6 | |
| | | | H750-A | H750-B*** | | | | | | | | | | | |
| | | | H750-A | H750-B**** | | | | | | | | 159 | | 7 | |

* : CAJA EN FIERRO FUNDIDO NODULAR ** : IMPULSOR EN BRONCE AL SILICIO () : SOPORTE ANTIGUO
 *** : CON FAJAS Y POLEAS SOLO @ 1200 RPM. **** : CON FAJAS Y POLEAS USAR CONTRAEJE

EJECUCIONES METALURGICAS

| NOMINACION COMPONENTE | EJECUCION METALURGICA | | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------|----------|----------|-----------|
| | 0 | 1 | 5 | 6 | 7 |
| CAJA | A48CL30B | A48CL30B | AISI-316 | B584-872 | A48CL30B |
| IMPULSOR | A48CL30B | A536-8060 | AISI-316 | B584-872 | A536-8060 |
| PERNO CENTRAL | AISI-316 | AISI-316 | AISI-316 | AISI-316 | AISI-316 |
| ANILLO DESGASTE | A48CL30B | A48CL30B | AISI-316 | B584-872 | A48CL30B |
| GUIADOR | A48CL30B | A48CL30B | AISI-316 | B584-872 | A536-8060 |
| PIEZA INTERMEDIA | A48CL30B | A48CL30B | AISI-316 | B584-872 | A48CL30B |
| CAJA PRENSAESTOPA | A48CL30B | A48CL30B | AISI-316 | B584-872 | A48CL30B |
| BOCINA PRENSAESTOPA | B584-836 | B584-836 | AISI-316 | B584-836 | B584-836 |
| LUNETAS | A536-8060 | A536-8060 | AISI-316 | B584-872 | A536-8060 |
| BOCINA EJE | AISI-420 | AISI-420 | AISI-316 | AISI-420 | AISI-420 |
| EJE | AISI-1045 | AISI-1045 | AISI-316 | AISI-416 | AISI-1045 |
| CASCO RODAMIENTO | A48CL30B | A48CL30B | A48CL30B | A48CL30B | A48CL30B |
| TAPA RODAMIENTO DELANTERO | A48CL30B | A48CL30B | AISI-316 | A48CL30B | A48CL30B |

MATERIALES
 A48CL30B : FIERRO FUNDIDO GRIS
 A536-8060 : FIERRO FUNDIDO NODULAR
 B584-872 : BRONCE AL SILICIO
 B584-836 : BRONCE EMPLOMADO
 AISI-1045 : ACERO AL CARBONO
 AISI-420 : ACERO AL CARBONO ANTICORROSIVO
 AISI-416 : ACERO INOXIDABLE
 AISI-316 : ACERO INOXIDABLE

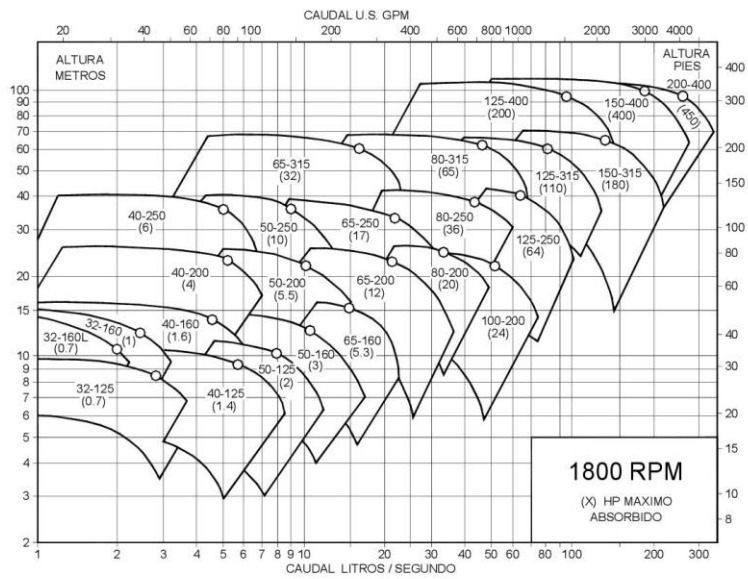
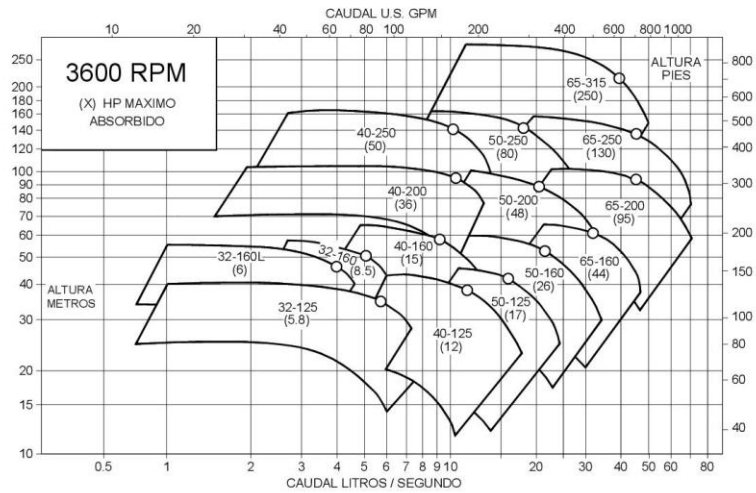
NOTA:
 LAS EJECUCIONES 0, 1, 7 Y 9 TIENEN SOLO LA CAJA CON RECUBRIMIENTO CERAMICO. LAS EJECUCIONES 5 Y 6 TIENEN CAJA SIN RECUBRIMIENTO CERAMICO.

NOTA: PARA UNA SELECCION CORRECTA DE MATERIALES CONSULTE CON EL DEPARTAMENTO DE VENTAS





RANGOS DE OPERACION A 60 Hz



NOTA: PARA UNA CORRECTA SELECCION DIRIJASE A LAS CURVAS INDIVIDUALES DE LAS BOMBAS DE ACUERDO A SU EJECUCION METALURGICA:

SECCION 10 A: BOMBAS CON CAJA EN FIERRO FUNDIDO GRIS O NODULAR CON RECUBRIMIENTO CERAMICO

SECCION 10 B: BOMBAS CON CAJA EN ACERO INOXIDABLE O EN BRONCE SIN RECUBRIMIENTO CERAMICO

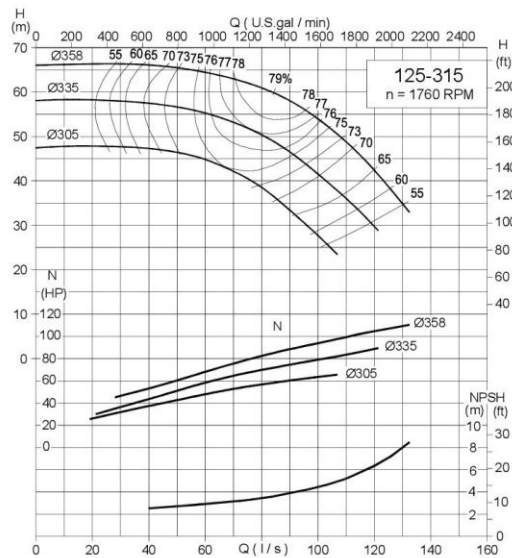
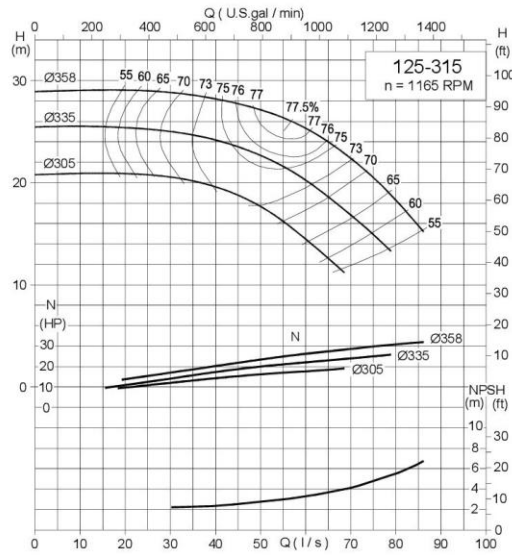
BOMBA CENTRIFUGA ISO 2858
CATALOGO I VERSION: F REV.14 12/2015 3





CURVAS DE OPERACION A 60 Hz

125 - 315

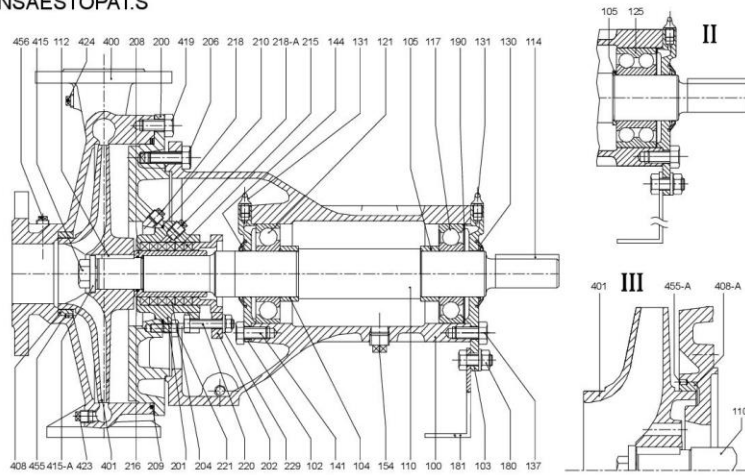


CURVAS MOSTRADAS PARA BOMBAS CON CAJA EN FIERRO FUNDIDO GRIS O NODULAR CON RECUBRIMIENTO CERAMICO.
 CURVAS EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION (AGUA LIMPIA A 20°C) DE ACUERDO A NORMA ISO 9906:2012 GRADO 2B

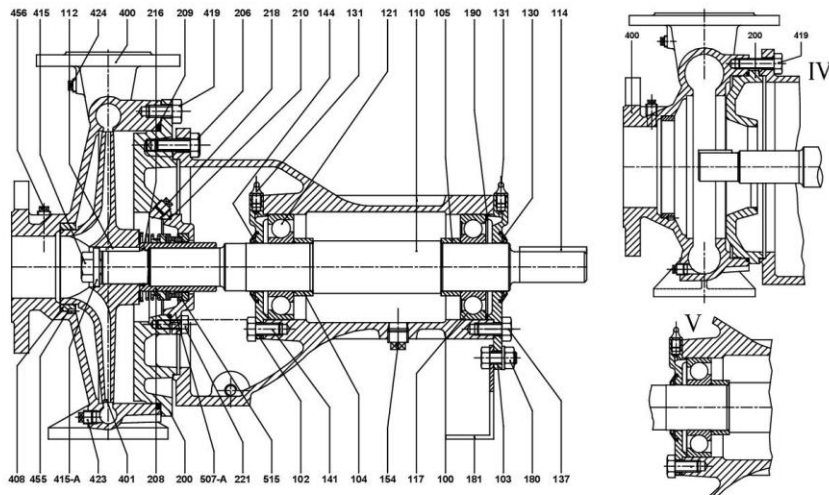




**COMPONENTES
CON PRENSAESTOPA I.S**

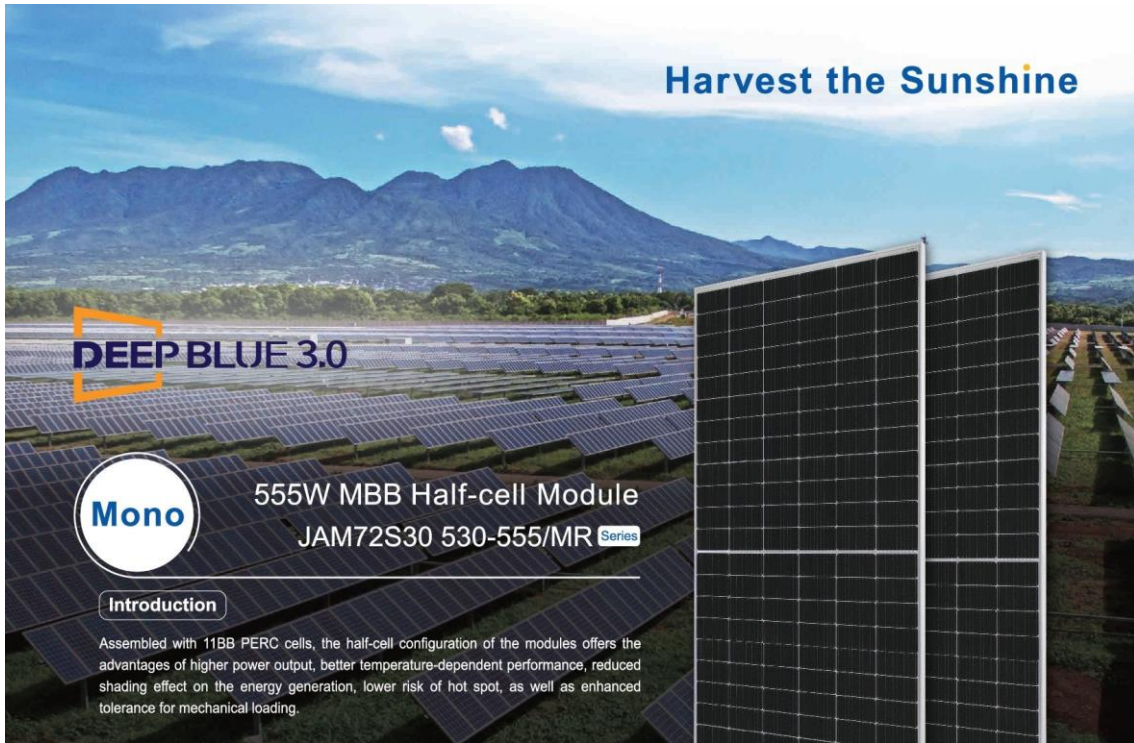


CON SELLO MECANICO I.M



| Bomba | Soporte | Detalles | Bomba | Soporte | Detalles |
|----------|-----------|--|-----------|-----------|--------------------------------------|
| 40 - 250 | E 500 A/B | I.S, I.M + V / I.S, I.M + II + V | 80 - 200 | D 500 Q/1 | I.S, I.M + IV / I.S, I.M + II + IV |
| 50 - 250 | E 500 A/B | I.S, I.M + V / I.S, I.M + II + V | 80 - 250 | E 500 Q/1 | I.S, I.M / I.S, I.M + II |
| 65 - 160 | D 500 A/B | I.S, I.M + IV + V / I.S, I.M + II + IV + V | 80 - 315 | F 530 Q/1 | I.S, I.M + III / I.S, I.M + II + III |
| 65 - 200 | D 500 Q/1 | I.S, I.M, IV / I.S, I.M, + II + IV | 100 - 200 | D 500 Q/1 | I.S, I.M + IV / I.S, I.M + II + IV |
| 65 - 250 | E 500 A/B | I.S, I.M + III + V / I.S, I.M + II + III + V | 125 - 250 | E 530 Q/1 | I.S, I.M / I.S, I.M + II |
| 65 - 315 | F 530 Q/1 | I.S, I.M + III / I.S, I.M + II + III | 125 - 315 | F 530 Q/1 | I.S, I.M + III / I.S, I.M + II + III |





Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

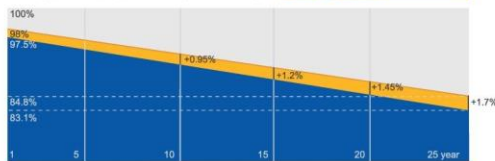


Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing



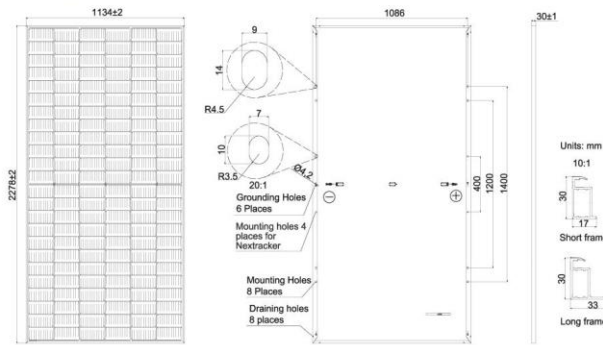
JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

| | |
|------------------------------------|--|
| Cell | Mono |
| Weight | 27.8kg |
| Dimensions | 2278±2mm×1134±2mm×30±1mm |
| Cable Cross Section Size | 4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL) |
| No. of cells | 144(6×24) |
| Junction Box | IP68, 3 diodes |
| Connector | MC4-EVO2/ QC 4.10-351 |
| Cable Length (Including Connector) | Portrait: 200mm(+)/300mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-) |
| Packaging Configuration | 36pcs/Pallet 720pcs/40HQ Container |

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

| TYPE | JAM72S30 -530/MR | JAM72S30 -535/MR | JAM72S30 -540/MR | JAM72S30 -545/MR | JAM72S30 -550/MR | JAM72S30 -555/MR |
|--|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Rated Maximum Power(Pmax) [W] | 530 | 535 | 540 | 545 | 550 | 555 |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V] | 49.30 | 49.45 | 49.60 | 49.75 | 49.90 | 50.02 |
| Maximum Power Voltage(Vmp) [V] | 41.31 | 41.47 | 41.64 | 41.80 | 41.96 | 42.11 |
| Short Circuit Current(Isc) [A] | 13.72 | 13.79 | 13.86 | 13.93 | 14.00 | 14.07 |
| Maximum Power Current(Imp) [A] | 12.83 | 12.90 | 12.97 | 13.04 | 13.11 | 13.18 |
| Module Efficiency [%] | 20.5 | 20.7 | 20.9 | 21.1 | 21.3 | 21.5 |
| Power Tolerance | 0~+5W | | | | | |
| Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc}) | +0.045%/°C | | | | | |
| Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc}) | -0.275%/°C | | | | | |
| Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp}) | -0.350%/°C | | | | | |
| STC | Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G | | | | | |

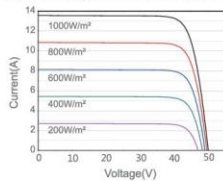
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

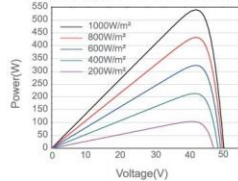
| TYPE | JAM72S30 -530/MR | JAM72S30 -535/MR | JAM72S30 -540/MR | JAM72S30 -545/MR | JAM72S30 -550/MR | JAM72S30 -555/MR | OPERATING CONDITIONS |
|--------------------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|
| Rated Max Power(Pmax) [W] | 401 | 405 | 408 | 412 | 416 | 420 | Maximum System Voltage 1000V/1500V DC |
| Open Circuit Voltage(Voc) [V] | 46.18 | 46.31 | 46.43 | 46.55 | 46.68 | 46.85 | Operating Temperature -40°C~+85°C |
| Max Power Voltage(Vmp) [V] | 38.57 | 38.78 | 38.99 | 39.20 | 39.43 | 39.66 | Maximum Series Fuse Rating 25A |
| Short Circuit Current(Isc) [A] | 11.01 | 11.05 | 11.09 | 11.13 | 11.17 | 11.21 | Maximum Static Load,Front* 5400Pa(112lb/ft ²) Maximum Static Load,Back* 2400Pa(50lb/ft ²) |
| Max Power Current(Imp) [A] | 10.39 | 10.43 | 10.47 | 10.51 | 10.55 | 10.59 | NOCT 45±2°C |
| NOCT | Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1.5G | | | | | | Safety Class Class II |
| | *For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 1800Pa while Maximum Static Load, Back is 1800Pa. | | | | | | Fire Performance UL Type 1 |

CHARACTERISTICS

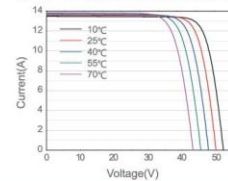
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Goodrive100-PV

Solar Pumping Controller

Your Trusted Industry Automation Solution Provider



Service line:86-755-23535967 E-mail:overseas@invt.com.cn Website:www.invt.com

SHENZHEN INVT ELECTRIC CO., LTD.

INVT Guangming Technology Building, Songbai Road, Matan, Guangming District, Shenzhen, China

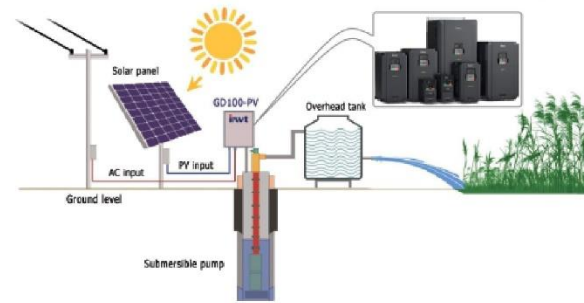
- | | | | | |
|-------------------------------|--|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Industrial Automation: | • Variable-Frequency Drive | • Servo & Motion Control | • Motor & Electric Spindle | • PLC |
| | • HMI | • Intelligent Elevator Control System | • Traction Drive | |
| Electric Power: | • SVG | • Solar Pump Controller | • UPS | • Online Energy Management System |
| | • New Energy Vehicle Electric Control System | | | |

INVT Copyright.
Information may be subject to change without notice during product improving.

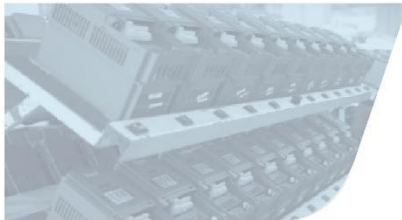
66003-00121 Y9/1-07 V1.0



- Product introduction3
- Product applications.....4
- Type designation key.....5
- Product specifications.....6
- Options.....8
- Solution for auto switch.....10
- Recommended solar array configuration.....12
- Installation dimensions.....13



PV pump application system



Type Designation Key

GD100 - 5R5G - 4 5 - PV

① ② ③ ④ ⑤

| Field identification | Sign | Detailed description of the sign | Detailed content |
|----------------------|------|----------------------------------|--|
| Product abbreviation | ① | Product abbreviation | GD100 is short for Goodrive100. |
| Rated power | ② | Power range + Load type | 5R5G—5.5kW G—Constant torque load |
| Voltage degree | ③ | Voltage degree | 4: AC 3PH 380V (-15%)~440V (+10%) 2: AC 3PH 220V (-15%)~240V (+10%) S2: AC 1PH 220V (-15%)~240V (+10%) SS2: AC 1PH input/output 220V (-15%)~240V (+10%) |
| Protection level | ④ | Protection level | 5—IP54 Standard controller is IP20, not displayed. |
| Industrial code | ⑤ | Industrial code | PV stands for PV pump. |

Product Specifications

Product function parameters

| Model | -SS2 | -S2 | -2 | -4 |
|--|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| AC input voltage (V) | 220(-15%)~240(+10%) (1PH) | 220(-15%)~240(+10%) (3PH) | 220(-15%)~240(+10%) (3PH) | 380(-15%)~440(+10%) (3PH) |
| Max. DC input voltage (V) | 440 | 440 | 440 | 800 |
| Start-up voltage (V) | 200 | 200 | 200 | 300 |
| Lowest working voltage (V) | 150 | 150 | 160 | 260 |
| Recommended DC input voltage range (V) | 200~400 | 200~400 | 200~400 | 300~750 |
| Recommended MPP voltage (V) | 330 | 330 | 330 | 560 |
| Rated output voltage (V) | 220 (1PH) | 220 (3PH) | 220 (3PH) | 380 (3PH) |
| Output frequency range (Hz) | 0~400 | | | |
| MPPT | 99% | | | |
| Installation manner | Wall mounting/Rail mounting/Flange mounting | | | |
| Environment temperature | -10°C~+50°C, If above 40°C, derate 2% for every additional 1°C. | | | |
| Altitude | Below 1000m, If above 1000m, derate 1% for every additional 100m. | | | |
| Cooling manner | Fan cooling | | | |
| Protection level | IP20; IP54 (Cabinet) | | | |

Product rated specification parameters

| Series | Model | Rated output power (kW) | Rated input current (A) | Rated output current (A) |
|---|-------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| -SS2 (0.4-2.2 kW) | GD100-0R4G-SS2-PV | 0.4 | 6.5 | 4.2 |
| | GD100-0R7G-SS2-PV | 0.75 | 9.3 | 7.2 |
| | GD100-1R5G-SS2-PV | 1.5 | 15.7 | 10.2 |
| | GD100-2R2G-SS2-PV | 2.2 | 24 | 14 |
| -S2 Single-phase, 220V input (0.4-2.2 kW) | GD100-0R4G-S2-PV | 0.4 | 6.5 | 2.5 |
| | GD100-0R7G-S2-PV | 0.75 | 9.3 | 4.2 |
| | GD100-1R5G-S2-PV | 1.5 | 15.7 | 7.5 |
| | GD100-2R2G-S2-PV | 2.2 | 24 | 10 |
| -2 Three-phase, 220V (4-7.5kW) | GD100-004G-2-PV | 4 | 17 | 16 |
| | GD100-5R5G-2-PV | 5.5 | 25 | 20 |
| | GD100-7R5G-2-PV | 7.5 | 33 | 30 |
| | GD100-0R7G-4-PV | 0.75 | 3.4 | 2.5 |
| -4 Three-phase, 380V (0.75-200kW) | GD100-1R5G-4-PV | 1.5 | 5.0 | 4.2 |
| | GD100-2R2G-4-PV | 2.2 | 5.8 | 5.5 |
| | GD100-004G-4-PV | 4.0 | 13.5 | 9.5 |
| | GD100-5R5G-4-PV | 5.5 | 19.5 | 14 |
| | GD100-7R5G-4-PV | 7.5 | 25 | 18.5 |
| | GD100-011G-4-PV | 11 | 32 | 25 |
| | GD100-015G-4-PV | 15 | 40 | 32 |
| | GD100-018G-4-PV | 18.5 | 47 | 38 |
| | GD100-022G-4-PV | 22 | 51 | 45 |
| | GD100-030G-4-PV | 30 | 70 | 60 |
| | GD100-037G-4-PV | 37 | 80 | 75 |
| | GD100-045G-4-PV | 45 | 96 | 92 |
| | GD100-055G-4-PV | 55 | 128 | 115 |
| | GD100-075G-4-PV | 75 | 130 | 150 |
| | GD100-090G-4-PV | 90 | 168 | 180 |
| | GD100-110G-4-PV | 110 | 201 | 215 |
| | GD100-132G-4-PV | 132 | 265 | 280 |
| | GD100-160G-4-PV | 160 | 310 | 305 |
| | GD100-185G-4-PV | 185 | 345 | 340 |
| | GD100-200G-4-PV | 200 | 385 | 380 |

Note : When demanding for the solar pump controllers above 200kW, contact INVT to customize.

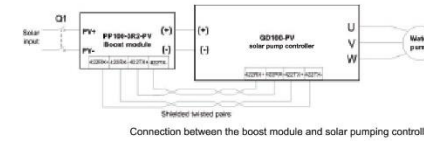
Options

Recommended configuration for solar pumping controllers with the boost module

| PP100-3R2-PV Solar pumping controller | Max. DC input current (A) | Open-circuit voltage degree of solar module | | | |
|--|---------------------------|---|------------------------------|------------------|------------------------------|
| | | 37±1V | | 45±1V | |
| | | Module power=5Wp | Modules per string * strings | Module power=5Wp | Modules per string * strings |
| GD100-0R4G-SS2-PV | 12 | 250 | 4*1 | 300 | 3*1 |
| GD100-0R7G-SS2-PV | 12 | 250 | 5*1 | 300 | 4*1 |
| GD100-1R5G-SS2-PV | 12 | 250 | 8*1 | 300 | 7*1 |
| GD100-0R4G-S2-PV | 12 | 250 | 4*1 | 300 | 3*1 |
| GD100-0R7G-S2-PV | 12 | 250 | 5*1 | 300 | 4*1 |
| GD100-1R5G-S2-PV | 12 | 250 | 8*1 | 300 | 7*1 |
| GD100-0R7G-4-PV | 12 | 250 | 5*1 | 300 | 4*1 |
| GD100-1R5G-4-PV | 12 | 250 | 8*1 | 300 | 7*1 |
| GD100-2R2G-4-PV | 12 | 250 | 13*1 | 300 | 11*1 |

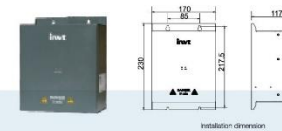
Boost module

0.4-2.2kW models can be configured with the boost module, which can improve the utilization of the solar component.



Boost module specifications

| Model | PP100-3R2-PV |
|--------------------------|--|
| Input | |
| Max. input power (W) | 3200 |
| Max. DC voltage (V) | 600 |
| Start-up voltage (V) | 80 |
| Min. working voltage (V) | 70 |
| Max. input current (A) | 12 |
| Output | |
| Output voltage (V) | 350/570 (automatically determined by the controller) |



Anexo 05: Comparativo de tecnologías

a) Paneles fotovoltaicos

Análisis para panel de 455 Wp, las características técnicas son

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|------------------------------|----------|--------|
| Potencia máxima | 455 | Wp |
| Voltaje en circuito abierto | 49,85 | V |
| Voltaje a máxima potencia | 41,82 | V |
| Corriente en corto circuito | 11,41 | A |
| Corriente en máxima potencia | 10,88 | A |

Configuración de paneles según voltaje del inversor 250-800

| Serie | Voltaje | Paneles en paralelo | | Total |
|-------|---------|---------------------|-------|-------|
| | | Teórico | Real | |
| 6 | 250,92 | 25,37 | 26,00 | 156 |
| 7 | 292,74 | 21,75 | 22,00 | 154 |
| 8 | 334,56 | 19,03 | 20,00 | 160 |
| 9 | 376,38 | 16,92 | 17,00 | 153 |
| 10 | 418,2 | 15,22 | 16,00 | 160 |
| 11 | 460,02 | 13,84 | 14,00 | 154 |
| 12 | 501,84 | 12,69 | 13,00 | 156 |
| 13 | 543,66 | 11,71 | 12,00 | 156 |
| 14 | 585,48 | 10,87 | 11,00 | 154 |
| 15 | 627,3 | 10,15 | 11,00 | 165 |
| 16 | 669,12 | 9,51 | 10,00 | 160 |
| 17 | 710,94 | 8,96 | 9,00 | 153 |
| 18 | 752,76 | 8,46 | 9,00 | 162 |
| 19 | 794,58 | 8,01 | 9,00 | 171 |

Cantidad mínima de paneles 153 con un costo de S/ 809.52 el total de costo por panel solar es de S/ 123,856.56 .

Análisis para panel de 500 Wp, las características técnicas son

| Parámetro | Cantidad | Unidad |
|------------------------------|----------|--------|
| Potencia máxima | 500 | Wp |
| Voltaje en circuito abierto | 45,59 | V |
| Voltaje a máxima potencia | 38,35 | V |
| Corriente en corto circuito | 13,93 | A |
| Corriente en máxima potencia | 13,04 | A |

Configuración de paneles según voltaje del inversor 250-800

| Serie | Voltaje | Paneles en paralelo | | Total |
|-------|---------|---------------------|-------|-------|
| | | Teórico | Real | |
| 7 | 268,45 | 19,79 | 20,00 | 140 |
| 8 | 306,8 | 17,32 | 18,00 | 144 |
| 9 | 345,15 | 15,39 | 16,00 | 144 |
| 10 | 383,5 | 13,85 | 14,00 | 140 |
| 11 | 421,85 | 12,59 | 13,00 | 143 |
| 12 | 460,2 | 11,54 | 12,00 | 144 |
| 13 | 498,55 | 10,66 | 11,00 | 143 |
| 14 | 536,9 | 9,90 | 10,00 | 140 |
| 15 | 575,25 | 9,24 | 10,00 | 150 |
| 16 | 613,6 | 8,66 | 9,00 | 144 |
| 17 | 651,95 | 8,15 | 9,00 | 153 |
| 18 | 690,3 | 7,70 | 8,00 | 144 |
| 19 | 728,65 | 7,29 | 8,00 | 152 |
| 20 | 767 | 6,93 | 7,00 | 140 |

Cantidad mínima de paneles 140 con un costo de S/ 920,00 el total de costo por panel solar es de S/ 128 800,00

Cuadro comparativo de los tres paneles calculados

| Panel | Cantidad | Costo |
|-------|----------|---------------|
| 455 | 153 | S/ 123 856,56 |
| 500 | 140 | S/ 128 800,00 |
| 550 | 128 | S/ 113 280,00 |

Como se observa se escogió el panel de 550 W debido a que tiene el menor costo.

Anexo 06: Diagrama unifilar

