



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Diseño de un Sistema de riego Fotovoltaico para reducir el gasto de riego en siete hectáreas de arroz en el distrito de Guadalupe

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR

Salazar Silva, Jonathan Josue (orcid.org/0000-0001-9132-0306)

ASESOR

Mg. Jimenez Zuloeta, Wilson Alejandro (orcid.org/0000-0001-7030-6345)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA :

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO — PERÚ

2023

DEDICATORIA

Jonathan Josué.

A Dios por siempre estar presente en mi vida, por nunca haberme abandonado en mis momentos más difíciles y por darme la inteligencia, sabiduría y resiliencia para poder conseguir mis metas trazadas.

A mis abuelos y mi madre, quienes con su paciencia, cariño y dedicación han sabido orientar mi camino apoyándome incondicionalmente en cada paso que he dado en este corto tiempo de vida, así como también a nivel personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por haberme permitido alcanzar este objetivo, así como también a la Universidad César Vallejo, a mis abuelos y a mi madre por su apoyo incondicional en todo el trayecto y desarrollo de mi vida personal y profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	12
3.2. Variables, Operacionalización	12
3.3. Población y muestra.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN.....	48
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Capacidad de caudal de la motobomba Honda-HJ/4/13C	15
Tabla 2: Tiempo de riego según días para cada campaña	16
Tabla 3: Tiempo de riego en horas según días de cada campaña.....	16
Tabla 4: Requerimiento hidráulico en la parcela según campaña.....	18
Tabla 5: Estadísticos de riego para los días después del día 0	19
Tabla 6: Coordenadas de la parcela.....	19
Tabla 7: Radiación horizontal en la zona.....	20
Tabla 8: Horas solares pico en la parcela.....	21
Tabla 9: Caudal de bombeo usado en ambos pozos.....	22
Tabla 10: Alturas de los puntos y disposición de estaciones de bombeo.....	23
Tabla 11: Velocidades dentro una tubería cerrada	25
Tabla 12: Diámetro según velocidades establecidas	25
Tabla 13: Diámetros permisibles para el sistema de bombeo.....	26
Tabla 14: Velocidad real según diámetro comercial	26
Tabla 15: Pérdidas por fricción en el pozo 2.....	28
Tabla 16: Pérdidas en accesorios	30
Tabla 17: Pérdidas totales en el sistema	30
Tabla 18: Altura total de bombeo.....	31
Tabla 19: Potencia hidráulica de bombeo.....	35
Tabla 20: Eficiencia de la bomba.....	35
Tabla 21: Potencia del campo solar	36
Tabla 22: Características técnicas del controlado de bombeo solar INVT de 5.5 kW	37
Tabla 23: Características técnicas del panel solar Deep Blue 3.0 JA Solar	37
Tabla 24: Arreglos de paneles en serie y voltaje que generan	38
Tabla 25: Paneles en serie colocados en paralelo	39
Tabla 26: Cantidad de paneles totales para cada arreglo.....	39
Tabla 27: Costo de gasto con sistema de riego actual por motobomba.....	41
Tabla 28: Consumo de combustible por cada motobomba.....	42
Tabla 29: Costo de bombeo por motobomba	42
Tabla 30: Costo de mantenimiento para cada motobomba.....	43
Tabla 31: Costo total de riego actualmente en la parcela	43
Tabla 32: Costo de suministro de materiales por pozo	43
Tabla 33: Gasto por mantenimiento del sistema de bombeo fotovoltaico	45
Tabla 34: Gastos con el sistema de bombeo fotovoltaico	45
Tabla 35: Balance de caja	46
Tabla 36: Evaluadores económicos TIR y VAN	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Referencia comparativa entre los tiempos utilizados para cada campaña.....	17
Figura 2: Ubicación de altura y puntos.....	22
Figura 3: Altura de aspiración de cada pozo.....	24
Figura 4: Longitud de la tubería.....	27
Figura 5: Bosquejo del sistema de bombeo para considerar sus accesorios.....	29
Figura 6: Altura geodésica.....	31
Figura 7: Gráfica caudal vs altura para bombas sumergibles pedrollo 6x”.....	32
Figura 8: Diagrama del sistema fotovoltaico.....	40

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue el de realizar un diseño de un sistema de riego fotovoltaico para suministrar agua a 7 hectáreas de arroz en el distrito de Guadalupe, esta investigación es del tipo aplicada, no experimental del nivel descriptivo.

La demanda hídrica de la parcela de 7 hectáreas es de aproximadamente 383 m³, para el sistema de bombeo se ha considerado y/o estimado una bomba de 5.5 kW para cada pozo, con un campo solar de 9 x 2 de 18 paneles de 500 Wp, teniendo un presupuesto de S/ 56,823.04 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/ 8,434.18 la evaluación económica se toma como factible ya que los evaluadores económicos VAN y TIR rentables con S/ 5,616.93 y 11% respectivamente a una tasa de interés del 10%.

Palabras clave: Costos de riego, fotovoltaico, riego fotovoltaico.

ABSTRACT

The objective of the present research was to design a photovoltaic irrigation system to supply water to 7 hectares of rice in the district of Guadalupe, this research is of the applied, non-experimental type of the descriptive level.

The water demand of the 7-hectare plot is approximately 383 m³, for the pumping system a pump has been considered and/or estimated. 5.5 kW for each well, with a 9 x 2 solar field of 18 panels of 500 Wp, having a budget of S/ 56,823.04, all the savings that would be generated with the application of the project were used as income for the project, establishing this saving as utility of the project in a total of S/ 8,434.18, the economic evaluation is taken as feasible since the economic evaluators NPV and IRR profitable with S/ 5,616.93 and 11% respectively at an interest rate of 10%.

Keywords: Irrigation costs, Photovoltaic, Photovoltaic irrigation.

I. INTRODUCCIÓN

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 internacional. 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 permacultura y/o agricultura sostenible sea uno de los más grandes desafíos en la actualidad (Fao, 2017).

Los sistemas de riego adecuados son de intención agrícola el cual es un tema de suma relevancia a nivel global ya que en esta práctica se usa el 70% del agua que se extrae a nivel internacional siendo una proporción mayor que el “uso consuntivo del agua”, más de 330 millones de hectáreas de cultivo en el mundo tienen sistemas de riego, donde el agua utilizada para la siembra manifiesta el 20% del total del espacio donde se cultiva y esta contribuye el 40% de la utilidad de los alimentos a nivel mundial (Bancomundial, 2017).

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 hay una influencia notable en el rendimiento 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 con 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 (Midagri, 2017).

Actualmente el riego realizado en las 7 hectáreas de cultivo de arroz se realiza mediante bombas impulsadas por motores de combustión interna, llamado motobombas, este tipo de riego tiene altos costos en la producción del cultivo de arroz, lo cual genera una disminución de la utilidad a la hora de su comercialización Cabe resaltar que el arroz es uno de los productos que mayor dependencia de agua, debido a su proceso de producción el cual es por inundación y el gasto por riego se eleva al utilizar las motobombas para lograr los niveles de riego requerido en las siete hectáreas. Las fuentes de recursos hídricos son dos pozos de agua ubicados dentro de la parcela en estudio, cada uno riega casi la mitad del terreno y se ubican en los sitios más elevados de la parcela.

Considerando la realidad problemática prevista la formulación del problema se enmarca en la siguiente interrogante ¿se reducirá el gasto de riego con un diseño de un sistema de riego fotovoltaico en siete hectáreas de arroz en el distrito de Guadalupe?

El objetivo general de la presente investigación se establece como diseñar un sistema de riego fotovoltaico para reducir el gasto de riego en siete hectáreas de arroz en el distrito de Guadalupe, para lograr este objetivo general se deben cumplir los siguientes objetivos específicos: Determinar el requerimiento hídrico del cultivo de arroz para las 7 hectáreas de cultivo de arroz; Seleccionar los componentes requeridos para el sistema de riego fotovoltaico y Determinar la reducción de los gastos de riego mediante una evaluación económica.

Dicho ello, habiendo planteado la formulación del problema se genera la siguiente hipótesis como respuesta a la interrogante planteada en el párrafo precedente sería si se puede reducir el gasto de riego con un diseño de un sistema de riego fotovoltaico en siete hectáreas de arroz en el distrito de Guadalupe.

II. MARCO TEÓRICO

(Bolaños Rodríguez, Perea Hernández, & Rivera Sánchez, 2019) en su tesis “sugerida de bombeo solar para un sistema de riego agrícola semi automatizado a través de un tanque elevado en el Municipio de Tecámac, Estado de México”, 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 economía 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 kilolitros de agua al día lo que llevó 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.

(Martínez, 2022) en su publicación “Viabilidad económica de diferentes técnicas de riego presurizado a pequeña escala con bombeo fotovoltaico” presenta como propósito y/o objetivo analizar la técnica de riego a partir de su diseño y la evolución económica de 3 técnicas de riego que fueron la expresión semi estacionaria, el goteo y por medio de enrolladores, cada 1 de estos sistemas involucra alimentación fotovoltaica y también se generan para la misma área de 5 hectáreas para cultivos de hortalizas, en condiciones de aislamiento y con un bombeo directo. Al presentar sus resultados establece que es el riego por goteo debido a que tiene una menor demanda de energía y una mayor viabilidad para

tener el suelo con potenciales de humedad superiores a los otros riegos, lo establecen como el sistema que mayor rendimiento agrícola presenta siendo así la propuesta más atractiva económicamente aun teniendo un presupuesto base demasiado alto lo cual afecta a los indicadores económicos en un inicio, pero en la evolución del tiempo lo establece como viable. En cuanto a la evaluación y/o tasación económica se obtuvo un valor de UNDI de 122.3 MCUP/año aún después de impuestos, y un vínculo de beneficio costo de 1.2 el periodo de restablecimiento de inversión se estableció en 7.52 años, siendo un indicador desfavorable en comparación con el generado para el riego de aspersión semi estacionaria que fue de 4.77 años, sin embargo, con una UNDI de sólo 95.8 MCUP/ año, la evaluación económica para los enrolladores no resultó viable con ningún indicador.

(Davalos, 2019) en su investigación “Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el caserío La Guayaba, Distrito de Bellavista, Jaén – Cajamarca” En la cual tiene como propósito y/o objetivo de diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para regar una hectárea de yuca en el caserío la Guayaba del distrito de Bellavista ubicada en Jaén Cajamarca. Actualmente el sistema de riego que tiene se realiza por medio de motobomba el cual hace un procedimiento y/o método que utiliza combustibles fósiles para su funcionamiento mantiene un costo de operación y mantenimiento alto además de generar contaminación ambiental de manera directa por los gases de efecto invernadero (GEI) que arroja. Para el diseño de sistema fotovoltaico se utilizaron datos que fueron obtenidos de la página web de la NASA para una radiación de 3,71 kWh/m² día en un ángulo óptimo para la localidad de 7. 5°, se determinó una demanda hídrica de 40 m³ por día para lo cual se requiere una energía de 3117.4 Wh/día, la selección de la motobomba se realizó por medio del requerimiento de altura y caudal la electrobomba seleccionada es de corriente continua modelo PS1800 C-SJ8-7. Para la generación de energía se utilizaron 16 paneles fotovoltaicos es una configuración de 8 en serie y 2 en paralelo la evaluación y/o cálculo económico resultó con un VAN y un TIR de \$15976,67 y

9% respectivamente.

(Sangucho & Villacis, 2021), en su investigación “Diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua, alimentado por un sistema fotovoltaico para riego por goteo en el barrio Rumipamba de Navas- Salcedo” que tuvo como objetivo ejecutar un sistema de bombeo suministrado por energía fotovoltaica para riego por goteo del Barrio Rumipamba de Navas-Salcedo, Esta investigación se realizó utilizando la metodología experimental realizando una propuesta tecnológica para abastecer de manera alternada los sistemas de bombeo de 3 invernaderos de tomate con áreas de 3000 m², 2000 m² y 1300 m² respectivamente, el sistema diseñado cuenta con 3 paneles y 3 baterías cómo Banco de acumulación utiliza un regulador de carga y descarga de baterías y alimento una bomba de $\frac{3}{4}$ de HP para el riego de los vivero, cuando se implementó el sistema se determinó qué funciona correctamente con una corriente de 6 amperios y una corriente máxima de 34.

(Soukaina, 2020), en su publicación “Riego fotovoltaico con módulos bifaciales” establece como objetivo diseñar y simular sistemas de riego fotovoltaico utilizando módulos bifaciales. La unidad de análisis para este proyecto fue un sistema de riego fotovoltaico en Villena, Alicante, España, este sistema cuenta con un campo solar de 360 kWp, con módulos mono faciales y un seguidor solar de norte a sur con eje horizontal siendo utilizados para bombeo contra balsa. Para el seguidor solar se estableció una separación de 3 m entre fila y una altura de 0.8 m para la configuración estática la sección entre filas solamente es de 1.2 m con una inclinación de 30° para todo el año y una altura de 1 m. El resto de características son referenciadas por los parámetros de local donde sí instalará el sistema y de los módulos que se han seleccionado, realizando una comparación entre los módulos monofaciales y bifaciales con las dos estructuras de análisis se estableció en el caso del seguidor los bifaciales permiten una ganancia de 2.3% en cuanto a volumen de agua al año a diferencia de con la estructura estática esta ganancia llega a ser del 7%.

(Chamba & Oyague, 2022), en su publicación “Análisis y diseño fotovoltaico para un sistema de riego ubicado en el Cantón Mocache” tuvo como objetivo la realización del análisis de un riego fotovoltaico para ayudar a los comuneros de la región a suplir las necesidades de agua que tienen, para realizar este trabajo se utilizó el recojo de datos por medio del software (PVsyst) con el cual se realizaron varias simulaciones al entregar datos e interpretar las respuestas que manifiesta el software. Con este programa se realiza el estudio y análisis del cambio del sistema convencional para riego utilizado en la parcela que se genera con moto bomba alimentada con diésel a un sistema fotovoltaico que alimenta energía a una electrobomba mejorando las pérdidas en el cultivo por riego. En esta investigación se establecen los cálculos para determinar todos los detalles del sistema fotovoltaico planteado y se exhiben los planos a detalle para realizar la instalación del dicho sistema.

El primer aspecto que se menciona es que la radiación solar es la energía que emana del sol en dirección a la tierra, la cual se esparce en todas las direcciones del universo a través de ondas electromagnéticas. Estas se emiten de la superficie del sol y determinan el funcionamiento de los procesos climatológicos y atmosféricos. Además, esta energía es la responsable de todas las circunstancias de crecimiento cotidianas, como la fotosíntesis en las plantas, la temperatura requerida para la vida en el planeta, la formación de las corrientes de aire, de las mareas y demás (Iberdrola, 2021).

El sol es un astro que emite radiación de forma corta y esta se debilita durante su viaje a la tierra sobre todo al atravesar la atmósfera debido a la presencia de nubes y partículas en suspensión o gases. Al llegar a la tierra la radiación logra alcanzar la superficie de la tierra y el océano así se refleja o se absorbe en ellas. Al final esta es reflejada nuevamente al espacio en forma de radiación también, pero de ondas largas (Iberdrola, 2021).

Los paneles solares son paneles que generan electricidad partiendo de la radiación lumínica del sol cuando esta llega a la superficie del panel, estos constan de una cantidad de células llamadas “Células Fotovoltaicas” que realizan dicha conversión de radiación solar en electricidad todo esto se da debido al material del cual son constituidas, que pertenecen al tipo de Semiconductor, estas se forman por dos tipos de semiconductores que debido a su proximidad cuando son alcanzados por los fotones de la luz solar generan un campo eléctrico que produce electricidad (Autosolar, 2021).

Existen varios tipos de paneles solares, aunque todas son compuestas de células de silicio ya que son las más utilizadas para la producción de esta tecnología, el rendimiento depende de cómo se forme la estructura de la célula solar, las monocristalinas están constituidas por un solo cristal de dimensiones grandes que se corta en láminas finas, estas son las más avanzadas y de mayor rendimiento, otro tipo son las células policristalinas las que se constituyen de diferentes cristales de menor rendimiento pero de un proceso de elaboración más corto y económico, por último tenemos las de silicio amorfo que no está formada por cristales concretamente pero son las más baratas y por ende las de menor rendimiento (Autosolar, 2021).

El controlador de bombeo solar requiere de elementos específicos para poder controlar el funcionamiento de la bomba de manera directa con la instalación y/o instauración de los paneles fotovoltaicos, por lo que se requiere que la bomba sea directamente alimentada por los paneles solares. El Controlador de Bombeo Solar es el encargado de esta función, es decir, de dirigir la energía provocada por los paneles hacia la bomba de agua con los parámetros necesarios para que esta pueda realizar sus funciones sin problemas (Autosolar, 2021).

El bombeo solar es un sistema consiste en hacer funcionar de manera directa una bomba de agua eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos, esta

alternativa es segura, sustentable y económica, pues permite utilizar la energía disponible del sol dejando atrás el combustible o la energía de la red eléctrica que difícilmente llega a zonas rurales donde se requiere bombear agua para necesidades de cultivo o sanidad. Este es una solución sostenible para necesidades de amplio volumen que cuenta con ventajas como mantenimiento prácticamente nulo y larga vida útil (Indisect, 2021).

La evaluación técnico económica es un herramienta que es empleada para el análisis de proyectos de inversión esta responde a la interrogante si es que el proyecto es rentable o no, es decir que gracias a este recurso se establece que si la inversión de recursos financieros hacia un proyecto es recomendable o por el contrario debería ser rechazada al no ser factible económicamente lo que generaría pérdidas a la inversión al no ser capaz de generar flujos de caja que pueda permitir una ganancia de la inversión pedida (Millaá, 2008).

El valor actual neto (VAN) es una herramienta financiera que permite comparar el valor actual de una inversión con su coste inicial, para ello, se evalúa con el valor actual de los flujos de caja futuros, tanto positivos como negativos, descontando los flujos futuros a una tasa de descuento determinada (Esan, 2019).

Para interpretar el valor actual neto (VAN), se debe comparar el beneficio neto actualizado (BNA) con la tasa de descuento (TD), si la TD es mayor y/o ascendente que el BNA, el VAN es negativo y la inversión no es rentable. Si la TD es menor que el BNA, el VAN es positivo y la inversión es rentable. Si la TD es igual al BNA, el VAN es cero y la inversión es indiferente (Altuve, 2004).

Para determinar VAN se calcula con la ecuación (1).

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

Dónde:

I_0 : Inversión inicial

F_t : Flujos futuros

k : Tasa de descuento

La tasa interna de retorno (TIR) es un itinerario que permite evaluar y/o estimar la rentabilidad de una inversión, si la TIR es superior a la tasa de descuento (TD), entonces la inversión es rentable, cuando los beneficios futuros superan el coste inicial; Por el contrario, si la TIR es inferior a la TD, entonces la inversión no es rentable, cuando los beneficios futuros son menores que el coste inicial (Esan, 2019).

La tasa interna de retorno (TIR) es un indicador fiable para evaluar la rentabilidad de una inversión concreta, pero no para comparar la rentabilidad de dos inversiones de diferente naturaleza. Esto se debe a que la TIR no tiene en cuenta las posibles diferencias de magnitud o duración entre las dos inversiones (Esan, 2019).

El VAN y la TIR son dos indicadores que permiten saber si una inversión es rentable, es de menester mencionar que los inversionistas y/o negociantes son piezas fundamentales, ya que son estos los interesados en los resultados de los indicadores, puesto que de ellos depende la suma dineraria que se necesita y/o requiere invertir y los beneficios que se esperan obtener (Esan, 2019).

Para disponer el TIR se calcula con la siguiente Ecuación (2).

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Dónde:

F_n : Flujo de caja en el periodo n

n : Numero de periodos

i : Valor de la inversión inicial

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación

Esta tesis es aplicada ya que los resultados que se obtenga de esta buscan resolver y/o absolver un problema concreto y práctico; es por ello que, los datos se recopilan de forma directa, a través de la observación directa.

Diseño

La presente investigación se ejecutó con un diseño no experimental puesto que no se manipuló ninguna de las variables, es así que los datos se recopilaron tal cual se presentan en la realidad.

3.2. Variables, Operacionalización

Variable independiente: Diseño de un Sistema de riego fotovoltaico.

Variable dependiente : Reducir el gasto de riego

3.3. Población y muestra

Población

Gasto de riego en siete hectáreas de arroz en el Distrito de Guadalupe.

Muestra

Gasto de riego en siete hectáreas de arroz en el Distrito de Guadalupe en el año 2022.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Análisis de documentos

Esta técnica se utilizó para realizar el recojo de datos de los registros físicos que se llevan en la parcela para obtener el requerimiento hídrico que han tenido durante el año 2022.

Instrumentos de recolección de datos

Se utilizó una ficha de análisis de documentos que se nombró “recurso hídrico” el cual es un formato generado para registrar los datos de utilización de agua durante el año 2022 registrando el tiempo de utilización de las motobombas y considerando sus aspectos técnicos de caudal establecer el costo de riego en la parcela.

3.5. Procedimientos

El desarrollo de esta investigación se inició determinando el requerimiento hídrico del cultivo de arroz al día de la parcela, luego con el requerimiento de agua diario y la radiación solar se dimensiona y seleccionan los componentes requeridos para el sistema de riego fotovoltaico y después se decidirá la reducción de los gastos de riego mediante una evaluación económica estableciendo su factibilidad.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos de gastos de riego proporcionan la cantidad de volumen utilizado en la parcela para establecer el recurso hídrico esto se desarrolla mediante estadística descriptiva en el cual se utilizaron los parámetros de

promedio, valores mínimos y máximos. Se utilizó el software Excel para el proceso de los datos obtenidos.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación se ejecutó respetando la ética profesional del ingeniero, establecida en el código deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú. También se respetaron los argumentos de los autores citados en la redacción de la investigación, y se trabajó de manera honesta en la recopilación de información.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinar el requerimiento hídrico del cultivo de arroz al día de la parcela

La parcela pertenece al ámbito familiar y designa sus terrenos al cultivo de arroz desde hace aproximadamente 15 años, durante todo este tiempo se han tenido requerimiento de agua para el cultivo que han satisfecho por servicio de riego durante épocas que no podían solventar su sistema propio y desde hace 5 años por medio de una motobomba propia, en la actualidad cuentan con dos motobombas Honda-HJ/4/13C, con una salida de 4 pulgadas cada una de ellas, con estas solventan agua al riego durante las campañas de cultivo. La ficha técnica de estas motobombas se muestra en el anexo 3 pero dentro de ellas se exhibe la capacidad de caudal del equipo el cual se observa en diferentes unidades en la tabla 1.

Tabla 1: Capacidad de caudal de la motobomba Honda-HJ/4/13C

Caudal	Unidad
2280	l/min
136.8	m ³ /h
0.038	m ³ /s

Fuente: Elaboración propia.

En la parcela cultivo que se produce es arroz este cultivo se riega por inundación el procedimiento es llenar todas las hectáreas con una lámina de agua aproximadamente de 5 cm, con un tiempo de riego por campaña de 120 días, este riego empieza desde el día 0 que es cuando se pone la semilla y se inunda por completo el cultivo, a partir de ahí se rellena las pozas cada 7 días aproximadamente de acuerdo a su requerimiento para mantenerlas siempre con la película de agua mencionada en la tabla 2 se observa los días y horas de riego para cada campaña.

Tabla 2: Tiempo de riego según días para cada campaña

Días	Campaña 1	Días	Campaña 2
	Tiempo (h:m)		Tiempo (h:m)
0	16:0	0	15:0
7	2:42	6	2:24
14	2:48	13	2:30
21	2:48	20	2:36
28	2:36	27	2:42
35	2:42	36	2:42
42	2:42	43	2:48
49	2:36	50	2:48
56	2:36	57	2:42
63	2:42	62	2:48
72	2:36	69	2:30
76	2:30	76	2:48
83	2:48	85	2:36
92	2:30	92	2:42
99	2:48	99	2:48
105	2:42	106	2:48
113	2:30	113	2:42
118	2:42	120	2:42

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 se observan los días que se riego del cultivo que fueron los que se registraron durante el año 2022 para cada campaña como se observa en la tabla 2 el riego en el día 0 duró más de medio día para ambas campañas utilizando ambas bombas esto se debe a que se inundó toda la parcela, mientras que el resto de días que se regó solo se le agrego lo suficiente para mantener la lámina de agua a 5 cm aproximadamente. También se ve que el tiempo registrado se ha hecho en horas y minutos, en la tabla 3 se exhibe el tiempo referenciado solamente en horas.

Tabla 3: Tiempo de riego en horas según días de cada campaña

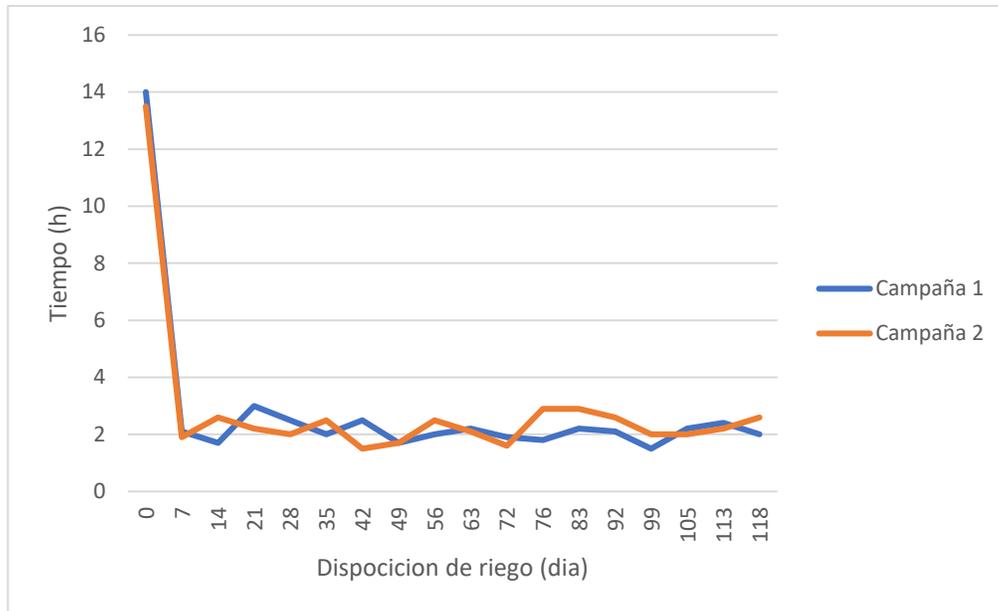
Días	Campaña 1	Días	Campaña 2
	Tiempo (h)		Tiempo (h)
0	16	0	15

7	2.7	6	2.4
14	2.8	13	2.5
21	2.8	20	2.6
28	2.6	27	2.7
35	2.7	36	2.7
42	2.7	43	2.8
49	2.6	50	2.8
56	2.6	57	2.7
63	2.7	62	2.8
72	2.6	69	2.5
76	2.5	76	2.8
83	2.8	85	2.6
92	2.5	92	2.7
99	2.8	99	2.8
105	2.7	106	2.8
113	2.5	113	2.7
118	2.7	120	2.7

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se muestra el tiempo de riego de cada día considerando solamente la magnitud en horas, los minutos se dividieron entre 60 estableciendo su equivalencia en horas y sumándose a las horas de cada registro. En la figura 1 se exhibe la referencia de tiempo utilizado para ambas campañas.

Figura 1: Referencia comparativa entre los tiempos utilizados para cada campaña



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1 se aprecia que la evolución del riego para cada campaña es muy parecida esto se debe al proceso repetitivo y asertivo que han adecuado los agricultores de la parcela para mejorar sus productos. Considerando el caudal de suministro de las bombas se determina el requerimiento hidráulico por día para cada bomba de riego según la campaña en la tabla 4 ya que el tiempo registrado es del uso de las dos bombas utilizadas al unísono.

Tabla 4: Requerimiento hidráulico en la parcela según campaña

Días	Campaña 1		Días	Campaña 2	
	Volumen (m3)			Volumen (m3)	
0	2189		0	2052	
7	369		6	328	
14	383		13	342	
21	383		20	356	
28	356		27	369	
35	369		36	369	
42	369		43	383	
49	356		50	383	
56	356		57	369	
63	369		62	383	

72	356	69	342
76	342	76	383
83	383	85	356
92	342	92	369
99	383	99	383
105	369	106	383
113	342	113	369
118	369	120	369

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4 se muestra el volumen requerido según las horas de bombeo establecidas en la tabla 3 y el caudal de cada motobomba según su ficha técnica. Como se ve en los días 0 el requerimiento es abundante debido a que se requiere inundar las 7 hectáreas de cultivo, para el resto de días se muestra los estadísticos en la tabla 5.

Tabla 5: Estadísticos de riego para los días después del día 0

Campaña	Promedio	Máximo	Mínimo	Unidad
1	365	383	342	m3
2	367	383	328	m3

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Dimensionar y seleccionar los componentes requeridos para el sistema de riego fotovoltaico en la parcela

4.2.1. Caudal de bombeo

Para el caudal de bombeo se determina el requerimiento de agua máximo en un día y el tiempo que se tiene para cubrir este requerimiento, el tiempo de bombeo en un sistema fotovoltaico está condicionado con las horas solares pico estas se estiman de la radiación en la zona de diseño, en la tabla se muestran las coordenadas en el centro del fundo.

Tabla 6: Coordenadas de la parcela

Norte	Sur
7°14'00"	79°24'05"

Fuente: Elaboración propia.

Considerando las coordenadas mostradas en la tabla 6 se recogen los datos de radiación de la página web de la nasa en su software online DataPower la radiación en la zona se exhibe en la tabla 7.

Tabla 7: Radiación horizontal en la zona

Mes	Radiación horizontal (kWh/m2)
Enero	5.87
Febrero	5.85
Marzo	5.88
Abril	5.51
Mayo	4.99
Junio	4.33
Julio	4.34
Agosto	4.78
Setiembre	5.09
Octubre	5.71
Noviembre	6.18
Diciembre	6.15

Fuente: Elaboración propia.

Considerando los datos de la tabla 7 se tiene una radiación máxima para el mes de diciembre de 6.15 kWh/m2 y una mínima para el mes de junio de 4.33 kWh/m2, estableciendo el criterio del mes más crítico se utiliza la radiación de 4.33 kWh/m2 ya que al establecer un sistema que pueda trabajar con la mínima radiación en el año el resto del año tendrá la capacidad de satisfacer la demanda ya que existe más radiación. Las horas solares pico de aprovechamiento de radiación solar se obtienen con la ecuación 3.

$$HSP = \frac{R}{G} \quad (3)$$

Dónde:

HSP : Horas solares pico

R : Radiación

G : Irradiancia

La irradiancia tiene una magnitud estándar de 1000 W/m², que es a la que se diseñan y fabrican los paneles, teniendo en cuenta este dato se establece las horas solares pico con la radiación más crítica en la tabla 8.

Tabla 8: Horas solares pico en la parcela

Parámetro	Cantidad	Unidad
R	4.33	kWh/m ²
G	1	kW/m ²
HSP	4.33	h

Fuente: Elaboración propia.

Según lo mostrado en la tabla 8 se tendrá disposición de 4.33 horas para realizar el riego y teniendo en consideración el máximo requerimiento de la tabla 5 de 383 m³ se determina el caudal requerido por la bomba según la ecuación 4.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (4)$$

Dónde:

Q : Caudal

V : Volumen

t : Tiempo

Así considerando la máxima demanda de volumen que se establece durante la campaña 2 excluyendo el requerimiento del día 0, y el tiempo que se dispone

de energía solar que son las HSP se muestra en la tabla 9 el caudal de bombeo que se requiere de cada pozo según los datos recogidos el mostrado en la tabla 9.

Tabla 9: Caudal de bombeo usado en ambos pozos

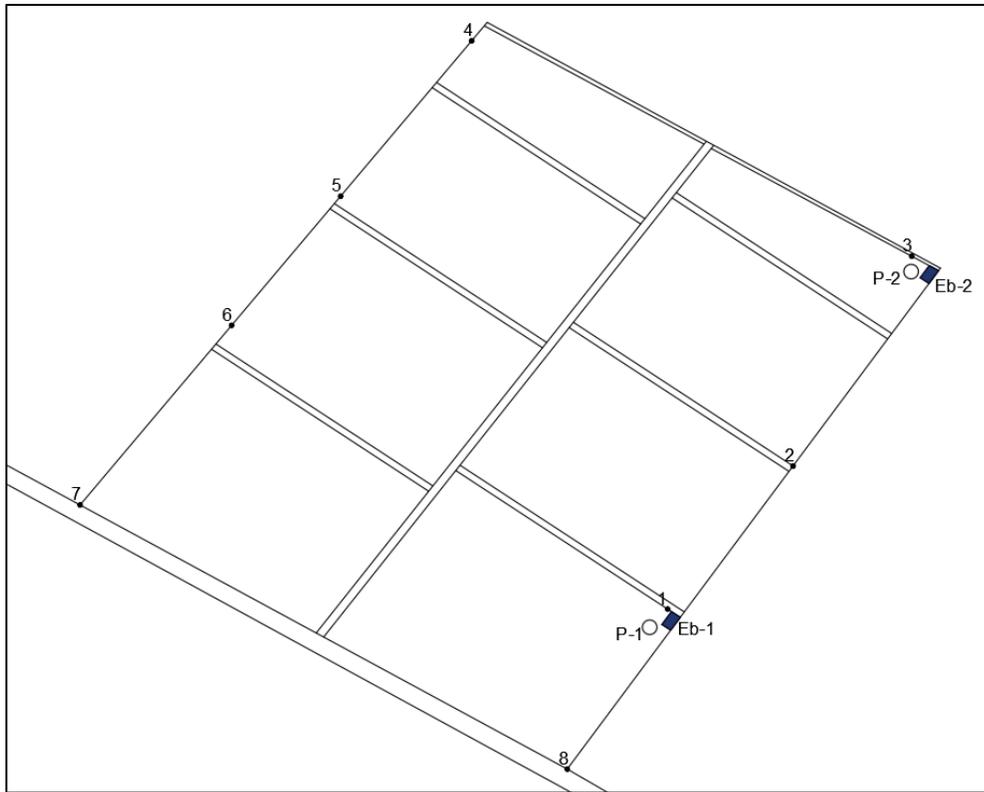
Parámetro	Cantidad	Unidad
Q	88.46	m ³ /h
t	4.33	h
V	383	m ³

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Altura de posos

Para establecer las pérdidas en tuberías se determina la posición de las estaciones de bombeo teniendo en cuenta la ubicación de la descarga para que inunde la parcela en la figura 2 se muestra las condiciones de ubicación y alturas en la parcela.

Figura 2: Ubicación de altura y puntos



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se exhibe la localización de los pozos (P) y las estaciones de bombeo (Eb), así como los puntos de las alturas del terreno en la tabla 10.

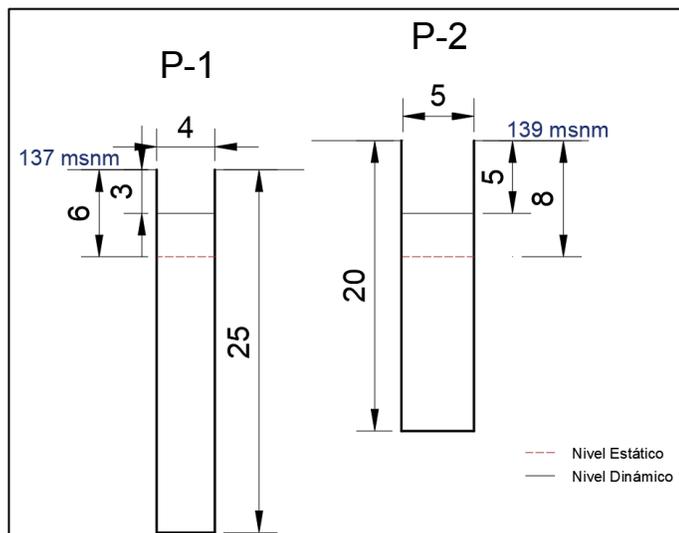
Tabla 10: Alturas de los puntos y disposición de estaciones de bombeo

Descripción	Altura (msnm)
Eb-1	137
Eb-2	139
P-1	137
P-2	139
1	137
2	138
3	139
4	136
5	136
6	134
7	134
8	136

Fuente: Elaboración propia.

Esto indica que la posición de las estaciones de bombeo según el tipo de riego (riego por inundación) están bien ubicadas y podrán otorgar cubrir todo el terreno desde su posición debido a la gravedad. Cabe mencionar que las electrobombas serán ubicadas en la posición que tenían las motobombas por lo que experimentalmente está demostrado para la parcela que es la mejor ubicación para ambas estaciones de bombeo. Así que la altura a cubrir solamente sería la establecida por la altura del nivel de agua estático que se evidencia en la figura 3.

Figura 3: Altura de aspiración de cada pozo



Fuente: Elaboración propia.

La altura en ambos pozos varía por la posición de cada pozo con referencia al mar, pero al visitar la zona de estudio se pudo establecer el nivel estático y dinámico del agua al encender las motobombas en sus respectivos pozos y ver hasta donde baja el agua durante el ciclo de riego. así considerando las alturas de aspiración de cada bomba son 6 m y 8 m para cada pozo respectivamente

4.2.3. Diámetro de tuberías

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 (Cengel & Cimbala, 2012) las velocidades mínimas y máximas dentro de un conducto cerrado deben ser las mostradas en la tabla 11.

Tabla 11: Velocidades dentro una tubería cerrada

Velocidad	Cantidad	Unidad
Máxima	5	m/s
Mínima	0.3	m/s

Fuente: Elaboración propia.

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 11 el cálculo se realiza según la ecuación 5.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (5)$$

Dónde:

D : Diámetro de la tubería

Q : Caudal

v : Velocidad del fluido

Esta ecuación 5 se establece de las ecuaciones de caudal y el área de un círculo debido a que el conducto cerrado que se utiliza para el transporte del fluido es una tubería, en la 12 se muestra los diámetros mínimos y máximos que se podrían utilizar para cumplir con las velocidades mostradas.

Tabla 12: Diámetro según velocidades establecidas

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidad
D	0.079	0.323	m
Q	88.46	88.46	m ³ /h
	0.02	0.02	m ³ /s
v	5	0.3	m/s

Fuente: Elaboración propia.

Para poder mantener la velocidad de fluido dentro de los parámetros establecidos por la tabla 12 se selecciona un diámetro comercial de tubería que sea superior a al diámetro teórico establecido para velocidad máxima y debe ser inferior al diámetro teórico establecido por la velocidad mínima en la tabla 13 se exhiben los diámetros mínimo y máximo que se podrían utilizar para el sistema de riego.

Tabla 13: Diámetros permisibles para el sistema de bombeo

	Teórico	Comercial
Mínimo	79	90
Máximo	323	315

Nota. Las medidas están en mm.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestran los diámetros teóricos y según estos los diámetros que no vulneren los cálculos pero que sean comerciales en tubería de fierro, considerando utilizar el diámetro menor debido a las condiciones económicas, la velocidad con este diámetro seleccionado se calcula como velocidad real de fluido, este resultado se exhibe en la tabla 14.

Tabla 14: Velocidad real según diámetro comercial

Parámetro	Cantidad	Unidad
-----------	----------	--------

v	3.86	m/s
Q	88.46	m ³ /h
	0.02	m ³ /s
D	0.09	m

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Pérdidas en tuberías

Las pérdidas en las tuberías se establecen en dos grupos primero las pérdidas primarias, que son las que se generan por fricción y se calculan mediante la ecuación 6 mostrada por (Cengel & Cimbala, 2012).

$$h_r = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

Dónde:

f : Factor de fricción

L : Longitud de la tubería

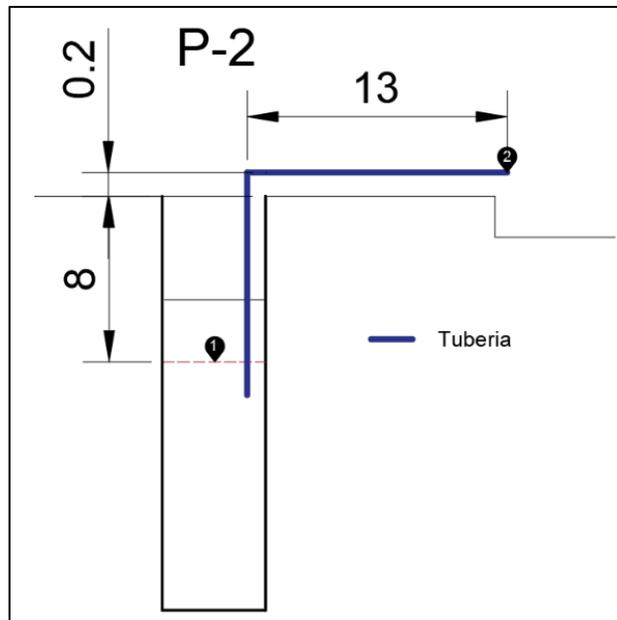
D: Diámetro de la tubería

v : velocidad del fluido

g : Gravedad

El factor de fricción se muestra en el anexo 4, la longitud de la tubería se exhibe en la figura 4, mientras que el diámetro y velocidad se establecieron en el párrafo precedente.

Figura 4: Longitud de la tubería



Fuente: Elaboración propia.

Considerando todos los parámetros para el cálculo de pérdidas primarias se determinan estas solamente para el pozo 2 debido a que es el pozo de mayor necesidad de altura y cubriría también las pérdidas del pozo 1. En la tabla 15 se muestran las pérdidas por fricción.

Tabla 15: Pérdidas por fricción en el pozo 2

Parámetro	Cantidad	Unidad
hr	4.66	m
f	0.026	
L	21.2	m
D	0.09	m
v	3.86	m/s
g	9.81	m/s ²

Fuente: Elaboración propia.

Las pérdidas secundarias se establecen de acuerdo a los accesorios según (Cengel & Cimbala, 2012) mediante la ecuación 7.

$$h_L = K \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

Dónde:

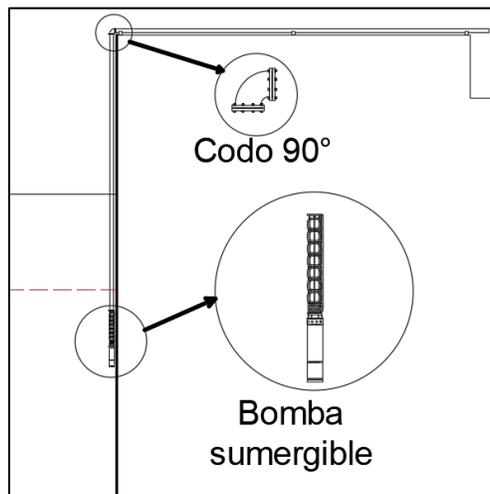
K: Factor por accesorio

v : velocidad del fluido

g : Gravedad

Al ser un sistema que solo se requiere para extraer agua sin ningún tipo de control se planteó el uso de una bomba sumergible por lo que se bosqueja el sistema en la figura 5.

Figura 5: Bosquejo del sistema de bombeo para considerar sus accesorios



Fuente: Elaboración propia.

En el sistema planteado que se observa en la figura 5 solo se exhibe que se utilizara un accesorio que es un codo de 90 grados con bridas este tiene un factor K de 0.9 por lo que las pérdidas en accesorios se muestran en la tabla

Tabla 16: Pérdidas en accesorios

Parámetro	Cantidad	Unidad
h_L	0.68	m
K	0.9	
v	3.86	m/s
g	9.81	m/s ²

Fuente: Elaboración propia.

Las pérdidas totales que tiene el sistema se determinan con la suma de las pérdidas primarias por fricción y las pérdidas secundarias en los accesorios que se exhiben en la tabla 17.

Tabla 17: Pérdidas totales en el sistema

Parámetro	Cantidad	Unidad
hr	4.66	m
hL	0.68	m
hT	5.34	m

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Selección de la bomba

La selección de la bomba se realizó según el caudal requerido y la altura de bombeo esta se determina según (Cengel & Cimbala, 2012) por la ecuación de Bernoulli mostrada como ecuación 8.

$$H_{TE} = \frac{p_B - p_A}{\rho g} + Z + h_T + \frac{v_t^2}{2g} \quad (8)$$

Dónde:

HTE : Altura total de bombeo

p_B : Presión en el punto de salida

p_A : Presión en el punto de entrada

ρ : Densidad

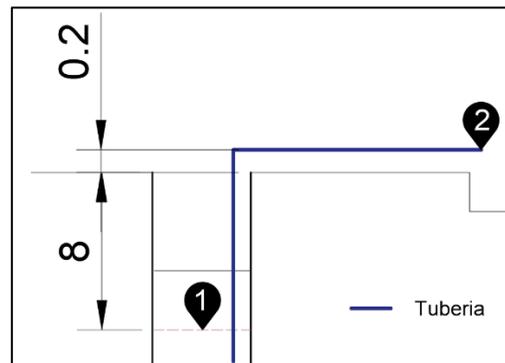
Z : Altura geodésica

Ht : Altura total de pérdidas.

V : velocidad de salida

La altura geodésica es la altura vertical desde el nivel estático del agua en el pozo (punto 1) y la salida de agua para el riego (punto 2) que se exhibe en la figura 6.

Figura 6: *Altura geodésica*



Fuente: Elaboración propia.

La altura geodésica como se muestra en la figura 6 es de 8.2 m, al tener todos los parámetros para determinar la altura total de bombeo se calcula esta y se exhibe el resultado en la tabla

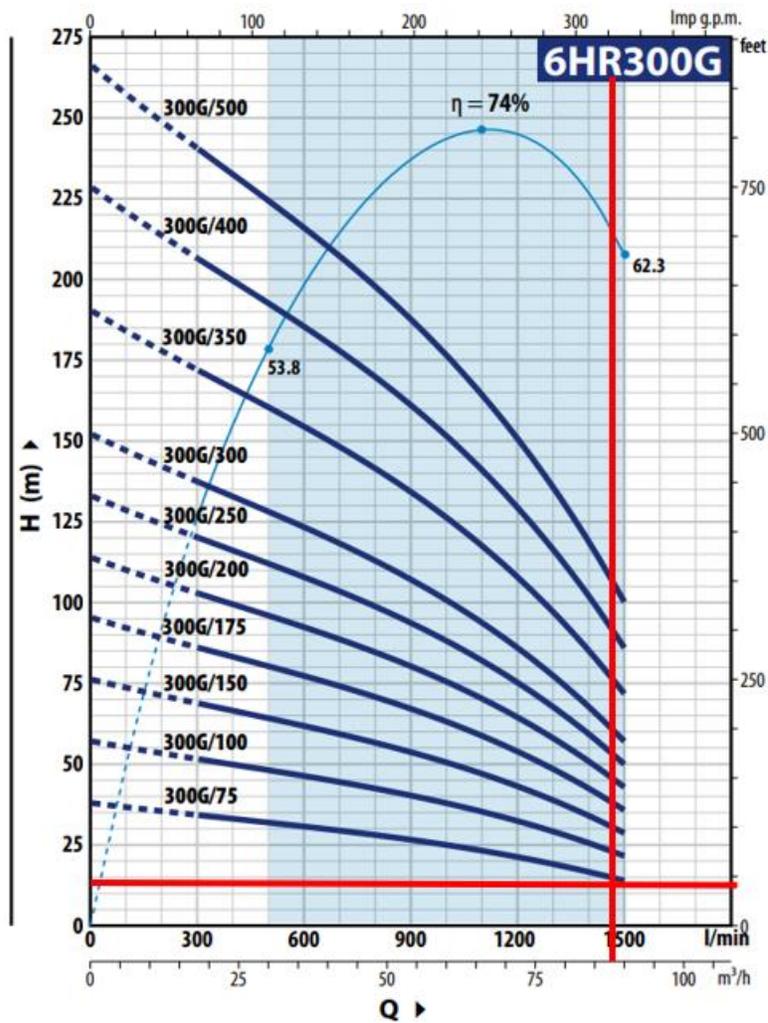
Tabla 18: *Altura total de bombeo*

Parámetro	Cantidad	Unidad
H_{TE}	14.30	m
p	0	Pa
ρ	1000	kg/m ³
g	9.81	m/s ²
Z	8.2	m
h_T	5.34	m
v_t	3.86	m/s

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18 se exhibe que se requiere una altura de 14.30 m con el caudal de bombeo que debe ser de 88.46 m³/h, se determina las bombas que cumplen con este requerimiento en la figura 19.

Figura 7: Grafica caudal vs altura para bombas sumergibles pedrollo 6x"



En la figura 7 se muestran dos líneas rojas una sobre el caudal y otra sobre la altura de bombeo estas determinan las bombas que cubren el requerimiento, se puede ver que todas las bombas de la familia 6HR300G logran satisfacer los requerimientos del sistema, por lo que se selecciona la bomba 300G/75 que es la más pequeña de esta familia de bombas sumergibles.

4.2.6. Potencia del campo fotovoltaico

Para establecer el sistema fotovoltaico se determina la potencia del campo solar este se determina según (Abella & Romero, 2009), con la ecuación 8.

$$P_p = \frac{2.7 V H_{TE}}{\eta_{mb} F_m F_t HSP} \quad (8)$$

Dónde:

- 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

De los parámetros requeridos para la potencia del campo solar la eficiencia y/o eficacia de la bomba se determina de la potencia de bombeo requerida la cual según (Cengel & Cimbala, 2012), se determina con la ecuación 9.

$$\eta_{mb} = \frac{P_{hid}}{P_{mb}} \quad (9)$$

Dónde:

- η_{mb} : Eficiencia de la bomba.
 P_{hid} : Potencia hidráulica.
 P_{mb} : Potencia de la bomba.

La potencia hidráulica se dispone con la ecuación 10 establecida por (Cengel & Cimbala, 2012).

$$P_{hid} = QH_{TE}g\rho \quad (10)$$

Dónde:

P_{hid} : Potencia hidráulica.

H_{TE} : Altura total de bombeo

Q : Caudal

g : Gravedad

ρ : Densidad

Considerando los parámetros de densidad y gravedad como 1000 kg/m^3 y 9.81 m/s^2 los cuales son valores teóricos para el cálculo. Se determina la potencia hidráulica para mover el fluido al caudal requerido, esta se exhibe en la tabla

Tabla 19: Potencia hidráulica de bombeo

Parámetro	Cantidad	Unidad
P_{hid}	3447.63	kW
Q	0.025	m^3/s
ρ	1000	kg/m^3
g	9.81	m/s^2
H_{TE}	14.30	m

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla 19 para determinar la potencia hidráulica en W se convirtió el caudal de m^3/h a m^3/s así se determina la eficiencia y/o eficacia de la bomba teniendo en cuenta la potencia de la bomba seleccionada la cual se puede ver en su ficha técnica en el anexo 03, en la tabla 20 se muestra la eficiencia calculada.

Tabla 20: Eficiencia de la bomba

Parámetro	Cantidad	Unidad
η_{mb}	63%	%
P_{hid}	3447.63	W

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo la eficiencia, se determina los factores de temperatura y de clima el factor por temperatura que 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, por lo que se calcula con la potencia del campo solar y se muestra en la tabla 21.

Tabla 21: Potencia del campo solar

Parámetro	Cantidad	Unidad
P_p	8514.91	W
V	383.04	m ³
H_{TE}	14.30	m
η_{mb}	63%	%
F_m	0.8	
F_t	0.8	
HSP	4.33	h

Fuente: Elaboración propia.

4.2.7. Selección de componentes fotovoltaicos

El primer componente fotovoltaico seleccionado es el controlador de bombeo el cual se establece según la potencia de la bomba en el mercado existe el Controlador Bombeo Solar 380V INVT 5.5KW el cual se utiliza para bombas de 5.5 kW trifásicas siendo ideal para la bomba sumergible seleccionada que tiene un motor de 5.5kW y un sistema de alimentación trifásica, en la tabla 22 se muestran las características técnicas del controlador de bombeo.

Tabla 22: Características técnicas del controlado de bombeo solar INVT de 5.5 kW

Parámetro	Cantidad	Unidad
Voltaje máximo DC	800	V
Voltaje de arranque	220	V
Voltaje de trabajo más bajo	180	V
Voltaje MPP Recomendado	220-750	V

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la cantidad de paneles requeridos se selecciona el panel de mayor potencia en el mercado más cercano a la zona este panel es el Panel Solar 500W Deep Blue 3.0 JA Solar, sus características técnicas se presentan en la tabla 23.

Tabla 23: Características técnicas del panel solar Deep Blue 3.0 JA Solar

Parámetro	Cantidad	Unidad
Potencia máxima	500	Wp
Voltaje en circuito abierto	45.72	V
Voltaje a máxima potencia	38.35	V
Corriente en corto circuito	13.93	A
Corriente en máxima potencia	13.04	A

Fuente: Elaboración propia.

Considerando que el controlador de bombeo tiene un voltaje óptimo de trabajo MPP entre el intervalo de 220 -750 V se determina la cantidad de paneles solares que colocados en serie entregan un voltaje entre este intervalo de valores, estas combinaciones de paneles en serie se muestran en la tabla 24.

Tabla 24: Arreglos de paneles en serie y voltaje que generan

Paneles en serie	Voltaje
6	230.1
7	268.45
8	306.8
9	345.15
10	383.5
11	421.85
12	460.2
13	498.55
14	536.9
15	575.25
16	613.6
17	651.95

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo la potencia total del campo solar se determinan los paneles en paralelo considerando cada arreglo en serie según (Serrano, 2022) la ecuación 9 permite el cálculo teórico de los paneles en serie que se colocaran en paralelo.

$$N_{p,pl} = \frac{P_p}{N_{p,s}P_{pn}} \quad (9)$$

Dónde:

$N_{p,pl}$: Paneles en serie colocados en paralelo

P_p : Potencia del campo solar

$N_{p,s}$: Paneles en serie

P_{pn} : Potencia del panel

Así para cada uno de los arreglos en serie de la tabla 24 se determinan los

paneles en paralelo que se muestran en la tabla 25.

Tabla 25: Paneles en serie colocados en paralelo

Serie	Paneles en paralelo	
	Teórico	Real
6	2.84	3.00
7	2.43	3.00
8	2.13	3.00
9	1.89	2.00
10	1.70	2.00
11	1.55	2.00
12	1.42	2.00
13	1.31	2.00
14	1.22	2.00
15	1.14	2.00
16	1.06	2.00
17	1.00	2.00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25 se aprecia que se tienen dos columnas una “Teórica” que es la aplicación directa de la ecuación 9 y otra columna “Real” esta columna determina la cantidad de paneles en serie conectados en paralelo debido a que estos grupos en serie de panel no se pueden fraccionar se toma la cantidad entera superior al calculado en la columna de series en paralelo teórica. Considerando todos los arreglos se muestran en la tabla 26 la cantidad de paneles totales considerando los series y paralelos calculados.

Tabla 26: Cantidad de paneles totales para cada arreglo

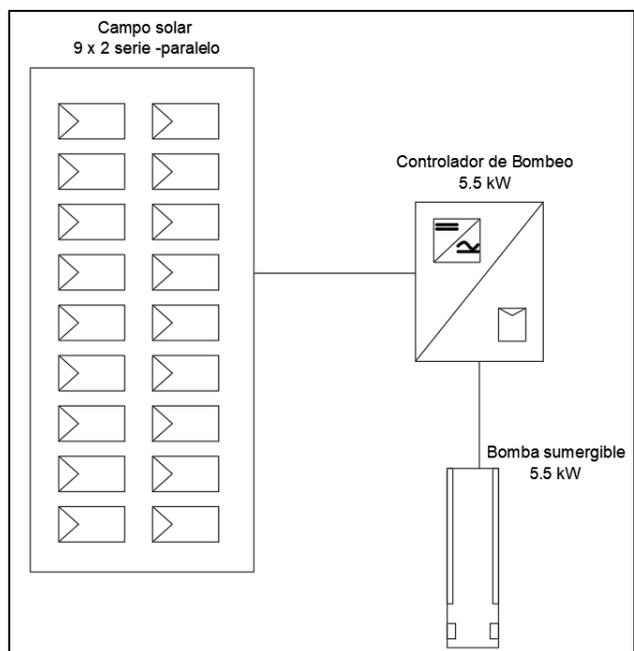
Serie	Paneles en paralelo	Total
6	3.00	18
7	3.00	21

8	3.00	24
9	2.00	18
10	2.00	20
11	2.00	22
12	2.00	24
13	2.00	26
14	2.00	28
15	2.00	30
16	2.00	32
17	2.00	34

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla 26 los totales van desde 18 paneles hasta 34 la selección más oportuna es la que involucra la menor cantidad de paneles, por lo que se establecería la combinación de paneles 6 x 3 y 9 x 2 serie – paralelo, considerando que las combinaciones en paralelo aumentan la intensidad que deben conducir los conductores se decide utilizar la combinación con menores arreglos en paralelo el cual sería de 9 x 2 serie – paralelo, en la figura 8 se exhiben un diagrama que estructura el sistema fotovoltaico.

Figura 8: Diagrama del sistema fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Determinar la reducción de los gastos de riego mediante una evaluación económica

Para establecer la reducción de gastos primero se establece el costo de riego actual que se realiza por motobomba se analiza en primera instancia solamente de una motobomba, considerando la cantidad de horas que trabaja por campaña y con esto las horas totales que se exhiben en la tabla 27.

Tabla 27: Costo de gasto con sistema de riego actual por motobomba

Campaña	Horas de uso
1	61
2	60.6
Total	121.90

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el consumo de la motobomba que es según su ficha técnica 3.7 L/h lo que equivale a 0.98 gal/h se establece cuántos galones al año ha consumido la motobomba, en la tabla 28 se muestra este consumo.

Tabla 28: Consumo de combustible por cada motobomba

Descripción	Cantidad	Unidad
Tempo de uso	121.90	h
Consumo por hora	0.98	gal/h
Consumo al año	119	gal

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 28 evidencia que durante la campaña por cada una de las motobombas se utilizó 119 galones por año considerando que en el año 2022 fue de S/. 23.00 por galón se determinó el costo total de riego con la motobomba el cual se exhibe en la tabla 29.

Tabla 29: Costo de bombeo por motobomba

Descripción	Cantidad
Consumo al año	119
Costo de combustible	24
Costo de combustible usado	S/ 2,867.09

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 29 se aprecia el costo que involucra el bombeo de una sola motobomba para el año 2022 al tener dos bombas el costo ascenderá al doble del mostrado, llegando a ser S/ 5,734.18 por el uso de la bomba, a este costo se le agrega el costo por mantenimiento que de acuerdo a lo registrado por los dueños de la parcela cada una de las motobombas tienen mantenimientos preventivos en un total de 3 al año y por cada uno se tiene un costo considerando el transporte, uso de personal, repuestos y trabajo de mantenimiento que llega a S/. 450.00 por cada vez que se les llevó a dar mantenimiento, en la tabla 30 se exhibe el costo de mantenimiento anual para una motobomba.

Tabla 30: Costo de mantenimiento para cada motobomba

Descripción	Cantidad
Mantenimiento motobomba	S/ 450.00
Cantidad de mantenimientos al año	3
Costo del mantenimiento anual	S/ 1,350.00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30 se exhibe el costo de mantenimiento de cada motobomba al tener dos en la parcela el gasto total anual por mantenimiento llega a ser de S/ 2,700.00, así el costo total del riego en la actualidad al año es el mostrado en la tabla 31.

Tabla 31: Costo total de riego actualmente en la parcela

Descripción	Cantidad
Costo combustible	S/ 5,734.18
Costo por mantenimiento	S/ 2,700.00
Total	S/ 8,434.18

Fuente: Elaboración propia.

Ahora para poder establecer la evaluación económica se determina el gasto que conlleva la compra e instalación de los elementos que conforman el sistema fotovoltaico diseñado en la tabla 32 se exhiben los costos de suministro de materiales para cada pozo.

Tabla 32: Costo de suministro de materiales por pozo

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1.00	<u>Materiales</u>				

1.01	Panel Deep Blue 3.0 JA 500W	u	18	S/	665.64	S/ 11,981.52
1.02	Controlador Bombeo Solar 380V INVT 5.5KW	u	1	S/	2,600.00	S/ 2,600.00
1.03	Electrobomba sumergible 6"	u	1	S/	2,340.00	S/ 2,340.00
1.04	Cable NH-80 - 4 mm2	m	40	S/	14.50	S/ 580.00
1.05	Soporte de aluminio	glb	1	S/	4,500.00	S/ 4,500.00
1.06	Tubería de D° de 90 mm	m	21	S/	105.00	S/ 2,205.00
1.07	Codos embreados de D° de 90 mm	u	1	S/	25.00	S/ 25.00
	SUB-TOTAL 1:					S/ 24,231.52
2.00	<u>Instalación</u>					
2.01	Instalación de bomba con motor	u	1	S/	750.00	S/ 750.00
2.02	Instalación de paneles	u	18	S/	35.00	S/ 630.00
2.03	Instalación de soportes	u	1	S/	1,950.00	S/ 1,950.00
2.04	Instalación de	u	1	S/	350.00	S/

	controlador de					350.00
	bombeo					
2.05	Instalación de cables	m	40	S/	12.50	S/
						500.00
	SUB-TOTAL 2:					S/
						4,180.00
TOTAL						S/
						28,411.52

Fuente: Elaboración propia

El otro gasto que se tiene en cuenta es el gasto de mantenimiento que al ser cotizado por el mismo proveedor de suministro ofrece el costo para mantenimiento mostrado en la tabla 33.

Tabla 33: Gasto por mantenimiento del sistema de bombeo fotovoltaico

Descripción	Cantidad
Mantenimiento electrobomba	S/ 550.00
Cantidad de mantenimientos al año	1
Costo del mantenimiento anual	S/ 550.00

Fuente: Elaboración propia.

Al haber hecho el diseño basado en cada pozo por separado se determina el gasto total al tener dos pozos en la tabla 34 se exhiben el gasto que generaría el sistema completo en su totalidad.

Tabla 34: Gastos con el sistema de bombeo fotovoltaico

Descripción	Cantidad	Pozos	Total
-------------	----------	-------	-------

Gasto por suministro	S/ 28,411.52	2	S/ 56,823.04
Gasto por mantenimiento	S/ 550.00	2	S/ 1,100.00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 34 se muestran los gastos que tendrá el sistema completo, estos gastos no se suman en un total ya que son diferentes uno se hará por única vez al inicio de la construcción mientras que el segundo se realizará de manera repetitiva cada año, la tabla 35 se muestra un balance de caja entre los gastos que genera el proyecto y los gastos que ahorra del riego actual que se toman como utilidad.

Tabla 35: Balance de caja

Año	Inversión	Mantenimiento	Utilidad	Balance de caja
0	S/ 56,823.04			-S/ 56,823.04
1		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
2		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
3		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
4		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
5		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
6		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
7		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
8		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
9		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
10		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
11		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
12		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
13		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
14		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
15		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
16		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
17		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18
18		S/ 1,100.00	S/ 8,434.18	S/ 7,334.18

19	S/	1,100.00	S/	8,434.18	S/	7,334.18
20	S/	1,100.00	S/	8,434.18	S/	7,334.18

Fuente: Elaboración propia.

El proyecto se analizó bajo estos ingresos y egresos considerando una tasa de interés del 11% y un tiempo de vida del proyecto de 20 años, así lo plantea (Herrera, Robin; Vera, Javier, 2020), al realizar este análisis los evaluadores económicos TIR y VAN son los mostrados en la tabla 36.

Tabla 36: Evaluadores económicos TIR y VAN

Evaluador	Cantidad
VAN	S/ 5,616.93
TIR	11%

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla 36 se tiene los evaluadores económicos VAN y TIR, considerando que estos dos evaluadores se determinaron del ahorro en el gasto de riego al utilizar el sistema de riego fotovoltaico propuesto, en comparación con el actual que es por un sistema de dos motobombas trabajando en paralelo, se establece que se genera un ahorro en los gastos de riego muy relevante para lograr evaluadores económicos positivos.

V. DISCUSIÓN

El sistema de riego fotovoltaico que se diseñó tomó como base el sistema de riego por inundación que tiene la parcela al identificar que este sistema ha sido utilizado y adecuado a su cultivo a través de los años de trabajo sobre este terreno, el sistema original cuenta con dos motobombas de 4" con un caudal de 2280 l/min las cuales trabajan en paralelo en pozos diferentes dentro de la parcela los que están ubicados en los puntos más altos del terreno por lo que se logra inundar todo el terreno solamente por gravedad al sacar el fluido del pozo. La parcela es de 7 hectáreas y el cultivo que se tiene es arroz el cual tiene al año dos campañas de 120 días aproximadamente estas se inundan durante el primer riego hasta tener una película de agua de 5 cm aproximadamente, después de este primer riego la parcela debe mantener al cultivo con el agua al nivel mencionado por lo que a partir de ahí en un periodo de 6 a 7 días se rellena nuevamente los cultivos para mantener esta película de agua.

El sistema se dimensionó al determinar el máximo volumen de agua requerido en un día, pero este análisis obvia el volumen del primer riego ya que si se toma este volumen el sistema tendría un sobredimensionamiento de 6 veces más del utilizado durante toda la campaña, solamente para ser utilizado una vez. Una vez analizado el volumen máximo requerido se determinó el caudal considerando las HSP de acuerdo a la mínima radiación al año en la zona que resultó ser de 4.33 kWh/m² para el mes de junio, según esto se determinó la bomba más adecuada que permita solamente el impulso para evitar la cavitación ya que el pozo cuyo nivel estático del agua tiene una profundidad de 8 m y en las bombas de riego se presenta cavitación a esa altura de succión. Se seleccionó y/o eligió una bomba sumergible de 5.5 kW y se seleccionó el controlador de bombeo solar de 5.5 kW, se estableció la potencia del campo solar según el requerimiento híbrido y se determinó su presupuesto generando en conclusión un diseño factible al tener indicadores TIR y VAN superiores al 10% que es la tasa que se utilizó para la evaluación económica.

En cuanto al estudio de (Bolaños Rodríguez, Perea Hernandez, & Rivera Sanchez, 2019) que fue el diseño de un bombeo solar para un sistema de riego agrícola semi automatizado a través de un tanque elevado en el Municipio de Tecámac, Estado de México, entrega la parte más relevante de su estudio en la semiautomatización del sistema por medio de Arduino lo que propone una mejor pero no desde el aspecto de generación sino de estudio y adquisición de datos con su semiautomatización logra mejorar el control pero aumenta la complejidad del sistema lo que se entiende que no sería adecuado para parcelas pequeñas, ya que estas para logara un sistema de riego fotovoltaico requieren que sea el más sencillo posible y además con la tecnología más simple posible para su mantenimiento por parte de los mismo propietarios y el entendimiento de alguna falla que ellos mismos puedan tratar y corregir problemas complejos con la garantía del equipo y/o de la empresa que instalado el sistema

Con respecto a (Martinez, 2022) se estableció una diferencia en cuanto al sistema utilizado fotovoltaico utilizado el antecedente en mención utiliza un sistema con baterías, este sistema manifiesta el adecuado para los tres tipos de riego que analiza pero realmente se adecua a esos riesgos por la baja potencia con la que trabaja siendo la potencia del sistema de riego un factor determinante por el costo que involucra el utilizar baterías, esto se confirma en el caso de la tesis planteada en este informe ya que las bombas de riego para caudales grandes solamente se cuentan en sistemas trifásicos, mientras que si se trata de adúcar bombas en DC o más pequeñas se tendrían cantidades de bombas ridículamente altas para satisfacer las demandas requeridas.

Con respecto a (Davalos, 2019) existe una discrepancia, aunque la eficiencia de la bomba también llega al 65% siendo un valor aproximado al que se encuentra en la tesis de este informe, su sistema al tener un caudal mucho más pequeño en comparación con el que se trabaja en esta tesis presenta un VAN positivo pero un TIR por debajo de la tasa interna utilizada en el mismo antecedente siendo esta de 12.3% y el análisis da 9% pero es aceptado como

válido sin razón aparente. Por el resto del análisis al no tener controlador de bombeo el cálculo realizado se fundamenta en las ecuaciones teóricas y resulta adecuado al interpretarse igual que en la tesis de este informe.

(Sangucho & Villacis, 2021) en su investigación realizan el análisis del mismo modo que la tesis presentada en este informe, es decir determinando el requerimiento de agua seguido del dimensionamiento de la bomba considerando pérdidas, alturas y caudal, paso seguido determinando los componentes solares, la discrepancia es que este sistema fotovoltaico se realiza utilizando la metodología de cálculo para un sistema fotovoltaico domiciliario no de riego lo que es poco oportuno ya que aumenta el costo debido a que se consideran pérdidas que en el sistema domiciliario aparecen y en el riego fotovoltaico no como lo son todas las pérdidas que conlleva utilizar baterías. Esto podría ser el factor por lo que el antecedente no realiza una evaluación económica.

Con respecto a la publicación de (Soukaina, 2020) que fue el diseño de un riego fotovoltaico con módulos bifaciales, establece el uso de una tecnología no muy utilizada en este tipo de sistemas, el estudio realizó una comparación al reemplazar módulos mono faciales con bifaciales logrando una mejora en la generación de energía del 2.3% pero no comprueba que esta optimización logra ser rentable económicamente por lo que en el caso de estudio de este informe los paneles mono faciales utilizados se logran su evaluación económica positiva debido a que el gasto que enfrentan en para un riego por motobombas que es más práctico y sencillo de instalar pero su funcionalidad es mucho más costosa que la del sistema fotovoltaico además que el reemplazo del riego por motobomba a riego fotovoltaico posibilidad la ganancia por cuidado medioambiental, por lo que el uso de una tecnología como los módulos bifaciales no resultarían rentables para el estudio realizado.

Por último con (Chamba & Oyague, 2022), también utiliza un banco de baterías

como se menciona, es el principal factor que aumenta el costo del sistema, el análisis de los paneles solares lo realizó considerando el costo de utilizar diferentes paneles los autores utilizaron solo 3 paneles para el análisis, pero determinaron el más óptimo basados en la cantidad de paneles requeridos que generen menor costo de suministro, el cálculo de la bomba se generó basados en datos que no tienen sustento pero el método utilizado es adecuado, asumió la eficiencia de la bomba requerida como 60% y una altura manométrica que menciona de 70 m pero no sustenta su resultado. Al igual que el antecedente anterior se observa que no se realiza una evaluación económica esto es posible por el sobre costo de utilizar baterías, además que se determina que la falta de sustento para algunos datos hace poco creíble que el sistema si se implemente logre los resultados mencionados en el antecedente.

VI. CONCLUSIONES

- El requerimiento hídrico se estableció en el análisis de toda la campaña siendo este de 383 m³ como máximo al día dentro de los 120 días que dura la campaña de arroz, aunque para el día 0 es de 2189 y 2052 m³ para la primera y segunda campaña, debido a que modo de riego es por inundación según el cultivo de la parcela que es arroz considerando la película de lámina de 5 cm y las 7 hectáreas que tiene la parcela.
- Los componentes seleccionados fueron una bomba sumergible de 6" de 5.5 KW para impulsar agua desde el pozo para el riego de la parcela, según la radiación mínima se tendrán solamente 4.33 HSP para el riego siendo el requerimiento 18 paneles solares de 500 Wp en una configuración de 9 x 2 serie – paralelo, el sistema de bombeo fotovoltaico se diseñó considerando el pozo más crítico.
- La reducción de gastos de riego fue de S/. 8,434.18 el cual se tomó como ingreso para realizar la evaluación económica logrando los evaluadores económicos VAN y TIR de S/ 5,616.93 y 11% respectivamente a una tasa de interés del 10% estableciendo el diseño como económicamente viable.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar el requerimiento de manera más detallada en el mejor de los casos por un sistema de medición y separado por cada pozo.
- Realiza el dimensionamiento con más de una bomba por pozo para poder utilizar bombas sumergibles de 4" o 3".
- Incluir en el análisis el tiempo por mano de obra debido a que en el transporte e instalación de las motobombas se tiene que utilizar personal.

REFERENCIAS

- Abella, M., & Romero, F. (2009). *Sistemas de Bombeo Fotovoltaico*. Madrid, España. Obtenido de <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45332.pdf>
- Altuve, J. G. (2004). El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión. *Faces*, 7(9), 7-14. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/257/25700902.pdf>
- Autosolar. (15 de Julio de 2021). *autosolar.es*. Obtenido de ¿Qué es un panel solar?: <https://autosolar.es/placas-fotovoltaicas/que-es-un-panel-solar>
- Bancomundial. (12 de julio de 2017). *El agua en la agricultura*. Obtenido de [bancomundial.org: https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1](https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1)
- Bolaños Rodriguez, J. J., Perea Hernandez, R., & Rivera Sanchez, M. (2019). *Propuesta de bombeo solar para un sistema de riego agrícola semi automatizado mediante un tanque elevado en el municipio de Tecamac, estado de Mexico*. Tesis Pregrado, Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica, Mexico.
- Cengel, Y., & Cimbala, J. (2012). *Mecánica de Fluidos*. McGraw.
- Chamba, E., & Oyague, S. (2022). *Análisis y diseño fotovoltaico para un sistema de riego ubicado en el Cantón Mocache*. Tesis Pregrado, Universidad Politécnica Salasiana, Carrera de Electricidad, Guayaquil. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23572>
- Davalos, J. (2019). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola en el caserío La Guayaba, Distrito de Bellevista, Jaén - Cajamarca*. Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Jaén, Jaén. Obtenido de http://repositorio.unj.edu.pe/browse?type=title&sort_by=1&order=ASC&rpp=20&etal=-1&null=&offset=116
- Esan. (1 de Agosto de 2019). *VAN y TIR: ¿para qué sirven y cuándo usarlos?* Obtenido de Conexionesan: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/van-y-tir-para-que-sirven-y-cuando-usarlos/>
- Fao. (2017). *fao.org*. Obtenido de CAPÍTULO 1 - CONTAMINACIÓN AGRÍCOLA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: INTRODUCCIÓN: <https://www.fao.org/3/w2598s/w2598s03.htm#la%20calidad%20del%20agua,%20un%20problema%20mundial>
- Iberdrola. (19 de Agosto de 2021). *iberdrola.co*. Obtenido de Radiación solar: ¿cuál es su impacto sobre el planeta y el ser humano?: <https://www.iberdrola.com/compromiso-social/radiacion-solar>

- Indisect. (21 de Febrero de 2021). *¿Qué es y cómo funciona un Sistema de Bombeo Solar?* Obtenido de indisect.com: <https://www.indisect.com/2020/02/21/funcionamiento-el-bombeo-solar/>
- Martinez, R. (2022). Viabilidad económica de diferentes técnicas de riego presurizado a pequeña escala con bombeo fotovoltaico. *Instituto de Investigacion de Ingenieria Agricola*, 13, 11-19. Obtenido de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1665>
- Midagri. (2017). *Problemática,sierra por practicas agronómicas realizadas*. Obtenido de midagri.gob.pe: <https://www.midagri.gob.pe/portal/56-sector-agrario/cuencas-y-drenaje/385-problematica#:~:text=Problem%C3%A1tica,sierra%20por%20practic%C3%B3micas%20realizadas>.
- Millaá, E. (2008). *Evaluacion tecnico economica de los equipos: puente apilador PA-8007 y de los recuperadores horizontales Plows FD-8010 A/B*. Trabajo de Grado, Universidad Nacional Experimental Politecnica "Antonio Jose de Sucre", Puerto Ordaz. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/evaluacion-tecnico-economica-equipos-cvg-fmo/evaluacion-tecnico-economica-equipos-cvg-fmo.pdf>
- Sangucho, J., & Villacis, B. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de bombeo de agua, alimentado por un sistema fotovoltaico para riego por goteo en el barrio Rumipamba de Navas- Salcedo*. Tesis Pregrado, Universidad Tecnica de Cotopaxi, Facultad de ciencias de la Ingenieria y Aplicadas, Lataguna. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7867>
- Serrano, J. (2022). *Configuracion de instalaciones solares fotovoltaicas* (Segunda ed.). Parafino.
- Soukaina, M. (2020). *Riego fotovoltaico con modulos bifaciales*. Proyecto de Fin de Grado, Escuela Tecnica Superior de Ingenieria y Sistemas de Telecomunicacion, Departamento de Ingenieria Telematica y Electronica. Obtenido de https://oa.upm.es/66347/1/TFG_SOUKAINA_MELIANI.pdf

ANEXOS

Anexo 01.- Operacionalización de variables

Variable		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Independiente	Sistema de riego fotovoltaico	Sistema para el riego agrícola que utiliza energía solar fotovoltaica para funcionar (Bolaños, 2019)	Desarrollo de un sistema que utilice la radiación solar fotovoltaica con la capacidad de abastecer de agua a la parcela en estudio según su necesidad y requerimiento	Radiación solar	kWh/m ²	Razón
				Potencia	kW	Razón
				Energía diaria	kWh	Razón
				Carga dinámica	m	Razón
				Caudal de bombeo	m ³ /s	Razón
Variable dependiente	Reducir el gasto de riego	Gasto que requiere el riego para satisfacer la demanda de agua de una parcela (Forián, 2021)	Realización de la evaluación económica con indicadores positivos considerando la diferencia entre el gasto de riego actual y el propuesto como ingreso con ingreso para dicha evaluación	Gasto riego actual	S/.	Razón
				Gasto riego proyectado	S/.	Razón
				TIR	%	Razón
				VAN	S/.	Razón

Anexo 02.- Validación de Instrumento de recolección de datos

Constancia de validación

yo, Arturo José Navarrete Núñez de profesión Ing. Mecánico Electricista, ejerciendo en la actualidad como asesor independiente de tesis y proyectista en la elaboración de expedientes acerca de generación fotovoltaica, dejo constancia que he revisado y verificado el instrumento denominado “Recurso hídrico”.

Presentado por Jonathan Josué Salazar Silva con el objetivo y/o propósito de reunir los datos requeridos y/o necesarios para su investigación: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR EL GASTO DE RIEGO EN SIETE HECTÁREAS DE ARROZ EN EL DISTRITO DE GUADALUPE”

En relación al instrumento se puede estimar.

Recurso hídrico

Criterio	Deficiente	Aceptable	Bueno	Excelente
Logra objetivo del instrumento				X
Es claro y preciso				X
Consigue abarcar la amplitud del dato requerido				X
Es congruente				X
Es pertinente				X


Arturo José Navarrete Núñez
ING. MECÁNICO ELÉCTRICISTA
C.I.P. 175480
Ing. Arturo José Navarrete Núñez
Ingeniero Mecánico Electricista

Recurso hídrico

Ítem	Campaña	Dia	Horas de riego	Hectáreas	Costo por hora



Arturo José Navarrete Nuñez
ING. MECÁNICO ELCTRICISTA
C.I.P. 175480

Anexo 03.- Fichas técnicas



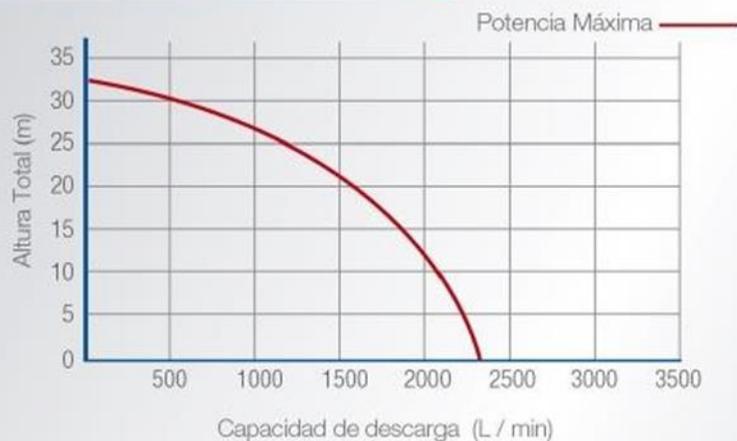
ORBES AGRICOLA S.C.
Comprometido con la prosperidad del agro peruano

HJ / 4 / 13 C

MOTOBOMBA DE CAUDAL



Curva de Performance



HONDA
PRODUCTOS DE FUERZA

Características



BOMBA JOPCO CAUDAL

Diámetro de succión / descarga	4"
Altura total máxima	32 m
Altura de succión máxima	8 m
Caudal máximo	2,280 L/min

MOTOR

Modelo	GX 390
Tipo de motor	4 Tiempos, OHV, Monocilíndrico
Potencia máxima (HP / rpm)	13.0 / 3,600
Potencia neta (HP / rpm)	11.0 / 3,600
Consumo de combustible	3.7 L/h

La motobomba HJ / 4 / 13 C no lleva codo en la descarga.

M
O
T
O
B
O
M
B
A
S

Ficha técnica del controlador de bombeo

Model	BPD0K7 TN(AC)	BPD1K5 TN(AC)	BPD2K2 TN(AC)	BPD004 TNAC	BPD2K2 TRAC(S)	BPD004 TRAC(S)	BPD5K5 TRAC(S)
DC input							
Maximum DC voltage (V)	450				800		
Starting voltage (V)	80	100			220		
Minimum working voltage (V)	60	80			180		
Recommended MPPT voltage (V)	80–400		100–400		220–750		
Number of input channels	1/MC4 connector	2/MC4 connector			1/MC4 connector	2/MC4 connector	
Maximum input DC current (A)	9	12	12	20	12	20	20
Bypass AC input (supporting mains input)							
Input voltage (V AC)	220/230/240(1PH) (-15%~+10%)				380 (3PH) (-15%~+10%)		
Input frequency (Hz)	47–63						
AC input terminal	L, N, PE				R, S, T, PE		
AC output							
Rated power (W)	750	1500	2200	4000	2200	4000	5500
Rated current (A)	5.1 (1PH) 4.2 (3PH)	10.2 (1PH) 7.5 (3PH)	14 (1PH) 10 (3PH)	25 (1PH) 16 (3PH)	5.5	9.5	14
Output voltage (V AC)	0–Input voltage						
Output wiring mode	1P2L: 1PH motor 1PH control 2P3L: 1PH motor 2PH control 3P3L: Connected to a 3PH asynchronous motor				3P3L: Connected to a 3PH asynchronous motor		
Output frequency (Hz)	1–400						
Control performance							
Control mode	V/F						
Motor type	Asynchronous motor (1PH/3PH)				Asynchronous motor (3PH)		
Other parameters							
Dimensions (WxDxH) (mm)	255×300 ×137	280×300×137		410×360 ×154.5	331×360 ×154.5	454×360×154.5	
Net weight (kg)	6.4	7		13.15	10.1	14.1	
Package weight (kg)	8.5	9		16	12	16	
Ingress protection rating	IP65						
Cooling	Natural cooling						
HMI	External LED keypad						
Communication terminals							
External communication	RS485/3 digital inputs						
Communication interface	Multi-core waterproof connector						
Certification							
Standards	CE; EMC meets the requirements of IEC61800-3 C3.						
Operating environment							
Ambient temperature	-25–60°C (derated at temperature higher than 45°C)						
Altitude	3000 m (derated at altitude higher than 2000 m)						

Harvest the Sunshine

DEEP BLUE 3.0

Mono

505W MBB Half-cell Module
JAM66S30 480-505/MR Series

Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



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



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



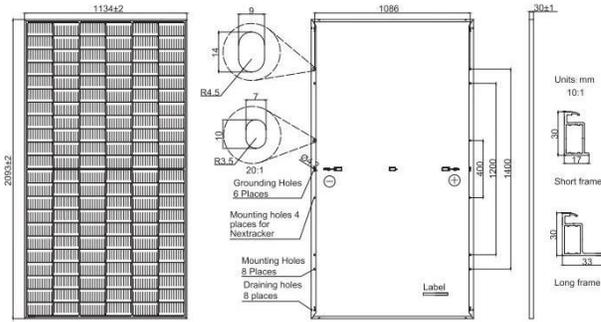
JA SOLAR

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	26.3kg
Dimensions	2093±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4-EVO2/QC 4.10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 200mm(+)/300mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet 792pcs/40HQ Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	480	485	490	495	500	505
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.07	45.20	45.33	45.46	45.59	45.72
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	37.62	37.81	37.99	38.17	38.35	38.53
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.2	20.4	20.6	20.9	21.1	21.3
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	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	363	367	370	374	378	382
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	42.15	42.30	42.43	42.58	42.72	42.86
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35.54	35.67	35.76	35.84	35.93	36.02
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.99	11.06	11.13	11.20	11.27	11.34
Max Power Current(Imp) [A]	10.21	10.28	10.36	10.44	10.52	10.60
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

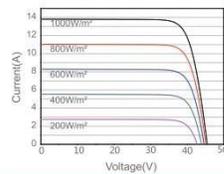
*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.

OPERATING CONDITIONS

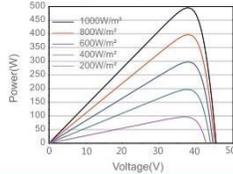
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 °C ~ +85 °C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load,Front*	5400Pa(112lb/ft ²)
Maximum Static Load,Back*	2400Pa(50lb/ft ²)
NOCT	45±2 °C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

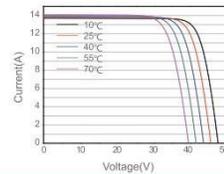
Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Power-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



6HR



60 Hz | 6HR

Electrobombas sumergidas de 6"

 Agua limpia
(Contenido de arena
máximo 100 g/m³)

 Uso civil

 Uso agrícola

 Uso industrial

CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta **1800 l/min** (108 m³/h)
- Altura manométrica hasta **349 m**

LÍMITES DE USO

- Temperatura máxima del fluido hasta **+35 °C**
- Contenido de arena máximo **100 g/m³**
- Profundidad de uso hasta **200 m** bajo el nivel del agua
- Funcionamiento:
 - en vertical
 - en horizontal con los siguientes límites:
 - 6HR200G hasta **7 etapas**
 - 6HR250G hasta **6 etapas**
 - 6HR300G hasta **6 etapas**
 - 6HR370G hasta **4 etapas**
- Arranques/hora: **20** a intervalos regulares
- Flujo de enfriamiento mínimo **10 cm/s**
- Funcionamiento continuo **S1**

EJECUCIÓN Y NORMAS DE SEGURIDAD

MOTOR ELÉCTRICO

– Trifásica 380 V - 60 Hz

Cable de alimentación de **4 m**

EN 60335-1

IEC 60335-1

CEI 61-150

EN 60034-1

IEC 60034-1

CEI 2-3



CERTIFICACIONES

Empresa con sistema de gestión certificado DNV
ISO 9001: CALIDAD

USOS E INSTALACIONES

Se aconsejan para bombear agua limpia con contenido de arena no superior a **100 g/m³**. Debido a su alto rendimiento y fiabilidad se indican para usos en el campo civil, agrícola e industrial, para la distribución del agua en acoplamiento con autoclaves, para riegos, para aumentos de presión y para instalaciones anti-incendio, etc.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

Modelo comunitario registrado n° 004675106-0001, 004675106-0002

EJECUCIÓN BAJO PEDIDO

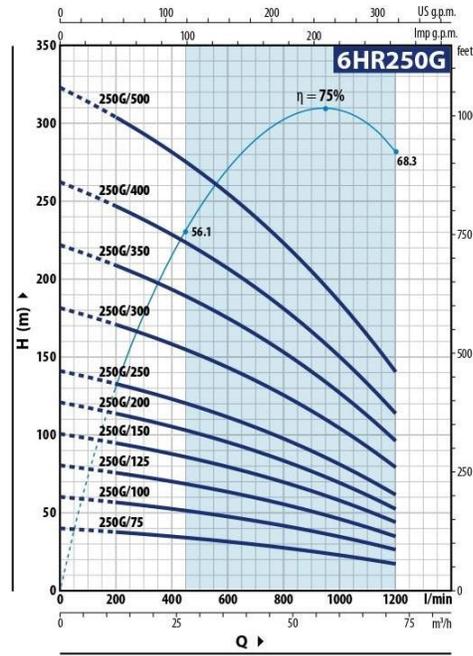
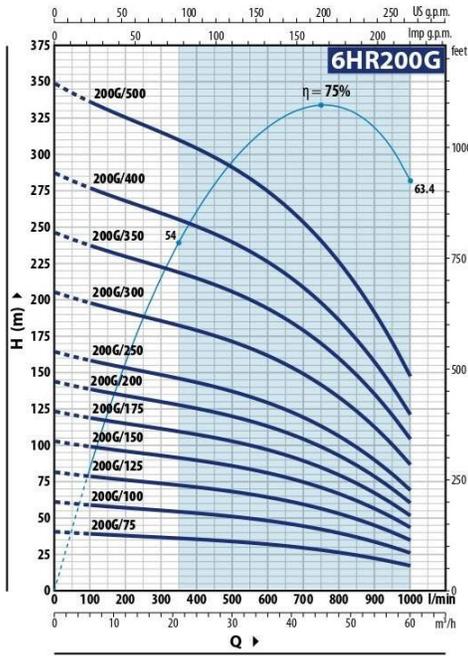
- Cuerpo bomba con bocas roscadas ISO 228/1
- Bombas 6HR-HYD con doble protector de cable para el acoplamiento con motores con doble tensión 400/690 V **Y/Δ** (estrella/triángulo)
- Otros voltajes

GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 min⁻¹



6HR200G

MODELO	N. ETAPAS	POTENCIA (P ₂)		Q	m ³ /h											
		kW	HP		0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	
Trifásica					l/min	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
6HR200G/75	2	5.5	7.5	H metros	41	39.5	38.5	37	36	34	32.5	30	26.6	22.5	17.5	
6HR200G/100	3	7.5	10		61.5	59.5	57.5	55.5	53.5	51.5	48.5	44.5	40	33.5	26	
6HR200G/125	4	9.2	12.5		82	79	77	74	72	68.5	64.5	59.5	53	45	34.5	
6HR200G/150	5	11	15		103	99	96	93	89	86	81	74	66.5	56	43.5	
6HR200G/175	6	13	17.5 ⁽¹⁾		123	119	115	111	107	103	97	89	80	67.5	52	
6HR200G/200	7	15	20		144	138	134	130	125	120	113	104	93	79	60.5	
6HR200G/250	8	18.5	25		164	158	153	148	143	137	129	119	106	90	69.5	
6HR200G/300	10	22	30		205	198	191	185	179	171	161	149	133	112	87	
6HR200G/350	12	26	35 ⁽²⁾		246	237	230	222	215	205	194	179	159	135	104	
6HR200G/400	14	30	40		287	277	268	259	250	240	226	208	186	157	121	
6HR200G/500	17	37	50		349	336	325	315	304	291	274	253	226	191	147	

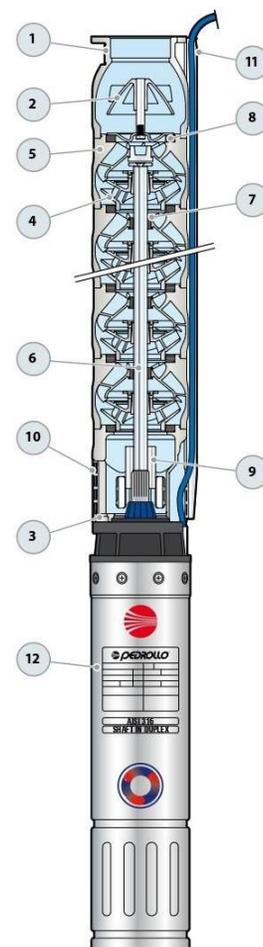
6HR250G

MODELO	N. ETAPAS	POTENCIA (P ₂)		Q	m ³ /h												
		kW	HP		0	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	
Trifásica					l/min	0	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
6HR250G/75	2	5.5	7.5	H metros	40.5	38	36.5	35	33.5	32	30	28	25.6	23.2	20.5	17.5	
6HR250G/100	3	7.5	10		60.5	57	55	53	50.5	48	45	42	38.5	35	30.5	26.5	
6HR250G/125	4	9.2	12.5		81	76	73	70	67.5	64	60	56	51.5	46.5	41	35	
6HR250G/150	5	11	15		101	95	92	88	84	80	75	70	64	58	51	44	
6HR250G/200	6	15	20		121	114	110	106	101	96	90	84	77	69.5	61.5	52.5	
6HR250G/250	7	18.5	25		142	133	128	123	118	112	105	98	90	81	72	61.5	
6HR250G/300	9	22	30		182	171	165	159	151	144	135	126	115	104	92	79	
6HR250G/350	11	26	35 ⁽²⁾		222	209	202	194	185	175	165	154	141	127	113	97	
6HR250G/400	13	30	40		263	247	239	229	219	207	195	181	167	151	133	114	
6HR250G/500	16	37	50		323	304	294	282	269	255	240	223	205	185	164	141	

Q = Caudal H = Altura manométrica total
 (1) Electrobomba equipada con motor de 20 HP
 (2) Electrobomba equipada con motor de 40 HP

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 Grado 3B.

POS. COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS
1 CUERPO DE IMPULSION	Acero inoxidable micro fundido AISI 304 con boca de impulsión roscada NPT ANSI B 1.20.1
2 VÁLVULA ANTIRETORNO	Acero inoxidable AISI 304
3 SOPORTE	Acero inoxidable micro fundido AISI 304 dimensiones según norma NEMA
4 RODETES	Acero inoxidable micro fundido AISI 304
5 DIFUSORES	Acero inoxidable micro fundido AISI 304
6 EJE BOMBA	Acero inoxidable AISI 304
7 RODAMIENTOS BOMBA	Elastómero especial
8 ANILLOS DE DESGASTE	Elastómero especial
9 CASQUILLO	Acero inoxidable AISI 304
10 FILTRO	Acero inoxidable AISI 304
11 PROTECTOR CABLE	Acero inoxidable AISI 304
12 MOTOR 6"	6PD = motor en baño de aceite "PEDROLLO"

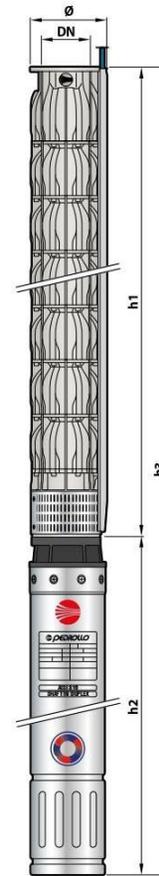


6HR | 60 Hz

DIMENSIONES Y PESOS (Bombas combinadas con motores sumergibles 6PD)

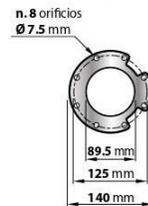
MODELO	BOCA DN	Ø	DIMENSIONES mm			kg
			h1	h2	h3	
6HR200G/75 - PD	3" NPT	150	480	625	1105	53.8
6HR200G/100 - PD			581	660	1241	65.2
6HR200G/125 - PD			682	700	1382	71.2
6HR200G/150 - PD			783	765	1548	78.8
6HR200G/175 - PD			884	820	1704	94.0
6HR200G/200 - PD			985	820	1805	97.7
6HR200G/250 - PD			1086	883	1969	111.3
6HR200G/300 - PD			1288	953	2241	124.9
6HR200G/350 - PD			1490	1098	2588	149.1
6HR200G/400 - PD			1692	1098	2790	158.9
6HR200G/500 - PD			1995	1233	3228	167.9
6HR250G/75 - PD			480	625	1105	53.7
6HR250G/100 - PD			581	660	1241	60.2
6HR250G/125 - PD			682	700	1382	66.2
6HR250G/150 - PD			783	765	1548	73.7
6HR250G/200 - PD			884	820	1704	88.3
6HR250G/250 - PD			985	883	1868	101.8
6HR250G/300 - PD			1187	953	2140	114.9
6HR250G/350 - PD			1389	1098	2487	138.0
6HR250G/400 - PD			1591	1098	2689	146.1
6HR250G/500 - PD			1894	1233	3127	163.8
6HR300G/75 - PD			492	625	1117	53.8
6HR300G/100 - PD			599	660	1259	60.4
6HR300G/150 - PD			706	765	1471	70.5
6HR300G/175 - PD			813	820	1633	82.1
6HR300G/200 - PD			920	820	1740	88.7
6HR300G/250 - PD			1027	883	1910	102.3
6HR300G/300 - PD			1134	953	2087	112.0
6HR300G/350 - PD			1348	1098	2446	135.2
6HR300G/400 - PD			1562	1098	2660	143.5
6HR300G/500 - PD	1776	1233	3009	157.7		
6HR370G/100 - PD	492	660	1152	56.7		
6HR370G/150 - PD	599	765	1364	66.7		
6HR370G/200 - PD	706	820	1526	78.3		
6HR370G/250 - PD	813	883	1696	94.9		
6HR370G/300 - PD	920	953	1873	103.4		
6HR370G/350 - PD	1027	1098	2125	124.0		
6HR370G/400 - PD	1241	1098	2339	131.2		
6HR370G/500 - PD	1455	1233	2688	148.3		

6PD = motor en baño de aceite rebobinable



KIT CONTROBRIDA

(SE PUEDE PEDIR A PARTE)



Kit preparado con:
controbrida, junta, tornillo e tuerca

Anexo 04.- Selección del factor de fricción

Para determinar el factor de fricción se establece el régimen del fluido este se determina mediante el número de Reynolds para este se utiliza la ecuación propuesta:

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

Donde:

- Re : Numero de Reynolds
- v : Velocidad del fluido
- D : Diámetro de la tubería
- ρ : Densidad del fluido
- μ : Viscosidad del fluido

Para el caso concreto de este estudio el número de Reynolds es el que se muestra en la siguiente tabla.

Parámetro	Cantidad	Unidad
Re	3.44 x 10 ⁶	
v	3.86	m/s
D	90	mm
ρ	1000	kg/m ³
μ	1.01 x 10 ⁻¹	kg/ms

Considerando que se utilizaran tuberías de hierro se establece la rugosidad relativa en base a la siguiente fórmula:

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

Donde:

e_r : Aspereza relativa

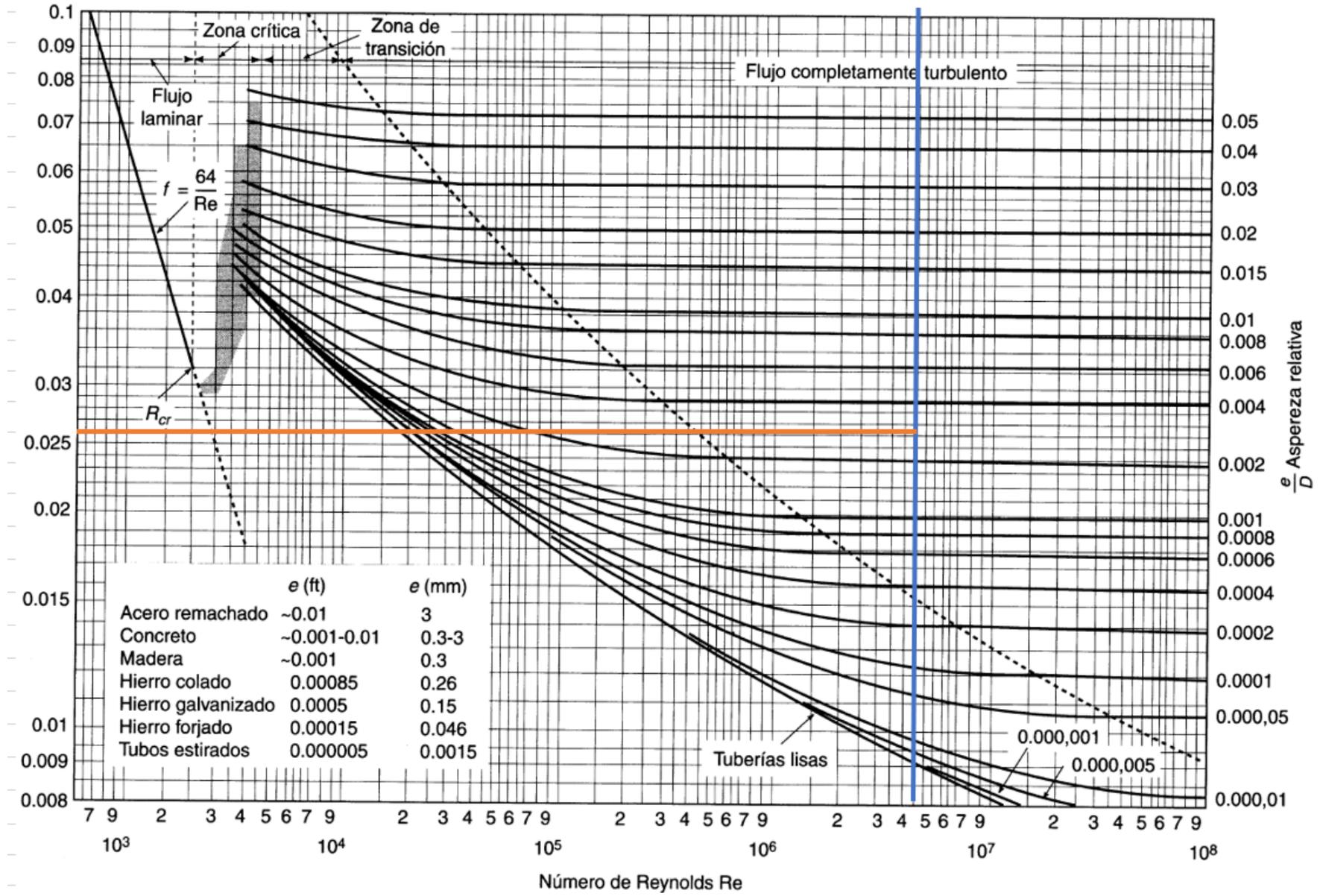
e : Aspereza absoluta

D : Diámetro

Teniendo una aspereza absoluta para las tuberías de fierro de 0.3 mm según el Libro mecánica de fluidos de Claudio Mataix, se calcula la aspereza relativa en la siguiente tabla:

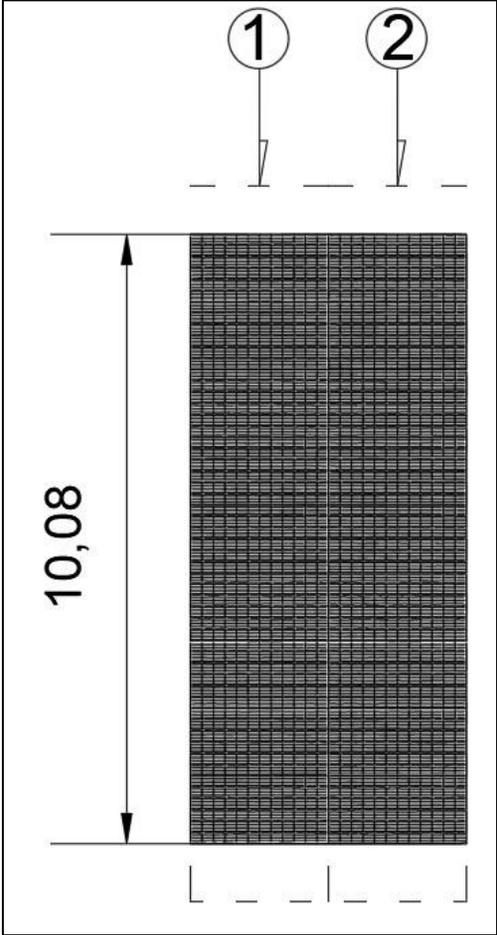
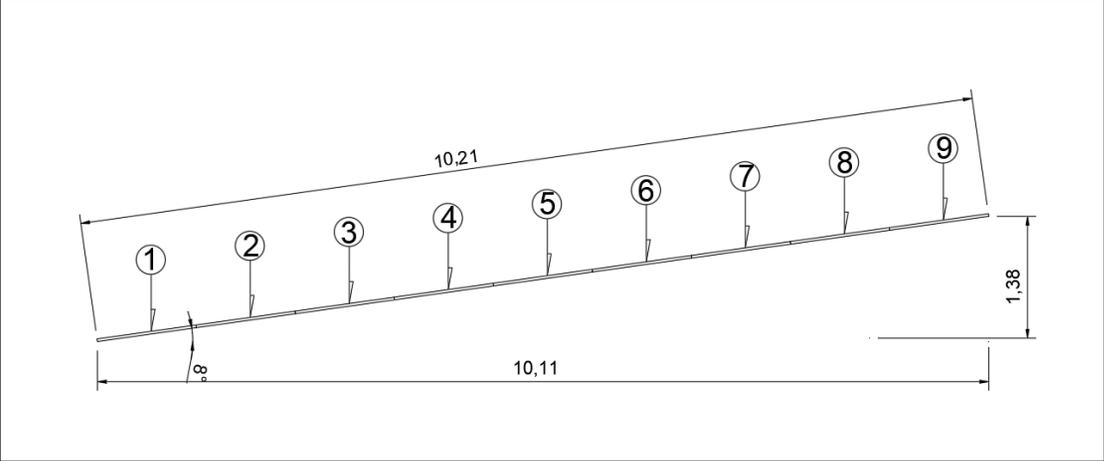
Parámetro	Cantidad	Unidad
E_r	0.003333333	
e	0.3	mm
D	90	mm

Teniendo estos dos parámetros se llevan al diagrama de Moody y se identifica por medio de las curvas establecidas el valor más cercano apreciado por el tesista, este da un factor de fricción de 0.026.



Anexo 05.- Esquemas y diagramas

Medidas de los paneles acoplados en 9 x 2 serie paralelo



Anexo 06.- Cuadro comparativo entre parámetros de riego actual y el proyectado

El riego actual en la parcela es el que se realiza por medio de las motobombas mientras que el proyectado es el propuesto con el diseño de riego fotovoltaico que se desarrolla en este informe, en el siguiente cuadro se muestra una comparación entre parámetros de ambos riegos

Parámetro	Tipo de riego		Unidad
	Actual	Proyectado	
Caudal por pozo	2280	1474.3649	L/min
Tiempo de riego promedio por bomba	2.66	4.33	h
Tiempo total de riego por bomba	121.90	188.51	h
Costo de riego al año	S/ 8,434.18	S/ 1,100.00	S/.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JIMENEZ ZULOETA WILSON ALEJANDRO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR EL GASTO DE RIEGO DE SIETE HECTÁREAS DE ARROZ EN EL DISTRITO DE GUADALUPE", cuyo autor es SALAZAR SILVA JONATHAN JOSUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 20 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
JIMENEZ ZULOETA WILSON ALEJANDRO DNI: 16698212 ORCID: 0000-0001-7030-6345	Firmado electrónicamente por: WIJIMENEZZU el 26- 12-2023 11:09:37

Código documento Trilce: TRI - 0702738