



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

**Estudio y Diseño de un Sistema Integrado Fotovoltaico para el
Sistema de Bombeo de Agua del Fundo las Pampas, Caserío
Mucha, Distrito Simbal**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTORES:

De La Cruz Campos, Edgardo Santiago (ORCID: 0000-0002-4842-094X)

Gonzales Ticle, Robert Derian (ORCID: 0000-0001-6278-884X)

ASESOR:

MG. Sánchez Huertas, Carlos Enrique (ORCID: 0000-0002-6754-8017)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

TRUJILLO- PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme tener y disfrutar de mi familia; a mis padres y hermanos por haberme inculcado valores desde pequeño, por su constante e incondicional apoyo en este trayecto de mi vida y por motivarme a seguir luchando en el cumplimiento de mis logros y objetivos.

A mi novia y mi pequeña Emily por ser siempre mi motivo e inspiración, por apoyarme en los momentos más complicados de mi formación profesional y compartir momentos eternos.

Robert D. Gonzales T.

A Dios...

Por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida, por tener salud para lograr mis objetivos y brindarme su infinita misericordia, bondad y amor.

A mis padres y hermanos...

Por seguir apoyándome siempre en el trayecto de este largo camino, por su confianza depositada en mí, por su motivación constante, sus buenos consejos que me permiten ser una persona de bien, pero más que nada por su gran amor.

Edgardo S. De la Cruz C.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarnos su protección y bendición durante los 5 años de nuestra ardua carrera profesional y a lo largo de nuestra vida.

A nuestros padres y familiares por su apoyo incondicional, sabiduría, amor y ánimo que nos brindan en todo momento.

A nuestros docentes de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad César Vallejo-Trujillo, al Ing. Jorge Inciso Vásquez; al Ing. Carlos Sánchez Huertas, nuestros asesores de tesis, por el asesoramiento, por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales en esta nueva experiencia y meta trazada.

Agradecer a aquellas personas que estuvieron directa e indirectamente con nosotros durante todo este tiempo y por confiar en nosotros.

LOS AUTORES

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE IMAGENES	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización.....	17
3.3. Población, muestra y muestreo.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimiento	18
3.6. Método de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS	20
4.1. Resultado del objetivo específico 1:.....	20
4.2. Resultados del objetivo específico 2:	25
4.3. Resultados del Objetivo Especifico 3:	33
4.4. Resultados del Objetivo Especifico 4:	40
V. DISCUSIÓN.....	47
VI. CONCLUSIONES	51
VII. RECOMENDACIONES.....	52
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	53
IX. ANEXOS.....	58
Anexo 1: Tabla de operacionalización de Variables.....	58
Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos.....	60
Anexo 3: Resultados de la encuesta realizada	61
Anexo 4: Ficha de observación.....	62
Anexo 5: Mediciones de la irradiación solar en el fundo las pampas.....	63

Anexo 6: Ficha de registro	64
Anexo 7:Ficha técnica del luxómetro tm-206 adquirido de ARMOTEC.....	65
Anexo 8: cálculo del ETo mediante Cropwat	66
Anexo 9: coeficiente kc del aguacate(palta).....	67
Anexo 10: Ficha técnica de paneles solares.....	68
Anexo 11: Ficha técnica de la electrobomba	69
Anexo 12: Ficha técnica de las baterías	70
Anexo 13: Ficha técnica del regulador de carga	71
Anexo 14: Ficha técnica del inversor de carga.....	72
Anexo 15: Especificaciones técnicas de cableado.....	73
Anexo 16: Esquema de Proyecto.....	74
Anexo 17: Diagrama Unifilar del Proyecto	75
Anexo 18: Coeficiente de Hazem Williams para diferentes materiales	76
Anexo 19: Longitudes equivalentes de accesorios en metros	76
Anexo 20: Fotografías del trabajo de campo.	77
Anexo 21: Diagrama del sistema fotovoltaico	80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
Tabla 2: Georreferenciación del Caserío Mucha	20
Tabla 3: Categorización de las áreas según el agua disponible.....	22
Tabla 4: Datos meteorológicos de la irradiación Solar en el fundo las Pampas-Caserío Mucha (programa PVsyst 7.0)	23
Tabla 5: Datos de la medición de irradiación solar en el Fundo las Pampas-Caserío Mucha.....	24
Tabla 6: Datos meteorológicos obtenidos del programa PVsyst 7.0	25
Tabla 7: Cálculo de la demanda de agua por cultivo.....	26
Tabla 8: volumen de agua por planta	27
Tabla 9: principales elementos del sistema de bombeo	32
Tabla 10: radiación solar de dos entes.....	33
Tabla 11. Presupuesto del sistema de bombeo	41
Tabla 12. Presupuesto de paneles fotovoltaicos	42
Tabla 13. Presupuesto total.....	43
Tabla 14: Ingresos por Año.	43
Tabla 15: Total de Egresos	44
Tabla 16: Evaluación económica del proyecto	45

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1: Georreferenciación del fundo las pampas- Caserío Mucha.....	2
Imagen 2: Tipos de radiación solar	9
Imagen 3: sistema fotovoltaico	11
Imagen 4 resultados de la encuesta.....	21
Imagen 5: Inclinação de los paneles solares.....	39

RESUMEN

La presente investigación, comprende el diseño de un sistema integrado fotovoltaico para el bombeo de agua mediante una electrobomba, para beneficiar el riego y mitigar la escasez hídrica que hay en el fundo las pampas ubicado en el caserío Mucha, distrito de Simbal, provincia Trujillo, departamento La Libertad; este fundo comprende 4 hectáreas de terreno de cultivo, 3.5 hectáreas sembradas de aguacate(palta) y 0.5 hectáreas sin sembrar.

La principal actividad económica de los propietarios de este fundo es la agricultura, sin embargo; existe escasez hídrica; por tal motivo se ha identificado el siguiente problema de investigación :¿Cuál es la viabilidad técnica y económica para la ejecución del estudio del sistema integrado fotovoltaico para el bombeo de agua y mitigar la escasez hídrica que hay en el fundo las pampas del caserío Mucha-Distrito Simbal?, teniendo como objetivo principal “Diseñar un sistema integrado fotovoltaico para abastecer la demanda máxima de energía eléctrica del sistema de bombeo de agua y así mitigar la escasez hídrica que existe en las parcelas del fundo las pampas, Caserío Mucha-Distrito Simbal”, para lo cual se determinó una irradiación solar de 5.64Kwh, asimismo el requerimiento hídrico para todo el fundo las Pampas de 124.2m³/día, diseñando de esta manera el sistema integrado de bombeo fotovoltaico; seleccionando para tal fin una electrobomba centrífuga modelo CPm 660m marca PEDROLLO con una potencia de 1.5 HP, el sistema fotovoltaico poseerá una tensión de trabajo de 48V, conformado por 10 paneles solares de 370W monocristalino marca BAUER ENERGY modelo BSP370M, 8 baterías modelo 8D AGM marca TROJAN de 254 Ah-100H, 1 regulador de carga marca VICTRON ENERGY de 100 Amp. Modelo MPPT 150/100A, 1 inversor de carga marca BESTSUN modelo BPS4000M de 3.2Kw/120A -48 voltios; resultando así un presupuesto total para implementar este sistema integrado fotovoltaico de s/. 49,613.00 soles(cuarenta nueve mil seiscientos trece soles)garantizando un valor actual neto positivo equivalente a s/. 11,708.05 soles con una tasa interna de retorno equivalente a 20% evidenciando así la factibilidad del proyecto.

.PALABRAS CLAVES: Sistema de bombeo, escasez hídrica, requerimiento hídrico, radiación solar, sistema integrado fotovoltaico.

ABSTRACT

This research includes the design of an integrated photovoltaic system for pumping water by means of an electric pump, for irrigation beneficiaries and mitigating the water scarcity that exists in the pampas farm located in the Mucha village, Simbal district, Trujillo province, La Libertad department; This farm comprises 4 hectares of cultivated land, 3.5 hectares planted with avocado (avocado) and 0.5 hectares without sowing.

The main economic activity of the owners of this farm is agriculture, however; there is a water shortage; For this reason, the following research problem has been identified: What is the technical and economic feasibility for the execution of the study of the integrated photovoltaic system for pumping water and mitigating the water shortage that exists in the pampas farm of the Mucha- Distrito Simbal ?, with the main objective of "Designing an integrated photovoltaic system to supply the maximum demand for electricity from the water pumping system and thus mitigate the water shortage that exists in the parcels of the farm Las Pampas, Caserío Mucha-Distrito Simbal" , for which a solar irradiation of 5.64Kwh was determined, as well as the water requirement for the entire Las Pampas farm of 124.2m³ / day, thus designing the integrated photovoltaic pumping system; Selecting for this purpose a centrifugal electric pump model CPM 660m brand PEDROLLO with a power of 1.5 HP, the photovoltaic system will have a working voltage of 48V, made up of 10 solar panels of 370W monocrystalline brand BAUER ENERGY model BSP370M, 8 batteries model 8D AGM brand TROJAN 254 Ah-100H, 1 VICTRON ENERGY 100 Amp charge regulator. MPPT 150 / 100A model, 1 BESTSUN model BPS4000M charge inverter of 3.2Kw / 120A -48 volts; thus, resulting in a total budget to implement this integrated photovoltaic system of s / . 49,613.00 soles (forty-nine thousand six hundred thirteen soles) guaranteeing a positive net present value equivalent to s / . 11,708.05 soles with an internal rate of return equivalent to 20% thus evidencing the feasibility of the project.

Keywords: Pumping system, water shortage, water requirement, solar radiation, integrated photovoltaic system.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se predijo que el incremento de la energía solar (fotovoltaica) dentro de los países con mayor desarrollo sería cada vez más apresurado y en un futuro relegará a los conocidos combustibles fósiles. En algunos países, el costo de generación y utilización de la energía fotovoltaica se redujeron que incluso llegaron a ser más baratas que el costo del gas y el carbón. (Banco Mundial, 2017).

La energía solar fotovoltaica mundial mostró la mayor disminución de costos durante los años 2010-2019 con un 82%, seguida de la energía solar de concentración con un 47%, la energía eólica terrestre con un 40% y la eólica marina con un 29% (IRENA, 2020).

Las fuentes renovables de energía satisfacen el 40% del aumento de la demanda primaria y su continuo crecimiento ha hecho que vaya perdiendo relevancia el uso del carbón. El rápido crecimiento del uso de este tipo de energías lo lideran China y La India, con el uso de energía solar fotovoltaica; lo cual ayuda a esta fuente energética a convertirse en la más grande y mayor en capacidad instalada y de bajas emisiones de CO₂ para el 2040 (La Network,2017).

En el ámbito nacional, se han venido desarrollando distintas tecnologías con la finalidad de utilizar las energías renovables no convencionales, convirtiéndose así en una importante fuente de energía en generación y transmisión lo que facilita y abastece la demanda de algunos pueblos alejados de la red eléctrica; una de las energías renovables más usadas y que sigue creciendo es el uso de la energía fotovoltaica logrando así solucionar distintos problemas que se presentan debido a la falta de fluido eléctrico (OSINERGMIN, 2016).

En nuestro país, la agricultura permitía producir 2,3 millones de beneficios a distintas familias, lo cual representaba un 34% de viviendas que se benefician y el mayor porcentaje de agricultura es a riego (Perú Oportunity Fund, 2011, p. 03).

La energía solar fotovoltaica aprovechada mediante paneles solares que son usados para la generación de electricidad lo cual permite el accionamiento de las bombas de agua, ha venido incrementando debido a que es una buena alternativa

para un mejoramiento de la eficiencia del agua facilitando la fertirrigación, aprovechando la energía y el medio ambiente con el fin de incrementar la producción de la agricultura (Aguirre y Meza, 2011, p. 1).

La energía solar está presente en buenos proyectos a nivel regional, siendo uno de ellos el hospital de la Provincia de Pacasmayo, el cual beneficia a más de 47 mil pobladores en distintas áreas de salud; asimismo contribuye con el ahorro en gastos operativos lo cual hace más sostenible y amigable con el medio ambiente (La industria, 2020). Otro proyecto con mayor relevancia es el bote con paneles que riega, fabricado para solucionar la problemática en Chullpía-Puno beneficiando a más de 100 personas de la localidad asimismo a su ganado (Diario Oficial el peruano, 2019).

En el ámbito local; en el caserío Mucha perteneciente al Distrito Simbal, Provincia Trujillo; existe un problema que se presenta desde varios años atrás, pues la mayor parte del año (mayo- enero) hay un déficit hídrico conocido como escasez de agua en el río Lucmar; esta escasez es la causante de que los pobladores no puedan realizar sus sembríos, es decir los limita en su producción tanto para su consumo directo o para la venta y poder solventar gastos de su hogar ya sea en alimentación, educación, pago de servicios básicos, entre otros.; razón por la cual han tenido que dejar de utilizar ciertos servicios esenciales.



Imagen 1: Georreferenciación del fundo las pampas- Caserío Mucha

Fuente: Google earth

Una de las acciones empíricas que intentaron desarrollar algunos pobladores fue instalar un sistema de tuberías para captar la poca cantidad de agua que hay en el río, con el fin de sembrar productos agrícolas para la supervivencia y consumo familiar, sin embargo, no ha sido posible instalar un sistema de bombeo debido a que demandaba de un diseño previo, así como también se necesitaría de electricidad para el accionamiento de las bombas y demás partes del sistema lo que conllevaría a otro gasto mensual.

Este estudio es un aporte nuestro con la población luego de haber observado su realidad problemática; este proyecto se tiene previsto elevarlo a la Municipalidad Distrital de Simbal para que tenga presente y lo tome como una futura inversión mediante el presupuesto participativo anual que se realiza juntamente con todos los caseríos pertenecientes al distrito en mención, es preciso indicar que sería un proyecto de gran importancia para la población.

Es necesario señalar que la red eléctrica actual presenta constantes fallas, además esta red es únicamente para uso de las viviendas domésticas, es decir; tiene un sistema exclusivamente rural lo cual no permite ni tiene la capacidad de suministrar energía al sistema de bombeo de agua porque las cargas son muy grandes, asimismo el fundo las pampas se encuentra muy alejado de la red, razón por la cual se requiere de generación de energía eléctrica para el accionamiento de la bomba en el sistema de bombeo.

En el presente estudio se busca dar solución a la problemática existente mediante el estudio y diseño de un sistema integrado fotovoltaico para el sistema de bombeo de agua del fundo Las Pampas del Caserío Mucha, Distrito Simbal; que este sistema sirva para el abastecimiento de la demanda máxima de energía eléctrica y permita el riego de las parcelas agrícolas que sufren con mayor escasez hídrica, dicho sistema que tenga una proyección a futuro, es decir que se pueda implementar el riego tecnificado asimismo brindar mejores condiciones en el sentido económico, pues la energía fotovoltaica es considerada una energía limpia y renovable, también como una energía barata contribuyendo así al ahorro económico de las familias que en su totalidad son de bajos recursos económicos; es conveniente indicar que la energía solar se mantiene en todas las épocas del

año sin excepción de la temporada de invierno que es entre los meses de Enero-Marzo.

Para tener una respuesta a esta problemática presente en el Caserío Mucha, se plantea la siguiente **formulación del problema**: ¿Cuál es la viabilidad técnica y económica para la ejecución del estudio del sistema integrado fotovoltaico para el bombeo de agua y mejorar el riego en el fundo las pampas del caserío Mucha, Distrito Simbal?

La presente investigación se **justifica** dado que se tomarán datos y conocimientos ya existentes asimismo información obtenida a lo largo de nuestra formación universitaria con la finalidad de dar solución al problema de escases de agua que existe en las parcelas de cultivo denominada las pampas del caserío Mucha.

Para dar respuesta al problema planteado, se propuso el siguiente **objetivo general**: Diseñar un sistema integrado fotovoltaico para abastecer la demanda máxima de energía eléctrica del sistema de bombeo de agua y así mitigar la escasez hídrica que existe en las parcelas del fundo las pampas, Caserío Mucha-Distrito Simbal.

Con el fin de alcanzar desarrollar el objetivo general se realizó los siguientes **objetivos específicos**: **(1)** Recolectar datos de las parcelas del fundo las pampas del Caserío Mucha y de la irradiación que incide en el lugar (Trabajo de campo) **(2)** Calcular el requerimiento hídrico del cultivo y la potencia de la(s) electrobomba(s) para el sistema de bombeo de agua del fundo las pampas en el Caserío Mucha; **(3)** Efectuar los cálculos justificativos del sistema integrado fotovoltaico y sus componentes **(4)** Evaluar financieramente el proyecto.

Con el propósito de dar respuesta al problema, se plantea la siguiente **hipótesis**: El diseño del sistema integrado fotovoltaico para el bombeo de agua y mitigación de la escasez hídrica en las parcelas agrícolas del fundo las pampas en el Caserío Mucha- Distrito Simbal; es un proyecto viable técnica y económicamente.

II. MARCO TEÓRICO

La presente investigación tiene como base científica y teórica los siguientes **trabajos previos** internacionales, nacionales y locales; dichas investigaciones han sido realizadas anteriormente y tienen relación con la problemática planteada en este estudio:

(Salmerón,2014), en su tesis titulada *“estudio de pre inversión de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comunidad de San Antonio del Municipio de Jinotepe”* Managua-Nicaragua, menciona que la energía es un importante factor para el desarrollo y crecimiento económico de un país, ya que provee de corriente a muchos de los aparatos y máquinas que ayudan a producir trabajo; esta energía usada es a través de combustibles fósiles, con poca presencia de energías renovables. Salmerón tuvo como objetivo diseñar un proyecto de energía fotovoltaica que permita el bombeo de agua, logrando concluir que los sistemas de bombeo solar son flexibles de acuerdo a las motobombas tradicionales, es decir tiene relación la capacidad de una bomba con el número de paneles fotovoltaicos, esto depende de los componentes del sistema, asimismo la vida útil de una motobomba oscila entre los 5 y 10 años mientras que una instalación fotovoltaica su tiempo de vida es 20 años aproximadamente siendo además muy bajo el índice de fallas. Asimismo, concluye que la instalación de sistemas fotovoltaicos genera grandes proyecciones de aplicación en zonas rurales; tiene un elevado costo de instalación, pero el costo de operación y mantenimiento es bajo a comparación de los sistemas convencionales que es lo contrario, instalación baja, su mantenimiento y operación con elevado costo.

(Salazar, 2017), en su tesis titulada *“estudio de factibilidad para la implementación de paneles fotovoltaicos en el recinto Sabanilla-Cantón Daule”* Guayaquil-Ecuador” quien tuvo como objetivo elaborar un estudio de factibilidad para la incorporación de paneles fotovoltaicos en el recinto Sabanilla con el fin de aumentar la productividad de sus habitantes; logrando concluir que el uso de energías renovables ayuda a prevenir más contaminación al medio ambiente, resulta ser más rentable que el uso de combustibles fósiles y beneficia a la población. Realizó un análisis comparativo entre la implementación de paneles fotovoltaicos (energía solar) y la instalación de la red eléctrica convencional, dando como resultado por

medio de los índices del VAN y la TIR que es rentable la instalación de los paneles fotovoltaicos y se concluye con el proyecto, que aparte de ayudar a prevenir más contaminación al medio ambiente, resulta más rentable dado que son uno de los países de Latinoamérica que subsidian a mayor porcentaje el consumo de energía, sin dejar de lado la contaminación que generan los combustibles fósiles que son los que nos sirven para la dotación de energía a dicho país.

(Pedraza, 2020), en su investigación *“Proyecto de riego utilizando energía solar para el cultivo de limones en la finca contador del municipio de Viani”* describe el procedimiento seguido del diseño de un sistema de riego fotovoltaico alimentado con energía solar. Asimismo encuentra problemas asociados al agotamiento y deterioro del recurso hídrico y energético en algunos municipios de Colombia, es por ello que su objetivo fue diseñar un sistema de riego fotovoltaico para la finca el Contador del municipio de Viani, lo cual implicó caracterizar inicialmente el cultivo de limones, posterior a esto evaluar las condiciones ambientales y físicas que ofrecía la finca, con el fin de diseñar el circuito hidráulico y el circuito fotovoltaico que componen el sistema de riego en base a cálculos sobre valores medios mensuales de la evapotranspiración del cultivo, así como en el análisis ambiental de la finca en estudio y la radiación solar del área en estudio. Finalmente concluye con las características del sistema solar fotovoltaico diseñado, es efectivo para atender las necesidades de riego del cultivo de limón de la finca Contador, por lo tanto, es un diseño de sistema solar fotovoltaico que puede ser considerado para replicarlo en regiones con similares condiciones de escaso desarrollo y falta de recursos.

Godoy (2016) en su tesis titulada *“diseño de un sistema de regadío en zona rural con energía solar fotovoltaica”* Concepción-Chile, concluye que: La utilización de energías alternativas como la energía solar, es rentable en el uso agrícola, además permite solucionar problemas de carencia eléctrica permitiendo aumentar la capacidad productiva de los predios agrícolas.

Sánchez (2017) en su tesis *“Diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del establo GESA - Lambayeque, 2016”*, logró diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para poner en funcionamiento las electrobombas que mejoraran la

producción en el establo y que el diseño establecido es de acuerdo a cálculos de selección de equipos electromecánicos a usar.

Ventura (2018) en su tesis *“Electrificación rural y bombeo de agua utilizando paneles solares en el caserío Succha distrito de Bambamarca provincia de Hualgayoc Departamento de Cajamarca”*, quien tuvo como objetivo principal electrificar y bombear agua usando paneles solares en el caserío mencionado, concluyó lo siguiente: De acuerdo a los datos obtenidos por la radiación solar, obtenidos de la Nasa, del Senamhi y del software Nastec, se considera un valor promedio de 4.56Kwh/día, asimismo de los cálculos resultaron necesarios 12 paneles fotovoltaicos de 300 Wp c/u, 8 baterías de acumuladores, 1 reguladores de carga y 1 inversor. Y solo para el sistema de bombeo de agua será suministrado de energía eléctrica por medio de 04 paneles solares de 260 Wp.

La presente investigación se fundamenta en el estudio y diseño de un sistema integrado fotovoltaico para el sistema de bombeo de agua del fundo las pampas en el Caserío Mucha, Distrito Simbal; lo cual es un problema para la población puesto que la escasez hídrica ha hecho que se limite la agricultura lo que conlleva a problemas económicos; para dar solución a este problema desde el aspecto científico, se utilizarán las siguientes **teorías relacionadas al tema:**

Las fuentes de energía renovables son definidas según Osinergmin (s.f.) como la energía que se obtiene de fuentes naturales inagotables ya sea por su cantidad de energía o por regenerarse por medios naturales.

Estas energías se clasifican en energías renovables convencionales (grandes centrales hidroeléctricas), y no convencionales (generadoras eólicas, solares fotovoltaicos, solares térmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y las pequeñas hidroeléctricas).

También define a la energía **eléctrica** como la energía que se obtiene mediante el movimiento de electrones tanto positivos como negativos, que se producen en el interior de materiales conductores.

Asimismo, a la **Energía solar**, lo define como una energía renovable que se obtiene mediante el aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol que llega a la tierra.

Por otro lado, Heredia & Sánchez (2018) lo definen como la energía obtenida mediante la captación del calor y luz emitida por el sol, la cual contribuye en la producción de electricidad o para el calentamiento de ciertas cosas.

Méndez & Cuervo (2012), consideran que es aquel que, “sin transformar calienta e ilumina”; para ello es necesario sistemas de captación y de almacenamiento para aprovechar la radiación de forma efectiva. (p. 27).

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014) la **radiación solar** es una energía propagada en todas las direcciones a través de ondas electromagnéticas, por ello medir la radiación solar es importante para la ingeniería, agricultura, meteorología, etc. Ya que por lo general emplean la energía para generar electricidad, calentar el agua, monitoreo en el crecimiento de las plantas, etc.

Según Scheller (2017), la radiación solar se mide por fotómetros, ya que en el día puede alcanzar unos 10 w/m^2 en la costa y en las montañas hasta 1080 w/m^2 , con ello las instalaciones fotovoltaicas pueden convertir 15% de esta en energía eléctrica.

Hasta el momento la radiación solar que absorbe la atmósfera terrestre no ha logrado aprovecharse en un 100%, porque según Méndez & Cuervo et. al. (2012) solo el 24 % de la radiación directa al momento de su llegada, el 21 % no llega directamente y el 29% queda perdido en el espacio. (p.30).

La universidad católica de santa maría, en la publicación de foro virtual “*radiación solar, efectos y prevención*” (2016), consideró a la radiación solar como el conjunto de radiaciones electromagnéticas que emite el sol. Además, para medir la irradiancia la cual es la magnitud que mide la radiación solar que llega a la superficie terrenal, su unidad es el W/m^2 .

Existen 3 **Componentes de la radiación solar** tales como la directa, la cual se recibe en línea recta, esta no desvía el paso por la atmósfera, esta es la más importante para las aplicaciones fotovoltaicas; también se encuentra a la difusa, la cual recibe de las nubes o del cielo azul, además de esas tenemos a la reflejada, es la que se recibe por reflexión de superficie o suelo. (Castillo & Oviden, 2019).

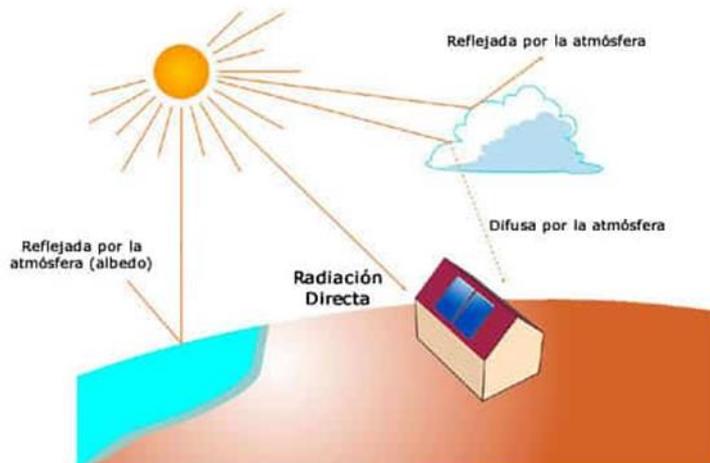


Imagen 2: Tipos de radiación solar

Fuente: sunfields Europe

La irradiación solar se define como la magnitud de energía en una superficie o lugar en un límite de tiempo específico; está expresada en unidades de vatios por metro cuadrado.

Dentro de la irradiación tenemos varios tipos, tales como irradiación solar total, es la energía solar que está presente fuera de la atmósfera en cada momento, esta varía a medida que el año transcurre. También encontramos a la irradiación normal directa, para medirla excluimos a la radiación difusa, esta radiación es equivalente a irradiación total menos las pérdidas por absorción o dispersión, por otro lado tenemos a la irradiación horizontal difusa, la cual se mide de forma horizontal con radiación obtenida de todos los puntos del cielo, como cuarto tipo tenemos a la irradiación horizontal global, esta es el producto de irradiación directa y la irradiación difusa, es preciso señalar que esta es la irradiación total que genera el sol en la superficie horizontal de la tierra.

Cabe destacar que esta irradiación es importante en la energía solar debido a que estas cifras son usadas para la planificación de la extensión de los sistemas solares, la energía solar solo funciona correctamente con irradiación directa, por lo tanto, se usan en lugares donde el nivel de nubosidad es bajo. (Planas, 2019).

Para calcular las horas solar pico (HSP) de irradiación solar en un lugar específico se basa en la siguiente ecuación:

$$HSP = \frac{\text{Irradiancia global}}{1000W/m^2} \quad \text{Ec. 1}$$

El sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes que se relaciona entre sí

para captar la radiación solar y transformar la energía en una corriente continua, esta posee dimensiones tales como panel fotovoltaico, elevación del panel y el controlador de carga, conductores eléctricos y a la estructura de soporte (De la cruz, 2014).

Los principales **componentes de un sistema integrado fotovoltaico** son: **los paneles solares**, los cuales son tableros a base de láminas vidriosas, en las cuales se genera tensión eléctrica, contienen un marco protector que los protege del clima Vargas & Navia (2015).

Estas planchas son hechas de silicio, pueden ser monocristalino, policristalino o amorfo y son usadas de acuerdo a su eficiencia en recepción y transformación de la irradiación solar en energía eléctrica. (Sebastián, E. 2018)

Los paneles solares son conformados por un conjunto de células fotovoltaicas las cuales generan la electricidad mediante un efecto fotoeléctrico ya que al reaccionar las células con la luz produce este efecto. (Fernández M., 2003).

La vida útil de los paneles suele ser de 30 años a más, además se debe estimar la potencia producida por los paneles, ya que para esto se usará la irradiancia en conjunto con el factor de pérdidas, cabe resaltar que se puede notar que al expresarse la irradiación en kW-h/m², esta es similar a las H.S.P. (Valdivieso, 2014).

Dentro de las aplicaciones principales de este sistema tenemos en los tejados en viviendas, aprovechando así para colocarlo los módulos fotovoltaicos, esto aporta valor ecológico; otra de las aplicaciones es mediante plantas de producción, estas pueden ser instaladas en zonas rurales, usando sistemas de seguimiento del sol, además tenemos a la aplicación en edificio, esta opción contribuye mayormente a una reducción de energía convencional. (Tacza, 2011).

Los principales componentes de un sistema fotovoltaico son:



Imagen 3: sistema fotovoltaico

Fuente: <http://jokainnovation.blogspot.com/2014/11/implementacion-de-sistema-fotovoltaico.html>.

Existen varios tipos de **conexiones de módulos solares**, dentro de ellos tenemos a la conexión en serie, en este caso los diversos ramales se conectan paralelamente, obteniendo así la corriente requerida, además se conectan las placas uniendo el polo de uno con el lado contrario del otro. También tenemos a las conexiones en paralelo, para este se conectan todos los polos positivos de diferentes placas por un solo lado y el lado negativo por el otro, la tensión que se produce es la de una sola placa y la intensidad es la intensidad de una multiplicada por el número de placas, para que esto sea efectivo se debe utilizar módulos que tienen características iguales (Alcubierre, 2019).

Otro componente es el **regulador de carga**; Según Tacza et. Al. (2011) Los reguladores tienen como principal función, inspeccionar la carga y descarga de baterías, estos instrumentos evitan que exista una sobrecarga, creación de gases, o evita la sobre descarga cuando la energía no es suficiente, además contribuye a aumentar la vida útil y a mejorar la eficiencia de la batería.

El acumulador o batería; para Fernández (2017) las baterías que son para uso fotovoltaico tienen que ser de bajo valor de auto descarga, tener mantenimiento casi nula, una vida útil larga y además elevado número de ciclos de carga y descarga. Esta batería tiene una vida útil entre 5-15 años, sin embargo; existen factores que pueden alterar la capacidad de esta, dentro de ellos tenemos a la temperatura y la ratio de carga o descarga ya que una variación en este puede disminuir o aumentar la capacidad.

Cabe destacar que al utilizar acumuladores podemos tener un sistema independiente de los módulos solares, un aforo de picos de intensidad mayor y persistencia en la tensión. (Henríquez, 2003).

El Convertidor o inversor solar, se utiliza en los sistemas fotovoltaicos para transformar la corriente continua que se recibe de los paneles solares a corriente alterna con la cual trabaja la electrobomba (Calderón, 2017).

Según Gallegos R. (2017), el **diseño del sistema fotovoltaico** se basa en determinar la amplitud necesaria para cumplir con la energía requerida, por eso debemos calcular la energía generada tomando como referencia la energía consumida + las pérdidas del sistema fotovoltaico.

Después de diseñar el sistema se debe instruir al usuario para que pueda operar y realizar el mantenimiento necesario, para ello es indispensable el uso de un manual donde exista diagramas de proceso eficiente y fácil de entender. (De la cruz et al., 2014).

Para hacer el **Cálculo del número total de módulos fotovoltaicos [NT]**, cuando se conoce la demanda eléctrica, se usa la siguiente ecuación para determinar NT:

$$NT = \frac{ET}{P_p} \quad \text{Ec.2.}, \quad NT = \frac{N^\circ \text{ paneles}}{N^\circ \text{ paneles en serie}} \quad \text{Ec. 2.1.}$$

Esta fórmula nos indica que ET es la Energía Total [Wh] y PP. es la potencia del Módulo [W].

Para hacer el **Cálculo de la distribución de los paneles fotovoltaicos [Ns]** se hace uso de la fórmula:

$$N_s = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}} \quad \text{Ec. 3.}$$

En esta fórmula nos indica que $V_{sistema}$ es la Tensión nominal del sistema [V] y V_{panel} es la Tensión nominal de los módulos fotovoltaicos [V].

Dentro del **Dimensionamiento de la batería** debemos tener en cuenta la capacidad de la batería [Cn] Según Aguilera & Hontoria (s.f.) Nos dice que es la porción de energía que debe acumular la batería para abastecer los días sin sol.

Para medir la capacidad de la batería usamos la siguiente formula:

$$C_n = \frac{E}{V_s} * \frac{N}{P_d} \text{ [Wh]}, \quad \text{Ec. 4.}$$

En esta fórmula Cn representa a la Capacidad de la batería [Wh o Ah], E representa a Energía real total [Wh], Pd representa a la Máxima descarga de la batería y Vs representa la Tensión de sistema [V] y N es los días de autonomía(adimensional). Con el **Dimensionamiento del regulador** se busca obtener la corriente máxima que circulará, por ello es importante calcular la corriente producida por el generador, y la corriente de la carga ya que la corriente máxima que se genere será lo que el regulador deberá soportar y funcionar correctamente. Además, el regulador debe cumplir con requisitos como la protección contra descargas, impedir sobrecargas en acumuladores y debe proteger de corrientes inversas. (Aguilera & Hontoria, s.f.). El regulador deberá soportar la intensidad que tenga mayor amperaje y será la que se seleccione, para este caso se deberá calcular aplicando la siguiente formula:

$$I_{max} = I_{cc} * N_p \quad \text{Ec. 5.}$$

Donde: Icc es la intensidad de cortocircuito(Amp) y Np indica el número de paneles en paralelo(adimensional).

Para el dimensionamiento del **inversor eléctrico** se usa la siguiente fórmula:

$$P_{inversor} = f.s. \left(\frac{P_b}{F.P * e.f.inversor} \right) \quad \text{Ec.5.1.}$$

Donde: f.s. es el factor de seguridad, Pb(potencia de la bomba), F.P. factor de potencia, Ef. Es la eficiencia del inversor.

Para el **dimensionamiento del conductor eléctrico** es necesario conocer el amperaje que debe soportar cada conductor, si va a ser instalado en ducto o por aire luego confirmar con una tabla de calibres de conductor.

Es importante conocer la **caída de tensión** en cada tramo usando la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{0.0309 * I * L * \text{Cos}\phi}{S * V} * 100 \quad \text{Ec. 6.}$$

Donde: I: es la intensidad que circula por ese tramo, L: longitud del conductor, cosφ:factor de potencia, S: sección del conductor y V: voltaje del sistema.

El sistema de bombeo de agua, dentro de los principales problemas de las poblaciones tenemos a la falta de agua, para ello las electrobombas con sistemas fotovoltaicos son soluciones prácticas y económicas para bombear el agua de manera eficiente usando la energía solar como fuente inagotable. Este sistema debe ser diseñado para que permita aprovechar la energía eléctrica generada; el diseño de la bomba dependerá de los requerimientos de agua y su aplicación, además se debe analizar la zona donde será colocada (Peralta, 2018).

El sistema de bombeo fotovoltaico funciona gracias a la instalación de paneles solares que alimentan una electrobomba o un grupo de bombeo de agua para riego de cultivos, consumo humano y/o ganadería, en zonas aisladas con acceso complicado o sin acceso a la red eléctrica; así la electrobomba distribuirá el agua por tuberías desde el punto de succión hasta la distancia que se requiera suministrar (Vernia, 2018).

Para el cálculo de la demanda o **requerimiento de agua** para el sistema de bombeo máximo se usan las siguientes fórmulas:

$$ET_c = K_c * ET_o \quad \text{Ec. 7.}$$

Donde: ET_c es la evapotranspiración del cultivo [mm/día], K_c : coeficiente del cultivo [adimensional], ET_o : evapotranspiración del cultivo de referencia [mm/día].

Para el requerimiento de riego:

$$R_r = (ET_c / E_r) * 100 \quad \text{Ec. 8.}$$

Donde: R_r requerimiento de riego (mm/día), ET_c : evapotranspiración del cultivo [mm/día], E_r : eficiencia de riego (%).

Para calcular el volumen de agua por planta (G):

$$G = \left(\frac{R_r}{f} \right) * Sp * SI \quad \text{Ec.9}$$

Donde: G= Es el volumen de agua por planta (L/Planta/día), f= Es la frecuencia de riego dependiendo del sistema a usar, Sp = Es el espacio entre plantas según cultivo, SI = Es el espaciamiento entre laterales de riego según cultivo.

Para calcular la dotación del agua se utiliza la siguiente ecuación:

$$Uc = K_c x E_t o \quad \text{Ec.10}$$

Donde: Uc = dotación de agua (mm), k_c = coeficiente del cultivo (adimensional), $E_t o$ = Evotranspiración del cultivo referencial. (mm/día).

Para calcular el módulo de riego se utiliza la siguiente ecuación:

$$Mr = \left(\frac{Uc}{Ef}\right) x 0.116 \quad \text{Ec. 11.}$$

Donde: Mr: Módulo de riego, Ef.: Eficiencia del sistema de riego(%), 0.116: Factor de conversión de unidades.

Para calcular el caudal necesario del sistema de bombeo es necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$Q = M_r * A \quad \text{Ec. 12.}$$

Donde: Q: caudal (m3/seg), Mr: módulo de riego(lps/ha) y A: área de terreno a abastecer(Ha.)

Para calcular el diámetro de tubería de succión es necesario usar la siguiente ecuación:

$$D = 0.58733xN^{0.25}\sqrt{Q} \quad \text{Ec. 13.}$$

Donde: D: Diámetro interior aproximado (m), N: Número de horas de bombeo al día, Q: Caudal de bombeo (m3/s). 0.58733(constante).

Para calcular la velocidad de fluido, se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$Vs = \frac{4xQ}{\pi xDs^2} \quad \text{Ec. 14.}$$

Donde: Vs: velocidad media del fluido(m/seg), Q: caudal volumétrico(m3/seg) Ds: diámetro de succión(m).

Para calcular el diámetro de impulsión en el sistema de bombeo, se usa la

siguiente ecuación: $D_{imp} = K_3x\left(\frac{N}{24}\right)^{0.25}\sqrt{Q}$ Ec. 15.

Donde: D_{imp} = diámetro de impulsión(m), N: número de horas de bombeo diario(horas), Q: caudal volumétrico del sistema(m3/s).

Para calcular la altura volumétrica del sistema, es necesario tener en cuenta la siguiente ecuación de Hazem Williams:

$$H = 10.674 * \left[\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right] * L \quad \text{Ec. 16.}$$

Donde: H: Altura Manométrica (m), Q: Caudal (m³/s). C: Constante para PVC es 150 D: diámetro de la tubería (m), L: longitud de la tubería(m).

La **demanda eléctrica** se define como la intensidad de corriente en un determinado periodo, depende de las actividades que se realiza, actualmente las redes se diseñan por potencia teniendo en cuenta la máxima demanda y la mínima potencia. (Espina, 2017).

Para calcular la **potencia de la electrobomba** y obtener la demanda eléctrica se usa la siguiente ecuación:

$$Pc = \rho \text{ agua} * \text{gravedad} * Q * HDT \quad \text{Ec.17.}$$

Donde: Pc: potencia de consumo de la bomba(W), $\rho \text{ agua}$: densidad del agua $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$, gravedad:9.81m/s², Q: caudal(m³/seg), HDT: altura dinámica total(m).

Para calcular la **energía total** del sistema, se usa la siguiente ecuación:

$$Et: Pc * t \quad \text{Ec. 18.}$$

Donde: Et: es la energía total(Kw-h), Pc: potencia de la bomba(Kw)
t: tiempo(horas de trabajo al día).

Para determinar la **energía real** es necesario el uso de la siguiente ecuación:

$$E = \frac{E_T}{R} \quad \text{Ec.19.}$$

Donde: E: Energía real(Kw), E_T = Energía total(Kw/h), R= **constante general fotovoltaica** calculándose R:

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * N}{P_d}\right) \quad \text{Ec.20.}$$

Donde: $K_b = 0.05, K_c = 0.05, K_v = 0.1, K_a = 0.005, N$ = número de días de autonomía, $P_d=0.8$

Para analizar el recurso solar es necesario calcular la radiación media mensual del lugar donde se realizará la instalación y para determinar los equipos a utilizar se debe considerar aquellos que se puedan obtener fácilmente en el lugar donde se realizara la instalación, debe requerir poco mantenimiento, bajo costo y no deben ser contaminantes del ambiente. (Guevara, s/f.).

III.METODOLOGÍA

3.1.Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Esta investigación se considera de tipo aplicada porque se hará uso de métodos y conocimientos existentes totalmente verificados para solucionar un problema real.

Diseño de investigación

El diseño de la investigación es pre experimental porque habrá una mínima manipulación de las variables que permitirá adecuar el sistema integrado según las necesidades encontradas en la población.

Cabe resaltar que también se considera como un estudio transaccional porque la información se recopiló en un determinado período.

3.2. Variables y operacionalización

Variables

Variable dependiente: sistema integrado fotovoltaico

Variable independiente:

- medición de irradiación solar
- Evaluación de carga (demanda máxima)

3.2.1. Operacionalización de variables

La tabla de operacionalización de Variables se encuentra en el Anexo 1 por ser extensa.

3.3.Población, muestra y muestreo

Población

En el presente estudio la población lo conforman todos los sistemas fotovoltaicos a nivel nacional.

Muestra

La muestra de este estudio es un sistema integrado fotovoltaico para el fundo las pampas del caserío Mucha.

Muestreo

El muestreo es no probabilístico, intencionado por elección de los investigadores

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Validación
Observación	Fichas de observación	Por expertos
Encuesta	Cuestionario	Por expertos
Análisis documental	Ficha de registro de datos	Por expertos

Fuente: Elaborado por los autores.

3.5. Procedimiento

Primero, se recolectó datos mediante la técnica de observación y visita a las parcelas agrícolas las cuales presentan escasez hídrica, estos datos fueron obtenidos por medio del instrumento de ficha de observación y por la encuesta a los agricultores dueños del fundo las pampas.

Segundo, se determinó el requerimiento de agua que necesitan las parcelas del fundo las pampas, seguidamente, se calculó la potencia de la bomba centrífuga asimismo se estableció las cargas que se abastecerán con el sistema integrado fotovoltaico; todo esto fue gracias al uso de las fichas de observación, encuesta, y análisis documental las cuales brindaron datos que se traspasaron a un registro Excel para su respectivo análisis y posterior a ello se realizaron los cálculos necesarios usando softwares especiales para diseño de sistemas fotovoltaicos, con lo cual se determinó cuáles son los componentes necesarios para el sistema integrado fotovoltaico mediante tablas y cuadros.

Seguidamente, se diseñó cómo será la propuesta del sistema integrado fotovoltaico para últimamente desarrollar los cálculos económicos y realizar las conclusiones correspondientes de viabilidad de proyecto.

3.6. Método de análisis de datos

Una vez obtenidos los datos recolectados mediante las fichas de recolección y encuesta, además de la toma de datos de la radiación solar diaria de abril a junio del 2021, se procedió a crear una base de datos en una hoja Excel, que permitió agrupar los datos recolectados y aplicar las fórmulas necesarias para el diseño y cálculo de los requerimientos del sistema.

Todos estos datos fueron de gran utilidad para identificar el requerimiento de agua de las parcelas del fundo las pampas del Caserío Mucha; para determinar la potencia necesaria de la bomba y la cantidad de paneles solares que se tendrán que instalar, al igual para determinar las especificaciones de los componentes del sistema integrado fotovoltaico, que a su vez permitieron calcular los costos del proyecto basados en la cantidad de módulos fotovoltaicos, baterías, inversores, reguladores de carga, cableado entre otros. Este proceso de análisis de datos ayudó a dar cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente y determinar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

3.7. Aspectos éticos

Para la aplicación del cuestionario se informó y solicitó la participación voluntaria de los dueños del fundo las pampas del caserío Mucha, además se requirió la firma del consentimiento informado, haciendo énfasis en que la participación fue libre y de forma voluntaria.

En cuanto el principio de ética de no maleficencia, durante el desarrollo de la presente investigación no se causó ningún tipo de daño a las personas que decidieron participar de forma anónima y voluntaria. Además, todos los participantes fueron tratados de forma justa y equitativa durante la evaluación.

De acuerdo con el principio de beneficencia, los agricultores del fundo las pampas del caserío Mucha serán beneficiados al presentar esta investigación a la Municipalidad Distrital de Simbal para que se presente y se tome como una futura inversión mediante el presupuesto participativo anual que se realiza a nivel distrital, lo cual permitirá desarrollar adecuadamente las actividades de agricultura y satisfacer sus necesidades básicas. También contribuirá con el ambiente al proponer la utilización de energía limpia y renovable.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultado del objetivo específico 1:

Recolectar datos de las parcelas del fundo las pampas del Caserío Mucha y de la irradiación que incide en el lugar (Trabajo de campo).

Después de haber aplicado las técnicas de recolección de datos (observación, encuesta y análisis documental), se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1.1. Resultados del trabajo de campo y georreferenciación de las parcelas del fundo las pampas del Caserío Mucha

Tabla 2: Georreferenciación del Caserío Mucha

Descripción	Ubicación geográfica	Relieve	Clima
	A 41 Km de Trujillo, ubicado a 1110msnm.	poco accidentado, relativamente llano, con lomas, conformado por extensas planicies, carecen de cultivos por falta de agua.	Sin presencia de lluvias en la mayor parte del año clima desértico, cálido y soleado. Temperatura media anual de 22°C
Latitud	-7.9064 o 7°54'23.0"S		
Longitud	-78.7875 o 78°47'15.0"W		

FUENTE: elaborado por los autores

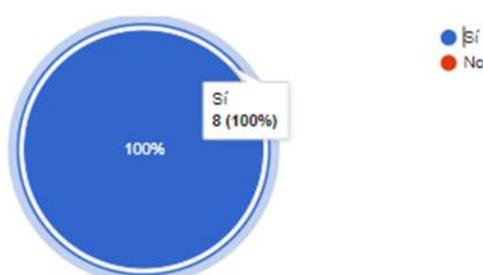
El Caserío Mucha está conformada por extensas planicies, una extensa parte de ello carecen de cultivos debido a la escasez de agua de riego.

De acuerdo al servidor Google Maps se obtuvo las coordenadas satelitales: Latitud -7.9064, Longitud -78.7875 o también Latitud 7°54'23.0"S y Longitud 78°47'15.0"W.

4.1.2. Resultado de la encuesta realizada a los agricultores del Caserío Mucha para conocer su problemática.

De todos los encuestados, el 90% indican que su principal actividad económica en el Caserío Mucha es la agricultura, asimismo todos indican que esta actividad se ve afectada año tras año debido a algunas dificultades, además que la mayor dificultad para el cultivo de sus sembríos es la escasez hídrica, tal como lo muestra la siguiente imagen:

3. Si la respuesta a la pregunta 2 es SI, ¿Considera la escasez de agua como la principal dificultad para desarrollar la actividad agrícola de manera concurrente?
8 respuestas



*Imagen 4 resultados de la encuesta
Fuente: elaborado por los autores*

El 100% de encuestados señala que la principal dificultad para desarrollar la actividad agrícola de manera concurrente y adecuada es la escasez de agua, que se presenta la mayor parte del año (fines de abril hasta finales de diciembre), razón por la cual han tenido que extender su frecuencia de riego a una vez cada 15 días.

Es necesario resaltar que gracias a la encuesta y al trabajo de campo se obtuvo el resultado que el fundo las pampas del Caserío Mucha comprende 4.0 hectáreas de terreno de cultivo, 0.5 hectáreas de terreno se encuentra sin sembrar y 3.5 hectáreas se encuentran sembradas de palta de diversas variedades.

Los demás resultados de la encuesta realizada se presentan en el anexo 3.

4.1.3. Resultado de la escasez hídrica en el fundo las pampas en base a la encuesta realizada.

De acuerdo a las vivencias de algunos agricultores del Caserío que nos hicieron saber mediante la encuesta realizada anteriormente, resulta que la escasez de agua se viene presentando desde hace varios años atrás, aproximadamente 10 años debido a los cortos inviernos con falta de lluvias, asimismo que la escasa agua que existe en el río Lucmar se prioriza para consumo humano incluso analizando la disponibilidad per cápita de agua hacia la población nos resulta lo siguiente:

Tabla 3: Categorización de las áreas según el agua disponible

M3 per cápita	Categoría
>1700	Sin estrés
1000-1700	Estrés
500-1000	Escasez
<500	Escasez absoluta

Fuente: Falkenmark, "The massive water scarcity threatening Africa-why isn't it being addressed".

Este resultado indica que, al haber escasez hídrica para el consumo humano, también lo hay para la agricultura; asimismo otra actividad que se realizó para corroborar si hay escasez fue la de revisar todo el fundo encontrando así surcos secos, plantas con las hojas marrones que indican falta de riego o falta de agua y algunas a punto de secarse, entre otras características que prueban la escasez que hay en dicho Caserío y en especial en este fundo denominado las pampas.

4.1.4. Resultados de la irradiación solar en el fundo las pampas del Caserío Mucha.

Los datos estadísticos promedios en meses recolectados del programa PVsyst de la irradiación que incide en el fundo las pampas del Caserío Mucha, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4: Datos meteorológicos de la irradiación Solar en el fundo las Pampas-Caserío Mucha (programa PVsyst 7.0)

MESES	IRRADIACION SOLAR HORIZONTAL GLOBAL DIARIA (Kwh/m²)	IRRADIACION SOLAR DIFUSO HORIZONTAL DIARIA (Kwh/m²)
Enero	6.15	2.64
Febrero	5.71	2.69
Marzo	6.22	2.34
Abril	6.19	1.97
Mayo	6.04	1.51
Junio	5.93	1.32
Julio	5.89	1.33
Agosto	6.17	1.65
Setiembre	6.28	1.87
Octubre	5.87	2.14
Noviembre	5.92	2.34
Diciembre	5.64	2.35
PROMEDIO ANUAL	6.00	2.01

Fuente: Elaborado por los autores.

Asimismo, y a manera de corroborar los datos obtenidos mediante el programa PVsyst se realizaron mediciones de la irradiación solar que incide en las parcelas agrícolas del fundo las pampas, mediante un equipo luxómetro TM-206 TENNMARS y sus características se presentan en el anexo 7.

Estas mediciones se empezaron a realizar desde el mes de abril del 2021 teniendo como resultado lo siguiente:

Tabla 5: Datos de la medición de irradiación solar en el Fundo las Pampas-Caserío Mucha

irradiación solar diaria (mes de abril 2021) Kwh/m ²																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	promedio diario Kwh/m ²
6	6.6	6.3	6.5	6.4	5.8	6.4	6.1	6.2	6.1	6.4	5.9	5.8	6.3	6.2	6.5	6.3	5.9	6.7	6.1	5.8	6	5.8	6.3	5.8	6.3	5.8	6.6	6.2	6.3		6.18

Fuente: elaborado por los autores

Se tomó de referencia los datos del mes de abril, brindados por el programa PVsyst 7.0, siendo de 6.19Kwh/m² y en las mediciones realizadas es de 6.18 Kwh/m², lo cual señala una diferencia de 0.01Kwh/m², equivalente a 10 watt; razón por lo cual, valida estos datos e indica la factibilidad de realizar esta investigación en dicha zona.

Las mediciones de la irradiación solar de los meses de mayo y junio del 2021 se presentan en el anexo 5.

Para esta investigación se determinó trabajar con la irradiación más crítica, siendo la de diciembre con menor irradiación promedio según PVsyst de 5.64 Kwh/m² lo que representa también el inicio del invierno que se presenta entre los meses de enero-marzo en el Caserío Mucha.

Para calcular la hora solar pico se utilizó la ecuación 1, obteniendo como resultado: 5.64 horas solar pico aproximado a 6 horas solar pico.

4.2. Resultados del objetivo específico 2:

Calcular el requerimiento hídrico del cultivo y la potencia de la(s) electrobomba(s) para el sistema de bombeo de agua del fundo las pampas en el Caserío Mucha.

Para poder encontrar la demanda de energía eléctrica que nos permita satisfacer la demanda hídrica en el fundo las pampas del Caserío Mucha se tuvo que evaluar el requerimiento de agua para el uso exclusivamente agrícola en el cultivo de palta, obteniendo los siguientes resultados:

4.2.1. Cálculo de la demanda hídrica o la Evotranspiracion de cultivo referencial (ET_o) mediante software

Para el cálculo de ET_o se hizo uso del software Cropwat lo cual permitió calcular el requerimiento de agua del cultivo de palta.

En la siguiente tabla se muestran los datos meteorológicos recolectados los cuales sirvieron para ingresar al software Cropwat y obtener el ET_o.

Tabla 6: Datos meteorológicos obtenidos del programa PVsyst 7.0

DATOS METEREOLÓGICOS RECOLECTADOS DEL PROGRAMA PVsyst					
	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA	VELOCIDAD VIENTO	INSOLACION
MES	MINIMA	MAXIMA	%	Km/día	Horas
ENERO	18	24	83	112.32	5.5
FEBRERO	16	25	88.1	108	5.5
MARZO	18	25	91.8	96.768	5
ABRIL	17	25	87.6	105.408	6
MAYO	16	24	77.7	120.096	7
JUNIO	16	25	73	128.736	8
JULIO	15	27	61.6	128.736	8
AGOSTO	15	26	56.7	138.24	8
SETIEMBRE	16	23	67.7	133.92	7
OCTUBRE	17	26	74.1	126.144	8
NOVIEMBRE	16	27	79	131.328	7
DICIEMBRE	17	24	80.7	131.328	8

Fuente: Elaborado por los autores

Estos datos se ingresaron al software CROPWAT para calcular automáticamente el ETo, debido a que este software contiene ciertos parámetros difíciles de obtener en una visita técnica; por tanto, se obtiene el valor del ETo promedio de 3.72mm/día \approx 4 mm/día y la Evotranspiración de cada cultivo real (ETc) para palta se obtiene usando la ecuación 7, donde Kc de aguacate (palta) es: Kc inicial= 0,60; Kc medio= 0.85 y Kc final= 0.75(ver anexo 9).

El cálculo completo del ETo usando el software CROPWAT se presenta en el anexo 8.

Calculando la demanda de agua para el cultivo de palta se obtuvo:

Tabla 7: Cálculo de la demanda de agua por cultivo

	ETo (mm/día)	Kc (constante)	ETc (mm/día)
Inicio	4.00	0.60	2.40
Media	4.00	0.85	3.40
Final	4.00	0.75	3.00

Fuente: Elaborado por los autores

Para el requerimiento de riego teniendo en cuenta que según Minagri (Ministerio De Agricultura Y Riego Del Perú) la eficiencia de riego por goteo se encuentra entre 90-95%, la eficiencia de riego por gravedad en 40% y por aspersión 70%.

En este caso la eficiencia que se toma es 40% (para riego por gravedad actualmente) pero con una proyección a que en un futuro se realice el riego por goteo, puesto que esta investigación se está desarrollando con el objetivo de mitigar la escasez hídrica que existe en las parcelas del Caserío Mucha, por tanto, se requiere optimizar el uso de agua.

Los resultados del cálculo usando la Ec. 8 para el requerimiento de riego según su etapa del cultivo fueron los siguientes:

Etapa inicial: 6.00 mm/día= 6.00 mm/día

Etapa media: 8.50 mm/día \approx 9.00 mm/día

Etapa final: 7.50 mm/día \approx 8.00 mm/día

Con el dato anterior se obtuvo el volumen de agua por planta para el cultivo de palta (G), teniendo como referencia la frecuencia de riego que para este caso es semanal, asimismo usando la Ec. 9, obteniendo como resultado:

Tabla 8: volumen de agua por planta

	Rr (mm/día)	F	Sp	Si	G (L/Planta/día)
Inicio	6.00	1	4	3	72.00
Media	9.00	1	4	3	108.00
Final	8.00	1	4	3	96.00

Fuente: Elaborado por los autores

En la etapa inicial de siembra de la planta el volumen de agua es menor con 72.00 litros por planta diaria, en la etapa media de la planta y producción es de 108 litros por planta diaria y en la etapa final de la planta es de 96 litros por planta diaria.

Conociendo:

- Una ha tiene 10 mil m²
- Distanciamiento entre surco es 3 m.
- Distanciamiento entre planta 4m.
- Número de surcos es 100 m ancho entre 3m por surco es igual a 33.33 surcos
- Número de plantas es 100 m largo entre 4 m entre planta y planta es igual a 25 plantas por cama
- Total, de plantas por ha es 33.33 camas por 25 plantas por cama es igual a 834 plantas/ha
- El total de plantas en todo el fundo las pampas (3.5 ha) es 2919 plantas.
- La Evotranspiracion que es 3.72mm/día≈ 4mm/día
- La dotación de agua en base a la Ec.10 del uso consuntivo $U_c = 3.548\text{mm} \approx$ equivalente a 35.48m³/día/ hectárea.
- Si son 35.48 m³/día/hectárea por 3.5 hectáreas de cultivo =124.2 m³/día
De lo anterior, se puede decir que el requerimiento del recurso hídrico para abastecer en su totalidad al fundo las pampas es de 124.2m³/día.

Usando la Ec. 11 para el cálculo del módulo de riego, se obtiene el siguiente resultado: $M_r = 0.986 \text{ lps/ha}$.

Si se requiere de $124.2 \text{ m}^3/\text{día}$, el tiempo de trabajo de una bomba será de 10 horas diarias, entonces se tiene que:

$$124.2 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{10 \text{ horas}} = 12.42 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}} = 0.003451 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$12.42 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 12420 \frac{\text{l}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 3.451 \frac{\text{l}}{\text{seg}}$$

El caudal total (Q) usando la Ec. 12 y convirtiendo las unidades se obtiene que para las 3.5 hectáreas de cultivo de las parcelas del fundo las pampas, es:

$$Q = 3.451 \frac{\text{Lt}}{\text{seg}} = 0.003451 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Luego de saber el caudal total, se calculó la cantidad y el tipo de bomba(s) a usar en el sistema de bombeo de agua.

4.2.2. Cálculo de las tuberías principales, potencia de la(s) bomba(s) para el sistema de bombeo.

4.2.2.1. Diámetro de tubería de succión

Para determinar el diámetro de la tubería de succión se usó la fórmula de Bresse usado para calcular el diámetro económico en tuberías mediante la Ec. 13 donde para el diseño, se ha considerado que se bombeará un tiempo aproximado de 10 horas al día donde ($N=10$), entonces se obtiene el diámetro de succión es el siguiente:

$$D = 0.061 \text{ m} = 2.40 \text{ pulg} = 2 \frac{1}{2} \text{ pulgadas}$$

De los datos obtenidos, se selecciona la tubería de succión de diámetro de $2 \frac{1}{2}$ pulgada de PVC.

4.2.2.2. Cálculo de la velocidad media de fluido(v_s)

Mediante la siguiente ecuación 14, y con el diámetro asumido, se calcula la velocidad del fluido (V_s). Siendo así: $V_s = 1.22 \text{ m/s}$.

Por tanto, esta velocidad obtenida esta entre el rango permitido para estos sistemas de bombeo. (succión sean menores de 2 m/s en bombes medianos).

4.2.2.3. Cálculo de diámetro de impulsión

Para calcular el diámetro de tubería de impulsión en el sistema de bombeo, se usó la Ec. 15, donde: $K_3=1.1$ y $N=10$; obteniendo el siguiente resultado:

$D_{imp} = 0.051\text{m}$ = equivalente a 2 pulgadas.

4.2.2.4. Cálculo de la altura manométrica

Ya calculado el requerimiento de agua se procedió a calcular la altura manométrica necesaria para la selección de la bomba. Para lo cual se calculó con la Ec. 16 de Hazen Williams, teniendo en cuenta los siguientes datos:

- **Pérdidas en la succión**

En la etapa de succión estará compuesto por:

2 m de tubo de 2 ½"

1 codo de 90° de 2 ½" equivalente a 1.28m

1 válvula check equivalente a 0.8 metros

1 unión universal con rosca de 2 ½", equivalente 0.75 metros

Entonces: $L = 2.00 + 1.28 + 0.8 + 0.75 = 4.83 \text{ m}$

$$H_{succión} = 10.674 * \left[\frac{0.003451^{1.852}}{150^{1.852} * 0.0635^{4.871}} \right] * 4.83$$

$$H_{succión} = 0.09\text{m}$$

Conociendo, además:

$Z_a = 1112$ msnm (punto más alto del fundo las pampas donde será fabricado el pozo B)

$Z_b = 1083$ msnm (Punto más bajo del fundo las pampas, donde se ampliará el pozo A, donde se encuentra el puquio).

Entonces calculando la altura estática se obtiene lo siguiente:

$$H_{estática} = Z_a - Z_b = 29 \text{ m}$$

- **Pérdidas en impulsión**

En la parte de impulsión estará compuesto por:

1 adaptador universal, equivalente a 0.75m

226.60 metros de tubería de 2 pulgadas

Un codo de 90° de 2", equivalente a 1.28m

3 codo de 45° de 2", equivalente a $0.98\text{m} \times 3 = 2.94\text{m}$

Entonces: $L = 0.75\text{m} + 226.60\text{m} + 1.28\text{m} + 2.94\text{m} = 231.57\text{m}$

$$H_{impulsión} = 10.674 * \left[\frac{0.003451^{1.852}}{150^{1.852} * 0.0635^{4.871}} \right] * 231.57$$

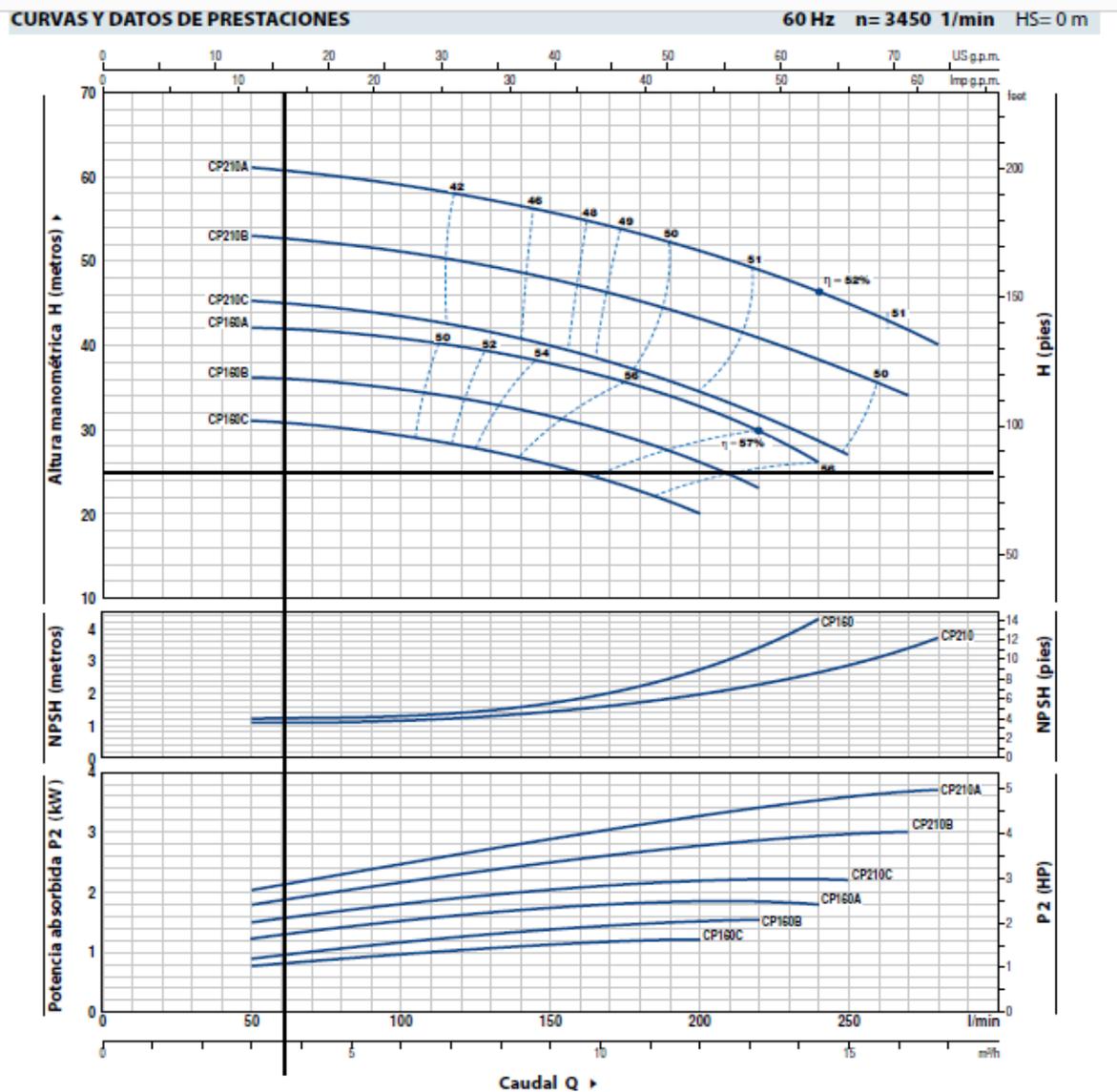
$$H_{impulsión} = 4.314\text{m}$$

Por ello, la altura dinámica total (TDH) = Altura de succión + altura estática + altura de impulsión es igual a:

$$\text{TDH} = 0.09\text{m} + 29 \text{ m.} + 4.314 \text{ m.} = 33.4 \text{ m}$$

Obteniendo dicho resultado se procedió a seleccionar la electrobomba centrífuga tomando los puntos más alejados ya que son los que mayor pérdida produce.

Con todo lo calculado anteriormente, se determina que será una electrobomba modelo monofásica CPm 660M monofásica centrífuga de marca pedrollo, con una potencia de 2 HP, con una altura manométrica de bombeo hasta 43 metros (su ficha técnica se presenta en el anexo 11).



En la primera gráfica se muestran los valores de altura manométrica Vs Caudal (m^3/h), en líneas punteadas se puede ubicar el porcentaje de rendimiento de la Bomba.

La segunda curva corresponde al comportamiento del NPSH en relación al

caudal, y es empleada para determinar la cavitación.

Los elementos principales que comprenden el sistema de bombeo para el fundo las pampas son los siguientes:

Tabla 9: principales elementos del sistema de bombeo

Elemento	Cantidad
electrobomba centrífuga monofásica modelo CPm 660m pedrollo de 2hp	1
soporte metálico para electrobomba	1
codos de 90° de PVC de 2 ½"	1
válvula Check de 2 ½"	1
codo de 45° de 2"	3
tubería de PVC de 2 1/2"	2 m
adaptador universal de 2 1/2"	2
accesorios y herramientas	Varios
tubería de PVC de 2"	227m
codo de 90° de 2"	1

Fuente: Elaborado por los autores

En la tabla N°9, se tiene los elementos del sistema de bombeo detallados con las unidades de medida y cantidades respectivas. Todo ello será importante en el proceso del diseño para mitigar la escasez hídrica que existe en el fundo las pampas del Caserío Mucha; asimismo mejorará la producción de palta por ser el principal cultivo de la zona.

4.3. Resultados del Objetivo Especifico 3:

Cálculos justificativos del Sistema Integrado fotovoltaico y sus componentes

La data existente para el Caserío Mucha según SENAMHI durante el período de estudio, nos dio como radiación máxima de 6.28 Kwh/m² y una mínima de 5.64 Kwh/m². Siendo la radiación mínima la que se tomará para que en el tiempo de menor radiación los paneles puedan suministrar la energía necesaria para poner en funcionamiento las bombas de agua.

Tabla 10: radiación solar de dos entes

ENTE	RADIACIÓN SOLAR
SENAMHI	Mínima: 5.64
	Máxima: 6.28
NASA	Mínima: 4.11
	Máxima: 5.40

Fuente: Elaborado por los autores

- **Potencia de la Bomba**

Es la energía que requiere la bomba para su normal funcionamiento, también conocida como potencia de consumo (P_c), se calcula mediante la Ec. 17, obteniendo el siguiente resultado:

$$P_c = \frac{1127.42}{746} = 1.51HP$$

Sin embargo, debido a que en el fundo las pampas hay 0.5 hectáreas que falta sembrar, se dimensiona con un 25% más como proyección a un futuro aumento o incremento de la carga, siendo la potencia de la bomba la siguiente:

$$P_c = 1.51HP * 1.25 = 1.88HP \approx 2HP$$

Teniendo en cuenta el resultado anterior proyectándose a futuro, se determina que se usará una electrobomba centrífuga de marca pedrollo, modelo CPm660m monofásica de 220V/60Hz con una potencia de 2.0 HP(ver anexo 11).

Asimismo, conociendo que las horas de trabajo al día: $H_d = 10$ h, se calculó la energía total mediante la Ec. 18 resultando:

$$E_T = 14.920Kw/h$$

Para calcular la energía real (E) en base a la Ec.19, primero se debe calcular la constante R, teniendo como datos: $K_b = 0.05, K_c = 0.05, K_v = 0.1, K_a = 0.005, N = 6, P_d = 0.8$.

Entonces: usando la Ec. 20 se obtiene lo siguiente:

$$R = 0.77$$

Reemplazando en la Ec.19. se tiene que la energía real es:

$$E = \frac{14,920}{0.77} = 19.377Kw/h$$

Por ello, se calculó la cantidad de módulos solares, reemplazando en la Ec.2, siendo el resultado el siguiente:

$$Nt = \frac{19,377Wh}{370wx6hx0.9}$$
$$Nt = 9.69 \text{ paneles}$$

El resultado nos indica que se necesitará de 9.69 paneles, pero por razones de mayor precisión se aproxima a 10 paneles.

Además, la potencia de módulo: 370 w monocristalino, Marca: BAUER ENERGY, Modelo: BSP370M.

Se deberá instalar estos sistemas fotovoltaicos para que trabaje con tensiones de 48 voltios en DC, con la finalidad de reducir corrientes en los terminales de algún panel o paneles.

Para mayor información, se presenta en el anexo 10, ficha técnica y especificaciones de los paneles solares seleccionados.

Para el cálculo del número de sistemas y su agrupación en serie para una tensión de 48V-DC, se realizó mediante la Ec. 3 de lo cual resultó lo siguiente:

$$N_s = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}}$$

$$N_s = \frac{48}{40.1}$$

$$N_s = 1.19 = 2 \text{ paneles}$$

Para determinar el número de sistemas y su agrupación de manera paralela se usa la ecuación 2:

$$N_T = \frac{10}{2} = 5 \text{ paneles}$$

Por ello, consideramos que se debe tener 5 grupos de paneles conectados paralelamente, asimismo estos se conforman de 2 paneles en serie, sumando un total de 10 paneles que requiere el proyecto.

Para calcular el acumulador de carga o batería (Cn) se realiza usando la Ec.4, teniendo como datos: $E=19,377\text{W/h}$, $N=1$, $Pd=0.8$ $V_s=48\text{ V}$; obteniendo el siguiente resultado: $Cn = 504.61 \text{ A.h}$

Por ello, para calcular la cantidad de baterías a usar en el sistema se hace de la siguiente forma:

$$N^{\circ}_{baterias} = \frac{504.61}{254} = 1.98 \approx 2 \text{ grupos de baterías} * 4 \text{ baterías c/grupo} = 8 \text{ baterías}$$

Según los resultados de los cálculos anteriores, se emplea baterías de la marca TROJAN, las cuales cuentan con una capacidad nominal de 254 Ah y un voltaje de operación de 12 voltios, por ello se armarán 2 grupos en paralelo de 4 baterías en serie para completar 48 voltios del sistema y lograr una autonomía de 10 horas diarias (ver anexo 12: ficha técnica de las baterías).

Para el seleccionamiento del **regulador de carga**, se utiliza la Ec. 5, siendo la intensidad de cortocircuito de los paneles seleccionados= 9.95 A y el número de paneles en paralelo(N_p)=5, por tanto; reemplazando se obtiene:

$$I_{max} = 49.75 A$$

Por tanto, se seleccionará 1 regulador de la marca VICTRON ENERGY de 100 A, del modelo MPPT 150/100.

Las especificaciones técnicas del regulador de carga, se presenta más adelante en el anexo 13.

Para la selección del **inversor** se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Se debe energizar la electrobomba de 1.492Kw (2Hp).
- El sistema es de 48 voltios
- La corriente máxima del sistema es de 49.75 A.
- % seguridad= 1.25
- Eficiencia del inversor: 0.95
- F.P= 0.8

Reemplazando en la ecuación 5.1. se tiene:

$$P_{inversor} = 1.25 \left(\frac{1492W}{0.8 * 0.95} \right)$$

$$P_{inversor} = 2453.94W$$

Lo cual brindó un resultado de: $P_{Inversor} = 2.45 Kw$

Es por ello que se seleccionó un inversor de onda sinusoidal, de la marca Bestsun, modelo: BPS4000M, donde su potencia nominal es de 3.2Kw y su máxima corriente de carga de 120 A.- 48 V.

Las especificaciones técnicas del inversor seleccionado se presentan en el anexo 14.

Para **la selección de los conductores**, se tuvo en cuenta la tabla que se encuentra en el anexo 15, además de lo siguiente:

- El conductor eléctrico desde los paneles al regulador de carga, debe soportar la corriente del cortocircuito del controlador de carga, siendo su intensidad de 49.75 A.; asimismo teniendo en cuenta que en un futuro se pueda incrementar la carga se selecciona un conductor de 16mm² en THW -90.
- El conductor eléctrico desde el regulador hasta las baterías, debe soportar la misma intensidad de 49.75 A; es por ello que se selecciona un conductor eléctrico de 16mm² en THW-90.
- El conductor eléctrico desde la batería hasta el inversor, debe soportar la misma intensidad de 49.75 A, por tal motivo se selecciona el conductor eléctrico de 16mm² en THW-90.
- El conductor eléctrico del inversor hasta la carga debe soportar la intensidad de corriente de la electrobomba más el 25% con proyección a un futuro sobredimensionamiento (8.47 A), por lo que se selecciona un conductor eléctrico de 2.5 mm² en THW-90.
- El conductor eléctrico de las baterías hasta la electrobomba es el mismo cálculo anterior, es decir se selecciona un conductor de 2.5mm² en THW-90.

para calcular **la caída de tensión** en cada punto o conductor se utilizó la Ec.6.

Reemplazando se obtiene:

- la caída de tensión en el conductor que va desde panel fotovoltaico al regulador de carga es:

$$\Delta V = \frac{0.0309 * 49.75 * 10 * 0.9}{16 * 48} * 100$$

$$\Delta V(\%) = 1.80$$

$\Delta V(\%) = 1.80 < 3\%$, Por tanto, está en un porcentaje aceptable

La caída de tensión en el conductor que va desde el regulador a las baterías es:

$$\Delta V = \frac{0.0309 * 49.75 * 6 * 0.9}{16 * 48} * 100$$

$$\Delta V(\%) = 1.08$$

$\Delta V(\%) = 1.08 < 3\%$, Por tanto, se encuentra dentro del rango aceptable

La caída de tensión en el conductor que va desde las baterías al inversor es:

$$\Delta V = \frac{0.0309 * 49.75 * 4 * 0.9}{16 * 48} * 100$$

$$\Delta V(\%) = 0.72$$

$\Delta V(\%) = 0.72 < 1\%$, por tanto, está en un porcentaje aceptable

La caída de tensión en el conductor que va desde el inversor a la electrobomba es:

$$\Delta V = \frac{0.0309 * 8.47 * 10 * 0.9}{1.5 * 220} * 100$$

$$\Delta V(\%) = 0.71$$

$\Delta V(\%) = 0.71 < 3\%$, por tanto, está en un porcentaje aceptable.

Para mejorar la generación de energía eléctrica mediante el sistema fotovoltaico, es muy importante fijar la **inclinación de los paneles solares**, teniendo en cuenta lo siguiente:

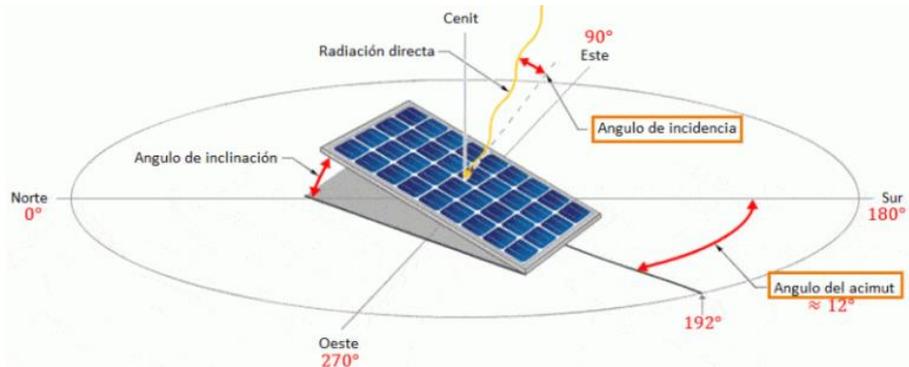


Imagen 5: Inclinación de los paneles solares

Fuente: Sunfields Europe (<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/como-varia-la-captacion-de-energia-solar-en-superficies-inclinadas/>).

La instalación ideal de los paneles solares sería usando sistemas con seguidor solar ya sea de un eje o de dos ejes, sin embargo este sistema tiene ciertas desventajas, siendo algunas de ellas el constante y costoso mantenimiento, además que son usados en grandes instalaciones fotovoltaicas; es por ello que lo más habitual para sistemas integrados fotovoltaicos de autoconsumo es el uso de estructuras con montaje fijo y un ángulo de inclinación fijo.

Este parámetro está afectado por la latitud del fundo las pampas(7.9064), y al encontrarse cerca de la línea ecuatorial, se debe colocar a la dirección casi horizontal para todo el período anual, sin embargo, puede fijarse de la siguiente manera:

- inclinación en invierno: $\text{Latitud} + 15^\circ = 22.9^\circ$
- inclinación en verano: $\text{Latitud} - 20 = -12.09^\circ$
- inclinación óptima en invierno: $29 + (\text{latitud} * 0.9) = 10.81^\circ$
- inclinación óptima en verano: $(\text{latitud} * 0.9) - 23.5 = -16.38^\circ$
- primavera y otoño: $(\text{latitud} - 2.5 \text{ grados}) = 5.4^\circ$

Para la selección de los componentes del sistema de protección del sistema integrado fotovoltaico, se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Para el ITM que se encuentra entre el panel fotovoltaico y el regulador de voltaje se tuvo en cuenta la corriente de diseño que circularía por este siendo 62.18 amperios, por ello se seleccionó un ITM de 63 Amperios.
- Para el ITM que se encuentra entre el inversor de carga y el tablero de distribución, se tuvo en cuenta la corriente de diseño de la electrobomba más un circuito para alimentar a una carga de reserva de 10 amperios, es por ello que se seleccionó un ITM de 20 amperios.
- Para el ITM que protegerá la electrobomba se tuvo en cuenta la corriente de diseño de la misma siendo de 8.47 amperios, por ello se seleccionó un ITM de 10 amperios.
- Para la carga de reserva se seleccionó un ITM de 10 amperios.

4.4. Resultados del Objetivo Especifico 4:

Evaluar financieramente el proyecto.

Se realizó el análisis de la rentabilidad y el período de recuperación de la inversión, guiándonos de los valores VAN y TIR.

Los resultados del análisis realizado son:

Tabla 11.
Presupuesto del sistema de bombeo

Ítems	Concepto	Unidad	Metrado	P.U.	Sub total
	Sistema de bombeo				
1	Electrobomba Pedrollo CPM660M de 2 HP	unidad	1	465dolares*3.96	1841.40
2	Soporte metálico de bomba	Global	1	450	450
3	Losa de concreto	Metro cuadrado	3	110	330
4	Tablero de control	global	1	1,000	1,000
5	Válvula check	unidad	1	120	120
6	Tubería PVC D =2" + instalación	metro	227	9	2,043
7	Accesorios para tubería PVC D=2" (codos, adaptadores, pegamento)	Global	1	400	400
8	Soportes metálicos para tuberías	Global	1	1,200	1,200
9	Cableado y conexiones	Global	1	1,350	1,350
10	tubos de 2 ½	metro	2	15	30.00
SUB TOTAL					S/. 8764.40

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 12.
Presupuesto de paneles fotovoltaicos

ítems	Concepto	Unidad de medida	Metrado	P.U.	Sub total
	Sistema de energía por paneles fotovoltaicos				
1	Panel solar BSP370M W monocristalino	Unidad	10	868	8,680
2	Regulador de carga Victron Energy 150/100A	Unidad	1	4290	4,290
3	Baterías Trojan de 8DAGM 254 Ah/12V	Unidad	8	1315	10,520
4	Inversor BESTSUN BPS4000M	Unidad	1	2847	2,847
5	Conductor eléctrico THW-90 de 16mm ²	Metro	30	16.22	486.60
6	Conductor eléctrico THW de 2.5mm ²	Metro	15	5.00	75.00
7	Accesorios varios (Ferretería)	Global	1	700.00	700.00
8	Soporte metálico para paneles	Unidad	10	385	3,850
9	transporte	Global	1	400	400.00
10	montaje electromecánico	Global	1	1500	1500.00
11	Accesorios de repuesto para sistema fotovoltaico	Global	1	7500	7500
SUB TOTAL					S/.40,848.60

Fuente: Manual de energía solar fotovoltaica

Así el presupuesto total para el sistema de bombeo con paneles solares sería de:

*Tabla 13.
Presupuesto total*

Sistema de bombeo	S/. 8,764.40
Sistema integrado fotovoltaico	S/. 40,848.60
TOTAL	S/. 49,613.00

Fuente: Elaboración propia

Se tiene que el costo total de implementación del proyecto es de s/.49,613.00 soles; se analiza los ingresos y egresos económicos.

Para la evaluación financiera, primero se evalúa los ingresos:

En el fundo las pampas hay 2919 plantas de palta de diversas variedades (Hass, fuerte, choquete, lula, entre otras) correspondiente a 3.5 hectáreas y cada hectárea produce aproximadamente 6.5 toneladas de palta en las zonas limítrofes de costa y sierra por campaña, y cada kilogramo de palta cuesta entre 1.50 soles (épocas de abundancia en el mercado) y 4.00 soles en épocas de escasez del producto en el mercado.

Entonces calculando con el costo más bajo del producto, se obtiene que el total de ingresos por año es:

Tabla 14: Ingresos por Año.

hectáreas de palta en el fundo	producción media en zona costera (kg)	total, de producción en el fundo (kg)	costo por kg	total, de ingresos por cosecha al año(s/.)
3.5	6500	22,750	1.50	34,125.00

Fuente: Elaborado por los autores

El ingreso anual es de s/.34,125.00(treinta y cuatro mil ciento veinticinco soles).

Evaluando **egresos** se tiene:

- Pago de trabajadores para limpieza de plantas (3 trabajadores*40 soles diarios* 15 días al año).
- Pago de trabajadores por cosecha (4 trabajadores*40 soles diarios* 3 días al año).

- Pago de trabajadores para riego (2 trabajadores*40 diario*100 días al año).
- Otros gastos en cultivo(500.00 al año).
- Pagos de operación y mantenimiento del sistema integrado fotovoltaico (4000.00 al año).
- Repuestos, mantenimiento y otros gastos del sistema de bombeo (1000.00 al año).

Tabla 15: Total de Egresos

DESCRIPCION	CANTIDAD DE TRABAJADORES	PAGO POR DIA	DIAS DE TRABAJO/ CAMPAÑA	SUB TOTAL
Pago de trabajadores para limpieza de plantas	3	40	15	1,440
Pago de trabajadores por cosecha	4	40	4	640
Pago de trabajadores para riego	2	40	90	7,200
Otros pagos y gastos de cultivo	-	-	-	500
Pagos de operación y mantenimiento del sistema integrado fotovoltaico	3	-	-	4,000
Repuestos, mantenimiento y otros gastos del sistema de bombeo	-	-	-	1,000
TOTAL, EGRESOS POR AÑO				14,780

Fuente: Elaborado por los autores.

Realizando la evaluación económica del proyecto se tiene:

Tabla 16: Evaluación económica del proyecto

EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO					
AÑOS	0	1	2	3	4
INGRESOS	INVERSION COSTO DEL PROYECTO	INGRESOS POR PRODUCCION/AÑO	INGRESOS POR PRODUCCION/AÑO	INGRESOS POR PRODUCCION/AÑO	INGRESOS POR PRODUCCION/AÑO
TOTAL INGRESOS POR PRODUCCION DE PALTA	0	34,125.00	34,125.00	34,125.00	34,125.00
EGRESOS	-49,613	EGRESOS/AÑO	EGRESOS/AÑO	EGRESOS/AÑO	EGRESOS/AÑO
Pago de mantenimiento de cultivo	0	-1440.00	-1440.00	-1440.00	-1440.00
pago de trabajadores por cosecha	0	-640.00	-640.00	-640.00	-640.00
pago de trabajadores por riego de cultivo	0	-7200.00	-7200.00	-7200.00	-7200.00
otros Pagos	0	-500.00	-500.00	-500.00	-500.00
Pagos de operación y mantenimiento del sistema integrado fotovoltaico	0	-4000.00	-4000.00	-4000.00	-4000.00
Repuestos, mantenimiento y otros gastos del sistema de bombeo	0	-1000.00	-1000.00	-1000.00	-1000.00
TOTAL DE EGRESOS	-49,613	-14780.00	-14780.00	-14780.00	-14780.00
TOTAL DE INGRESO NETO	-49,613	19,345.00	19,345.00	19,345.00	19,345.00
RECUPERACION DE LA INVERSION	-49,613	-30,268.00	-10,923.00	8,422.00	27,767.00

Fuente: Elaborado por los autores.

Continuación:

VAN	S/11,708.05
TIR	20%
TASA DE DESCUENTO(SBS)	10%

Se evidencia un VAN positivo de s/. 11,708.05 soles(once mil setecientos ocho soles con cinco céntimos) con un TIR de 20% mayor que la tasa de descuento, por ello la inversión es rentable.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1

La irradiación solar es la cantidad de radiación o energía que incide durante un límite de tiempo sobre una superficie determinada; es por ello que es fundamental saber dicha cantidad de energía para la planificación, diseño e implementación de sistemas solares sea cual sea su uso final (Planas O. 2019).

Asimismo, Pedraza (2020), en su investigación titulada "*Proyecto de riego utilizando energía solar para el cultivo de limones en la finca contador del municipio de Viani*" indica que es necesario hacer un estudio de campo y evaluar los recursos y condiciones agroclimáticas que presenta la zona antes de empezar a diseñar el sistema fotovoltaico para uso agrícola; dichos recursos a evaluar son: coordenadas geográficas, irradiación solar que incide en el lugar (mínima y máxima) al igual que la temperatura, asimismo características de cultivo, evotranspiración del cultivo, entre otros datos importantes para el diseño.

Es por ello que en nuestra investigación consideramos válida y adecuada ya que existe gran similitud en base a la teoría brindada por Planas y al trabajo realizado anteriormente por Pedraza puesto que nuestro trabajo también está enfocado al riego agrícola mediante sistema de bombeo utilizando paneles solares, así pues mediante un trabajo de campo realizado al fundo las Pampas se obtuvo lo siguiente:

Las parcelas del fundo las pampas se encuentran a una latitud de -7.9064 y una longitud de -78.7875 a 41 Km de la Ciudad de Trujillo, en el Caserío Mucha, Distrito de Simbal; asimismo su clima es desértico, cálido y soleado; sin presencia de lluvias en la mayor parte del año, teniendo una irradiación directa más baja con 5.64Kwh/m² en diciembre y la irradiación directa más alta en setiembre con 6.28Kwh/m² además la extensión del fundo es de 4 hectáreas donde 3.5 se encuentran sembradas de palto y 0.5 aun sin sembrar.

Discusión 2

Un sistema de bombeo de agua fotovoltaico trabaja mediante el uso de la energía solar que es captada por los paneles solares los cuales lo convierten en energía eléctrica para que esta corriente energice una bomba o un grupo de bombeo de agua para riego, consumo humano, ganadería, entre otros usos, en zonas donde el acceso a la red eléctrica es muy complicado o simplemente inaccesible. Esto permite distribuir el agua mediante tuberías desde el punto de captación o succión hasta el punto de impulsión más alto requerido. (Vernia, 2018).

Asimismo, Peralta (2018) en su investigación titulada “*Estudio experimental de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en corriente continua*” señala que un sistema de bombeo fotovoltaico debe ser diseñado para el aprovechamiento de la energía generada mediante los paneles solares, de igual manera; para calcular la potencia y tipo de la bomba dependerá del requerimiento hídrico , la forma y eficiencia de la aplicación en el tipo de riego a usar, la altura total a tomar en cuenta, el tiempo de trabajo de la misma y demás detalles necesarios e importantes.

Por ello gracias a la teoría relacionada y al antecedente investigado se realizaron cálculos previos considerando que la aplicación de riego en nuestra investigación será por gravedad(40% de eficiencia) además la evotranspiracion del cultivo de palta es de 4mm/día, se necesita de 124.2m³ por día, por tal motivo se tendrá que bombear por un tiempo de 10 horas diarias mediante una electrobomba de 2hp con un caudal de 3.451 litros por segundo para una altura total de 33.4 metros.

Por tanto, en nuestra investigación concluimos que para diseñar un sistema de bombeo de agua mediante un sistema integrado fotovoltaico es necesario calcular la cantidad de agua requerida, su eficiencia de riego de acuerdo a su forma de aplicación, entre otros cálculos necesarios para finalmente seleccionar o diseñar la capacidad de la electrobomba al igual como lo hizo Peralta en su investigación, sin dejar de lado la teoría relacionada; por ello consideramos que existe gran similitud en el proceso del diseño del sistema de bombeo y selección de la bomba sin embargo en nuestra investigación se usará una electrobomba con corriente alterna y Peralta lo realizó mediante corriente continua.

Discusión 3

Tomando en cuenta la teoría brindada por Pareja y presentada en De la Cruz(2014, p. 22) en su investigación titulada “*Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas alto andinas*”, quien define al sistema fotovoltaico ya sea aislado o autónomo como auto abastecedor puesto que captan la irradiación solar por paneles solares y lo transforman a energía eléctrica para suministrar a una instalación. Además, los componentes principales de este sistema fotovoltaico son: panel solar, acumulador de carga o batería, inversor eléctrico, controlador de carga, conductores eléctricos y su estructura.

Es así que tomando la teoría antes mencionada para realizar los cálculos y selección de los componentes de nuestro sistema integrado fotovoltaico aislado para suministrar energía eléctrica al sistema de bombeo de agua del fundo las pampas, se logró obtener los siguientes resultados: el sistema de bombeo constará de una electrobomba de 2 hp por ello se necesita generar 19.377Kw/hora para ello se necesitan 10 paneles fotovoltaicos de 370W monocristalino, con 8 baterías de 254 A.h c/u, 1 regulador de carga de 150/100 A, un inversor de 3.2Kw,y conductor eléctrico de 16mm² y de 2.5mm².

Discutiendo los datos obtenidos en nuestra investigación con los obtenidos por Ventura(2018) en su investigación titulada “*Electrificación rural y bombeo de agua utilizando paneles solares en el caserío Succha Distrito de Bambamarca provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca*”, quien indicó que es necesario hacer cálculos detallados para definir los componentes de un sistema fotovoltaico y luego de realizar dichos cálculos, su requerimiento fue: 12 paneles fotovoltaicos de 300Wp c/u, 8 baterías de 503 A.h c/u ,1 regulador de carga de 150/70 A, un inversor de 3.3 Kw, conductores eléctricos de 16mm². Por tanto, al compararlos con nuestros resultados presentan gran relación con Ventura y De la Cruz, porque ambos hemos calculado y seleccionado los componentes para el sistema fotovoltaico, solo con la única diferencia que nuestro sistema es para el bombeo de agua que permita mitigar la escasez hídrica del fundo las Pampas con 10 paneles de 370Wp, mientras que Ventura lo realizó para electrificación rural y bombeo de agua, utilizando 12 paneles de 300Wp.

Discusión 4

Según Graham y Harvey citado en Arcentales(2020) en su investigación titulada: “*valuación de un proyecto a través del valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR)*”, definen a ambos como los 2 criterios de evaluación financiera más usados en un proyecto; por ello mediante el cálculo del VAN se resuelve si el proyecto es rentable cuando su resultado es positivo y no es rentable cuando su resultado es negativo o menor a la tasa de interés, asimismo el TIR indica el porcentaje de beneficio (+) o pérdida(-) que conllevará cualquier proyecto hasta que se vuelva 0.00 y demuestra cuanto rinde la inversión, asimismo deber ser aprobada cuando su resultado sea mayor a la tasa de descuento.

Es por ello que en nuestra investigación para la futura implementación de un sistema integrado fotovoltaico que permita generar energía eléctrica para accionar la electrobomba del sistema de bombeo de agua, se realizaron los 2 criterios de evaluación financiera del proyecto, conociendo la inversión total de S/.49,613.00 soles y egresos totales de S/. 14,780.00 soles al año; en tal sentido se realizó un análisis de la parte económica para 4 años horizonte considerándose los ingresos netos para el primer año de s/. 34,125.00 soles con un VAN y TIR de S/. 11,708.05 y 20% respectivamente.

Así pues, comparando con el estudio realizado por Salazar(2017) en su investigación titulada “*estudio de factibilidad para la implementación de paneles fotovoltaicos en el recinto sabanilla-Cantón Daule*” en Ecuador, quien realizó un análisis comparativo entre un sistema mediante paneles solares fotovoltaicos y un sistema usando la red eléctrica convencional, obteniendo para el primer sistema una VAN de \$ 102 705.70 con una tasa de interés de 9.75% y una TIR de 12% la cual fue mayor a 9.75%, por tanto se cumple el requisito y concluye que es rentable la instalación de los paneles fotovoltaicos. Y para el sistema con red convencional con una VAN de \$30 271.0 con la misma tasa de interés de 9.75% y una TIR de 7% la cual es menor a 9.75% por tanto, se demuestra que el proyecto usando este sistema no es viable económicamente ni financieramente. Y a manera de comparación se puede concluir que al igual que el trabajo realizado por Salazar nuestra investigación obtuvo resultados son similares puesto que ambos obtienen un VAN positivo y un TIR mayor a la tasa de interés.

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que el fundo las pampas se encuentra ubicado en el Caserío Mucha, Distrito de Simbal, Provincia de Trujillo; comprende una extensión de 4 hectáreas de terreno de cultivo, de las cuales 3.5 hectáreas están sembradas de palto de distintas variedades; y 0.5 hectáreas aún se encuentran sin sembrar; asimismo la irradiación más alta que incide en el fundo es en el mes de Setiembre con 6.28 Kw/h y la más baja con 5.64 Kw/h en el mes de diciembre; siendo esta última la más crítica la cual se utilizó para el diseño del sistema integrado fotovoltaico para el bombeo de agua.
2. Se concluye que el requerimiento hídrico total es de 124.2 m³/día de agua necesarios para el cultivo de palta en el fundo las pampas, además para el sistema de bombeo de agua que permitirá abastecer dicho requerimiento es necesario de una electrobomba de 2hp monofásica lo cual permite elevar el agua hasta la altura máxima de 33.4 metros con un caudal de 3.451litros/segundo y un período de trabajo de 10 horas diarias.
3. Según los cálculos previos realizados para diseñar el sistema integrado fotovoltaico, se concluye que dicho sistema tendrá que abastecer una carga de 2hp(electrobomba) por ello es necesario generar 19.377Kw/hora, además su tensión de trabajo será de 48V, por lo cual se necesitan 10 paneles fotovoltaicos de 370 W monocristalino,8 baterías de 254 A.h c/u, 1 regulador de carga de 150/100 A, un inversor de 3.2Kw, conductores eléctricos de 16mm² y de 2.5mm²; interruptores termomagnéticos,1 de 63 amperios, 1 de 20 A y 2 de10 A.
4. Se concluye que mediante el cultivo de palta en el fundo las pampas se genera mayor rentabilidad puesto que la inversión para el sistema fotovoltaico y del sistema de bombeo es de 49,613.00 soles y al analizarlo durante un periodo horizonte de 4 años se obtiene un VAN positivo de s/. 11,708.05 soles con un TIR de 20% mayor que la tasa de descuento, por ello la inversión es rentable y con ello validamos a nuestra hipótesis enfatizando que este proyecto es una opción viable técnicamente y económicamente.
5. Las características del sistema integrado fotovoltaico diseñado, son efectivas para atender las necesidades de riego del cultivo de palta en el fundo las Pampas del Caserío Mucha, por lo tanto, es un diseño de un sistema integrado

fotovoltaico que puede ser considerado para replicarlo en zonas con similares condiciones de escasez hídrica y falta de recursos.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que esta investigación sirva de base para los siguientes investigadores, respecto al diseño del sistema integrado fotovoltaico para completar y potenciar el sistema de bombeo de agua de riego por gravedad para las 0.5 hectáreas restantes debido a que podrían ser sembradas de otro cultivo que necesite mayor cantidad de agua por planta.
- Se recomienda a su vez modificar el tipo de riego en el fundo las pampas por un riego técnico y/o automatizado que tiene mayor eficiencia y menor consumo de agua, puesto que, si se encuentra escasez hídrica mayor, no es lógico hacer un mal uso del líquido elemento sino optimizarlo de una forma eficiente, prevaleciendo que no gastemos ineficientemente con el riego por gravedad el recurso que tanta falta hace en el Caserío Mucha.
- Al darse la implementación del sistema integrado fotovoltaico diseñado, se recomienda que se le otorgue un mantenimiento periódico de los módulos fotovoltaicos, para evitar que se acumule suciedad en la superficie y disminuya su eficiencia como también su vida útil.
- Se recomienda obtener un equipo de medición más confiable, calibrarlo de manera que se pueda obtener datos más reales de la zona, asimismo tomar estas medidas en un tiempo más prolongado y continuo.
- Se sugiere realizar la implementación de este proyecto porque trae beneficio económico aceptable y es factible técnicamente puesto que el retorno de la inversión no es mayor a 3 años por lo que se podría trabajar con un préstamo debido a que la tasa de interés que otorgan algunos bancos son menores al valor obtenido por la tasa interna de retorno (TIR).

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Aguilera, J. & Hontoria, L. (s.f.). *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos* [Archivo PDF]. <https://manuelberaun.files.wordpress.com/2011/12/dimensionado-de-sfv-autonomos.pdf>
- [2] Aguirre, J. y Meza, M. (2011). *Diseño de un sistema de riego por goteo para producción de hortalizas y semillas en Zamorano, Honduras*. [Tesis pre grado, Universidad Nacional de San Agustín]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/85/1/T3198.pdf>
- [3] Alcubierre, D. (2019). *Tipos de sistemas de energía solar fotovoltaica*. Centro de estudios en medio ambiente y Energías renovables. <https://www.cemaer.org/tipos-de-sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica/>
- [4] Banco Mundial. (2017). *Energía solar*. <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/11/29/solar>
- [5] Calderón, A. (2017). *Análisis de los convertidores de electrónica de potencia a través de una interfaz de Matlab*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://core.ac.uk/download/pdf/92123526.pdf>
- [6] Castillo, J. & Oviden, H. (2019). *Análisis técnico económico para el seleccionamiento de un sistema de bombeo utilizando fuentes renovables de energía destinado a riego, consumo humano y animal, en la localidad de la Carrecilla, distrito de Pucalá*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3518/BC-TES-TMP-2316.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] De la cruz, W. (2014). *Optimización del sistema solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en viviendas aisladas alto andinas*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/296/TEMEC_15.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] El peruano. (19 de septiembre de 2019). *Un panel solar flotante provee energía para la agricultura en Perú*. <http://www.elperuano.pe/noticia-innovaciones-energia-solar-86581.aspx>
- [9] Espina, J. (2017, 30 de abril). *Carga, demanda y energía eléctrica: Conceptos*

fundamentales para la distribución de electricidad . Sectorelectricidad.com. <http://www.sectorelectricidad.com/17597/carga-demanda-y-energia-electrica-conceptos-fundamentales-para-la-distribucion-de-electricidad/>

- [10] Fernández M. (2003.). *Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica*. Liber Factory.
- [11] Fernández, S. (2017). *Diseño e industrialización de un sistema fotovoltaico de 2 Kw integrado en viviendas prefabricadas*. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Valencia]. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/88080/50595053_TFG_14999509214781675799799297033887.pdf?sequence=2
- [12] Gallegos, RH (2018). Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV . <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2251345>
- [13] Godoy, E. (2016). *Diseño de sistema de regadío en zona rural con energía solar fotovoltaica*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de la Santísima Concepción]. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/904/Elizabeth%20Godoy%20Ortiz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [14] Guevara, A. J. A. L. (s/f). DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA. Upm.es. Recuperado el 13 de julio de 2021, de http://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf
- [15] Henríquez, C. (2003). *Regulación de panel solar-batería-carga con microcontrolador PIC*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura]. Recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1383/IME_076.pdf?sequence=1
- [16] Heredia. C. y Sánchez. D. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico por goteo automatizado para terrenos de cultivo de espárragos del fundo Inca Verde en el sector Pampas la Sandía*. [Tesis de Pregrado, Universidad Señor de Sipán]. <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4415/Heredia%20Fern%C>

- 3%A1ndez%20-
%20S%C3%A1nchez%20Manayalle.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [17] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Radiación solar*. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar-ultravioleta>
- [18] IRENA. (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019, International Renewable Energy Agency*. <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>
- [19] La Industria. (11 de agosto de 2020). *Pacasmayo tendrá el primer hospital del país con funcionamiento de energía solar*. <http://laindustria.pe/nota/17218-pacasmayo-tendra-el-primer-hospital-del-pais-con-funcionamiento-de-energia-solar>
- [20] La Network. (2017). *La demanda de energía crecerá 30% a 2040, un enorme reto para el mundo*. <https://la.network/la-demanda-energia-crecera-30-2040-enorme-reto-mundo/>
- [21] Méndez, J. & Cuervo, R. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica*. FC Editorial
- [22] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (s.f.). *Energía solar*. <https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-solar/que-es-la-energia-solar>
- [23] OSINERMING. (2016). Reporte de análisis económico sectorial electricidad – La aplicación del Análisis de Impacto Regulatorio (RIA) al sector energía: La experiencia del Reino Unido, Italia y Perú. *OSINERMING*, 5(9). https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/RAES/RAES-Electricidad-Diciembre-2016-GPAE-OS.pdf
- [24] Pedraza, C. G. (2020). *Proyecto de riego utilizando energía solar para el cultivo de limones en la finca contador del municipio de Viani*. [tesis de especialización, Universidad Nueva Granada, Bogotá]. Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36184/PedrazaBeltranCristianGonzalo2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [25] Peralta, A. (2018). *Estudio experimental de un sistema de bombeo solar fotovoltaico en corriente continua*. [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica el Perú].

- https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1132/Aixa%20Peralta_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachillerato_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [26] Perú Oportunity Fund. (2011). Diagnóstico de la Agricultura en el Perú. *Libélula*.
https://www.sudamericarural.org/images/en_papel/archivos/Diagnostico_de_la_Agricultura_en_el_Peru_-_web.pdf
- [27] Planas, O. (04 de febrero del 2019). Irradiación solar. *Energía solar*.
<https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/radiacion-solar/irradiacion-solar>
- [28] Salazar, C. (2017). Estudio de factibilidad para la implementación de paneles fotovoltaicos en el recinto Sabanilla – Cantón Daule. [Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17917/1/TESIS%20PROPUESTA%20DE%20IMPLEMENTACION%20DE%20PANELES%20FOTOVOLTAICOS%20RECINTO%20SABANILLA%20final.pdf>
- [29] Salmerón, D. y Blandón, J. (2014). “Estudio de preinversión de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comunidad de San Antonio del municipio de Jinotepe”. [Tesis Monográfica de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://ribuni.uni.edu.ni/1458/1/60102.pdf>
- [30] Sánchez, M. (2017). *Diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del estable Gesa - Lambayeque, 2016*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/10085/sanchez_bm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [31] Scheller, S. (26 de septiembre de 2017). El Mapa de la Irradiancia Solar. *HDmeteo*. <https://hdmteo.wordpress.com/2017/09/26/el-mapa-de-lairradiancia-solar/>
- [32] Sebastián, E. (2018, agosto 7). Cómo montar paneles solares fotovoltaico. *Eliseosebastian.com*. <https://eliseosebastian.com/como-montar-paneles-solares-fotovoltaico/>
- [33] Secretaria de energía (2008). *Energías renovables: Energía Eólica*. Secretaria

de energía.
http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_eolica.pdf

- [34] Tacza, O. (2011). *Energía solar fotovoltaico en el distrito de Orcotuna región Junín*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Callao]. https://unac.edu.pe/images/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/2011/Julio/IF_TACZA_CASALLO_FIME.PDF
- [35] Universidad Católica de Santa María. (25 de octubre del 2016). Radiación solar, efectos y prevención. [Publicación en foro online]. Recuperado de: <https://ucsm.edu.pe/foro-radiacion-solar-efectos-y-prevencion/#:%20~:text=La%20radiaci%C3%B3n%20solar%20es%20el,%20electromagn%C3%A9ticas%20emitidas%20por%20el%20Sol.%20&text=La%20radiaci%C3%B3n%20solar%20se%20distribuye,%20los%20gases%20de%20la%20atm%C3%B3sfera>
- [36] Valdivieso, D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. PUCP.
- [37] Vargas Bautista, JP y Navia A., G. (2015). Desarrollo de un sistema de control para la captura y medición experimental de la eficiencia y curva característica IV en tiempo real de un sistema fotovoltaico utilizando LabVIEW® y arduino. *Investigación & desarrollo* , 15 (1), 49–64.
- [38] Ventura, P. (2018). *Electrificación rural y bombeo de agua utilizando paneles solares en el Caserío Succha Distrito de Bambamarca Provincia de Hualgayoc Departamento de Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/2159/BC-TES-TMP-1032.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [39] Vernia. V. (2017-2018). Bombeo Solar. Recuperado el 7 de junio al 2021 SIV007-Tecnología-Fotovoltaica-de: https://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/treballs%202017/Bombeo%20solar_trabajo.pdf
- [40] Vrio. (15 de noviembre de 2015). *Fundamentos de electricidad y sistema eléctrico*. Merme. <https://www.eoi.es/blogs/merme/fundamentos-de-electricidad-sistema-electrico/>

IX. ANEXOS

Anexo 1: Tabla de operacionalización de Variables

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Sistema integrado fotovoltaico	Es un conjunto de módulos solares integrados que aprovechan la energía solar por medio de celdas fotoeléctricas las cuales convierten la radiación directa y difusa en corriente eléctrica continua (Fernández, 2017).	Esta variable se medirá a través de 2 dimensiones, y 7 indicadores por el cual se obtendrá los datos mediante la técnica de la observación y el análisis documental.	Configuración de los paneles	Voltaje de panel	Razón
				Numero de paneles	Razón
				Potencia del panel	Razón
				Costo de panel	Intervalo
				Eficiencia del panel	Razón
				Vida útil	Intervalo
			Baterías	Capacidad de batería	Razón
Medición de irradiación solar	Se define como la magnitud de energía en una superficie o lugar en un límite de tiempo específico (Planas, 2019)	Esta variable se medirá a través de 1 dimensión, y 2 indicadores con la técnica de la observación y el análisis documental.	irradiación	Nivel de irradiación	Razón
				Trayectoria solar	

Evaluación de Demanda eléctrica	Es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar (Espina, 2017)	Esta variable se medirá a través de 1 dimensión y 1 indicador, los cuales se evaluarán a través de la observación y la encuesta.	Electrobomba de agua	Potencia eléctrica	Razón
--	---	--	----------------------	--------------------	-------

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos

CUESTIONARIO

TITULO: “ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO FOTOVOLTAICO PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DEL FUNDO LAS PAMPAS CASERIO MUCHA, DISTRITO SIMBAL”

La presente encuesta está dirigida a los agricultores del caserío Mucha y es realizada por estudiantes de la Universidad Cesar Vallejo de la Ciudad de Trujillo.

OBJETIVO: recolectar información acerca de que cultivos tienen, requerimiento de agua para el sembrío y la escasez hídrica que existe en el caserío Mucha; lo cual servirá para el diseño de un sistema integrado fotovoltaico que permita mitigar la escasez hídrica que existe en el fundo las pampas; por lo cual se solicita su colaboración. Gracias.

Por favor lea y marque una opción según considere oportuno:

1. ¿Su principal actividad económica es la agricultura? De ser negativa su respuesta especificar cuál.

SI () NO () ¿Cuál?:.....

2. ¿Existe alguna dificultad para cultivar sus sembríos durante todo el año?

SI () NO ()

3. Si la respuesta a la pregunta 2 es SI, ¿Considera la escasez de agua como la principal dificultad para desarrollar la actividad agrícola de manera concurrente?

SI () NO ()

4. ¿Cuenta con pozos para almacenamiento de agua en sus terrenos de cultivo?

SI () NO ()

5. ¿Cuántas hectáreas de cultivo tiene?

6. ¿Qué sembríos tiene y cuanta cantidad de agua requiere para cada riego?

7. ¿con que frecuencia realiza el riego de sus sembríos?

8. ¿Considera importante una futura implementación de un sistema de bombeo de agua para sus cultivos?

Anexo 3: Resultados de la encuesta realizada

RESPUESTAS DE LA ENCUESTA					
ITEM	SI	%	NO	%	OBSERVACION
PREGUNTA 1	9	90%	1	10%	Comercio
PREGUNTA 2	10	100%	0	0%	-
PREGUNTA 3	10	100%	0	0%	-
PREGUNTA 4	6	60%	4	40%	
PREGUNTA 5	en total 4 hectáreas de las cuales:3.5 Ha. Sembradas y 0.5 sin sembrar				
PREGUNTA 6	Palto y mango, 5l/seg				
PREGUNTA 7	debido a la escasez hídrica presente, se realiza cada 15 días, pero debería ser cada 2 días				
PREGUNTA 8	9	90%	1	10%	-

Fuente: Elaborado por los autores.

Anexo 4: Ficha de observación

FICHA DE OBSERVACION

TITULO: “ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO FOTOVOLTAICO PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DEL FUNDO LAS PAMPAS CASERIO MUCHA, DISTRITO SIMBAL”**OBJETIVO:** Determinar condiciones de la zona de instalación del sistema fotovoltaico, así como evaluar la aptitud de los recursos naturales para llevar a cabo el proyecto.

FICHA DE OBSERVACION					
Fecha:		Lugar:	Fundo Las Pampas- Caserio Mucha-Distrito Simbal		
Nombres de los Observadores:		-De la Cruz Campos, Santiago -Gonzales Ticle, Robert			
Items	Elemento a observar	Descripciones	Buena	mala	Observaciones
1	Localidad				
	Ubicación geográfica de los terrenos beneficiarios del proyecto				
	Ubicación de la micro central fotovoltaica				
	Ubicación de los pozos de agua para el sistema de bombeo				
	Radiación				
	Características de la radiación				
	Mediciones de la radiación solar				
2	Análisis del recurso hídrico				
	Fuente principal de toma de agua (río o subterránea)				
	Cantidad de pozos a dimensionar				
	Ubicación de los pozos				
	Profundidad de los pozos				
	Cantidad de requerimiento de agua				
	Carga eléctrica requerida para el sistema de bombeo				

Anexo 5: Mediciones de la irradiación solar en el fundo las pampas

FICHA DE OBSERVACION Y TOMA DE DATOS DE LA IRRADIACION SOLAR EN EL CASERIO MUCHA	
OBJETIVO	Recolectar datos de la irradiación solar del Fundo las pampas en el Caserío Mucha mediante mediciones en campo con un luxómetro TM 206.
NOMBRES Y APELLIDOS	- De la Cruz Campos, Santiago - Gonzales Ticle, Robert Derian
UBICACIÓN (coordenadas UTM)	-7.90568, -78.7875

irradiación solar diaria (mes de mayo 2021) Kwh/m ²																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	promedio Kwh/m ²
5.8	5.5	6.0	5.9	6.1	5.9	6.3	5.5	5.9	6.0	6.2	6.4	5.9	6.3	5.7	5.9	6.0	6.2	6.3	6.2	6.5	5.8	6.5	5.9	6.0	6.1	6.3	6.0	6.4	5.8		6.02
irradiación solar diaria (mes de junio 2021) Kwh/m ²																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	promedio Kwh/m ²
6	5.7	5.6	5.7	5.5	5.4	6.2	5.4	5.2	6.5	5.3	5.1	5.7	6.2	5.6	5.4	5.6	5.7	5.8	5.9	6.1	6.3	6.2	5.9	6.5	6.3	6.0	5.7	6.0	6.2	5.9	5.8

Anexo 6: Ficha de registro

FICHA DE REGISTRO

TITULO: “ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA INTEGRADO FOTOVOLTAICO PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DEL FUNDO LAS PAMPAS CASERIO MUCHA, DISTRITO SIMBAL”

OBJETIVO: registrar todos los datos necesarios (irradiación solar, sistemas de bombeo, sistemas fotovoltaicos), obtenidos de fuentes confiables; así como también manuales, especificaciones técnicas.

<u>Ficha de registro de datos</u>	
Título:	
Autor (es):	
Año de publicación:	
País:	
Editorial / Revista:	
Edición / Vol. (N°):	
ISBN / ISSN:	
N°	Temas
1	Nombre del tema:
2	Información importante:

Anexo 7:Ficha técnica del luxómetro tm-206 adquirido de ARMOTEC

MEDIDOR DE ENERGIA SOLAR TM-206



Descripción de Producto

MODELO: TM-206

TM-206 metro de la energía solar es ideal para la medición de la radiación solar que es emitida por el sol a partir de una reacción de fusión nuclear que crea energía electromagnética.

El espectro de la radiación solar es cercano a la de un cuerpo negro con una temperatura de aproximadamente 5800 K. Alrededor de la mitad de la radiación está en la parte visible de onda corta del espectro electromagnético. El otro medio es principalmente en la parte del infrarrojo cercano, con algunos en la parte ultravioleta del espectro.

Funcionamiento y parámetros técnicos

Aplicaciones

Las unidades de medida son vatios por metro cuadrado o BTU, la prueba típica y aplicaciones de medición son:

- > Aplicaciones de Meteorología
- > Aplicaciones Agricultura
- > Laboratorios de física y ópticas
- > Medición de la radiación solar.
- > Medición de la transmisión solar
- > la investigación de la energía solar
- > Identificar las ventanas de alto rendimiento
- > Útil para crear paneles solares fotovoltaicos en ángulos óptimos de incidencia
- > Medición de intensidad de luz cerca las ventanillas del coche

Características

- > Pantalla LCD de 3 1/2 dígitos con la lectura máxima de 2000.
- > La medición de la radiación solar emitida por el sol.
- > Unidades de visualización: W / m² (vatios por metro cuadrado) o BTU.
- > Retención de datos: funciones / MAX / MIN.
- > Tamaño: 130x 55x 33 mm (LxWxH).
- > Peso: Sobre 150g.



Calle Francisco de Toledo 102, Surco - Lima - Perú
Teléfono: 01-2743414 Anexo: 103 / 990297533 - Correo: ventas@armotec.pe

www.armotec.pe

MEDIDOR DE ENERGIA SOLAR TM-206

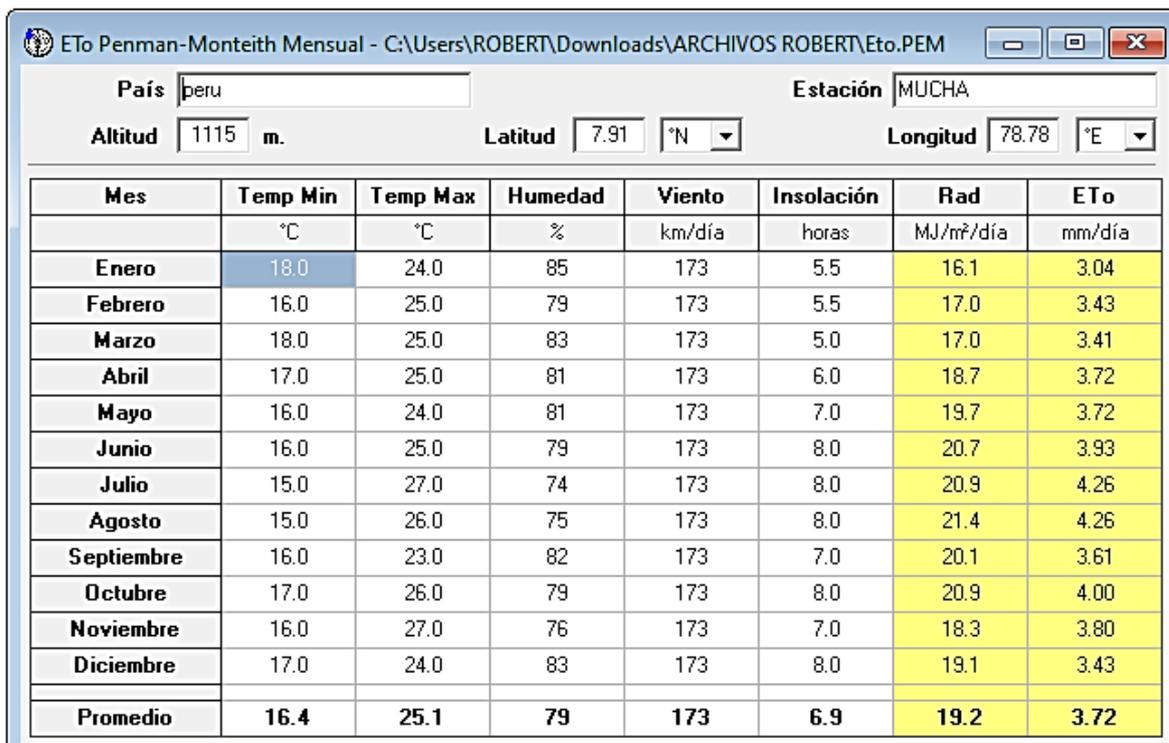


Especificaciones

Monitor	3 1/2 dígitos, 2000 Lecturas
Alcance	2000 W/m ² , 634 BTU / (ft ² xh)
Resolución	0.1 W/m ² , 0.1 BTU / (ft ² xh)
Exactitud	Precisión: Normalmente Dentro de ±10 W/m ² (±3 BTU / (ft ² xh)) o ±5% que sea mayor en luz solar la. Error de Temperatura incluido ±0.38 W/m ² /°C (±0.12 BTU / (ft ² xh)) / °C] Desviación de 25 °C.
Una exactitud angular	Corregido Coseno
Deriva	±2% por Año
Sobre-entrada	Pantalla "OL"
Tiempo de muestreo	0.25 Segundos
Temperatura operante y Humedad	0 °C ~ 50 °C Por debajo del 80% de Humedad Relativa
Fuente de Alimentación:	Batería de 9V

Anexo 8: cálculo del ETo mediante Cropwat

El cálculo de la Evotranspiración de cultivo referencial para obtener la Evotranspiración total real del cultivo en el fundo las pampas se realizaron mediante el software Cropwat 8.0(incluye la ecuación Penman-Monteith Mensual) :



The screenshot shows the 'ETo Penman-Monteith Mensual' software interface. The title bar indicates the file path: 'C:\Users\ROBERT\Downloads\ARCHIVOS ROBERT\Eto.PEM'. The input fields are: País: peru, Estación: MUCHA, Altitud: 1115 m., Latitud: 7.91 °N, and Longitud: 78.78 °E. Below the input fields is a table with 8 columns: Mes, Temp Min (°C), Temp Max (°C), Humedad (%), Viento (km/día), Insolación (horas), Rad (MJ/m²/día), and ETo (mm/día). The table contains data for each month from January to December, with a final row for the average (Promedio).

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	18.0	24.0	85	173	5.5	16.1	3.04
Febrero	16.0	25.0	79	173	5.5	17.0	3.43
Marzo	18.0	25.0	83	173	5.0	17.0	3.41
Abril	17.0	25.0	81	173	6.0	18.7	3.72
Mayo	16.0	24.0	81	173	7.0	19.7	3.72
Junio	16.0	25.0	79	173	8.0	20.7	3.93
Julio	15.0	27.0	74	173	8.0	20.9	4.26
Agosto	15.0	26.0	75	173	8.0	21.4	4.26
Septiembre	16.0	23.0	82	173	7.0	20.1	3.61
Octubre	17.0	26.0	79	173	8.0	20.9	4.00
Noviembre	16.0	27.0	76	173	7.0	18.3	3.80
Diciembre	17.0	24.0	83	173	8.0	19.1	3.43
Promedio	16.4	25.1	79	173	6.9	19.2	3.72

Anexo 9: coeficiente kc del aguacate(palta)

El coeficiente Kc de la palta, tomada de estudio FAO riego y drenaje.(Evotranspiracion de cultivo):

CUADRO 12 (continuación)

Cultivo	K _{c ini} ¹	K _{c med}	K _{c fin}	Altura Máx. Cultivo (h) (m)
n. Árboles Frutales				
Almendras, sin cobertura del suelo	0,40	0,90	0,65 ¹⁸	5
Manzanas, Cerezas, Peras¹⁹				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,95	0,70 ¹⁸	4
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,60	0,95	0,75 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,20	0,95 ¹⁸	4
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,20	0,85 ¹⁸	4
Albaricoque, Melocotón o Durazno, Drupas^{19, 20}				
– sin cobertura del suelo, con fuertes heladas	0,45	0,90	0,65 ¹⁸	3
– sin cobertura del suelo, sin heladas	0,55	0,90	0,65 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, con fuertes heladas	0,50	1,15	0,90 ¹⁸	3
– cobertura activa del suelo, sin heladas	0,80	1,15	0,85 ¹⁸	3
Aguacate, sin cobertura del suelo	0,60	0,85	0,75	3
Cítricos, sin cobertura del suelo²¹				
– 70% cubierta vegetativa	0,70	0,65	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,65	0,60	0,65	3
– 20% cubierta vegetativa	0,50	0,45	0,55	2
Cítricos, con cobertura activa del suelo o malezas²²				
– 70% cubierta vegetativa	0,75	0,70	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,80	0,80	0,80	3
– 20% cubierta vegetativa	0,85	0,85	0,85	2
Coníferas ²³	1,00	1,00	1,00	10
Kiwi	0,40	1,05	1,05	3
Olivos (40 a 60% de cobertura del suelo por el dosel) ²⁴	0,65	0,70	0,70	3-5
Pistachos, sin cobertura del suelo	0,40	1,10	0,45	3-5
Huerto de Nogal ¹⁹	0,50	1,10	0,65 ¹⁸	4-5

Anexo 10: Ficha técnica de paneles solares

Se seleccionaron los paneles de 370W con 72 células Monocristalino de la marca BAUER ENERGY modelo BSP370M, siendo sus características las siguientes:



PANEL SOLAR 370W 72 CÉLULAS MONOCRISTALINO

Características

BSP370M

Tamaño del módulo	1956 x 992 x 45 mm
Células	72 piezas monocristalinas (156 x 156 mm)
Cristal	Bajo contenido en hierro y templado (3,2 mm)
Potencia máxima (Wp)	370W
Cable	90cm, 4mm ²
Voltaje en circuito abierto (Voc)	48.3V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	9.95A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	40.1V
Intensidad a máxima potencia (Im)	9.23A
Condiciones del test	1000W/m ² , 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura – Isc	+0.02973%
Coefficiente temperatura – Uoc	-0.38038%
Coefficiente temperatura – Pmpp	-0.57402%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	19%
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	21.5 kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años



Anexo 11: Ficha técnica de la electrobomba

MODELO		POTENCIA (P ₂)		Q	H metros																	
Monofásica	Trifásica	kW	HP		▲	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6
					0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	
CPm 600	CP 600	0.37	0.50	IE2	22	21	20	18.5	17	15.5	14	12	9									
CPm 610	CP 610	0.60	0.85		30	28.5	27	25.5	23.5	21.5	19.5	17.5	15									
CPm 620	CP 620	0.75	1		35	34	33	31.5	30.5	29.5	28	26.5	24.5	22	19							
CPm 650	CP 650	1.1	1.5		42	41.5	41	40.5	39.5	39	38	36.5	35	33	30	27	24					
CPm 660	CP 660	1.5	2	IE3	48	47.5	47	46.5	46	45	43.5	42	40.5	38.5	36	33.5	31	28				
CPm 670	CP 670	2.2	3		57	56.5	55.5	55	54	53.5	53	52	50.5	49.5	47	45	42.5	38	33			
CPm 650M	CP 650M	1.1	1.5	IE2	39	38.5	38	37	36.5	36	35	34	33	32	30	28.5	26.5	24.5	22.5	20	18	
CPm 660M	CP 660M	1.5	2	IE3	43	42.5	42	41	40.5	40	39	37.5	36.5	35	34	32.5	31	29	27	25	23	
CPm 670M	CP 670M	2.2	3		51	50.5	50.5	50	49.5	48.5	47.5	46.5	45	44	42.5	41	39.5	37.5	36	34	32	

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

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

▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30)



Ate, 28 de Junio del 2021

COTIZACIÓN 02630-2021

Empresa:
Atención:
Teléfono: 926 592 958
Mail: WS
Dirección:

Electrobombas Perú Solución Técnica SAC.
Ruc: 20600169158
Dirección: Av. Nicolás Ayllon 10020 - Ate
Contacto: Patricia Vásquez
Teléfono: 7216738/947 312 063

1.01 ELECTROBOMBA CENTRIFUGA

Aplicaciones. - Son recomendadas para bombear agua limpia, por su fiabilidad y simplicidad encuentran un amplio utilizo en el sector doméstico y civil, particularmente para la distribución del agua acopladas a pequeños o medianos tanques autoclaves, para el vaciado o para la irrigación de huertos o jardines.

Construcción. - Cuerpo bomba hierro fundido, con bocas roscadas ISO 228/1, tapa acero inoxidable AISI 304, rodete en inox, eje motor acero inoxidable en 10088-3 - 1.4104, sello mecánico Grafito-Cerámica-NBR, rodamientos, motor eléctrico con aislamiento clase F, protección IP 44.

Altura de aspiración manométrica hasta 7m
Temperatura del agua -10°C hasta +90°C Max.
Temperatura Ambiente 40°C.
Presión Max. 6 Bares

MARCA PEDROLLO
MODELO CPM660M
PROCEDENCIA ITALIA
POTENCIA 2.0HP
SUCCION 1 1/4"
DESCARGA 1"
ALTURA 42.5 - 23 MTS
CAUDAL 10 - 160 L/M
MONOFASICO 220V
RPM 3450



PEDROLLO
... the spring of life

PRECIO TOTAL POR 01 UNID. \$ 465.00

Fuente: Electrobombas Perú Solución Técnica SAC.

Anexo 12: Ficha técnica de las baterías



8D-AGM DATA SHEET

MODEL: 8D-AGM
DIMENSIONS: inches (mm)
BATTERY: VRLA AGM
COLOR: Black (case/cover)
MATERIAL: ABS



PRODUCT SPECIFICATION

BC GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY ^A Minutes @25 Amps	CRANKING Performance		CAPACITY ^A Amp-Hours (AH)			ENERGY (kWh) 100-Hr Rate	TERMINAL Type	DIMENSIONS ^F Inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
			C.C.A. ^B @0°F	C.A. ^C @32°F	5-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate			Length	Width	Height ^F	
12 VOLT DUAL PURPOSE AGM BATTERY													
GC2	8D-AGM	460	1450	1850	179	230	254	3.05	6	20-1/2 (521)	10-9/16 (269)	9-3/16 (233)	167 (76)

- A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on nominal performance.
 B. The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) for the 20-Hour and 100-Hour rates and 86°F (30°C) for the 5-Hour rate and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on nominal performance.
 C. Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal.
 D. C.C.A. (Cold Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 0°F at a voltage above 1.2 V/cell.
 E. C.A. (Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 32°F at a voltage above 1.2 V/cell. This is sometimes referred to as marine cranking amps @ 32°F or M. C. A. @ 32°F.
 F. Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal. Trojan's battery testing procedures adhere to both BC and IEC test standards.

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
System Voltage	12V	24V	36V	48V
Daily Charge	14.1 – 14.7	28.2 – 29.4	42.3 – 44.1	56.4 – 58.8
Float	13.5	27	40.5	54

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

TERMINAL CONFIGURATIONS

6	DT	Automotive Post & Stud Terminal
Terminal Height (inches (mm)) 29/32 (19.8)		
Torque Values in-lb (Nm) Bolt: 95 – 105 (11 – 12) AP: 50 – 70 (6 – 8)		
Bolt Size 5/16 – 18		

Información adicional

Código	8D-AGM
Peso	76 Kg
Fabricante	Trojan Battery Company
Largo mm	521
Ancho mm	269
Alto mm	233
Capacidad Ah – 5H	179
Capacidad Ah – 20H	230
Capacidad Ah – 100H	254
Voltios	12

Anexo 13: Ficha técnica del regulador de carga



Controladores de carga SmartSolar con interfaz VE.Can MPPT 150/70 VE.Can hasta MPPT 150/100 VE.Can

Controlador de carga SmartSolar con interfaz VE.Can.	150/70 VE.Can	150/85 VE.Can	150/100 VE.Can (también disponibles sin Bluetooth)
Tensión de la batería	Selección automática 12/24/48 V (36 V manual)		
Corriente de carga nominal	70 A	85 A	100 A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV nominal, 36V 1a,b)	3000 W	3600 W	4350 W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	4000 W	4900 W	5800 W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	50 A (máx. 30 A por conector MC4)	70 A (máx. 30 A por conector MC4)	
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo		
Eficacia máxima	98%		
Autoconsumo	Menos de 35 mA a 12 V / 20 mA a 48 V		
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (regulable con: selector giratorio, pantalla, VE.Direct o Bluetooth)		
Tensión de carga de "equalización"	Valores predeterminados: 16,2 V / 32,4 V / 48,6 V / 64,8 V (regulable)		
Algoritmo de carga	adaptativa multietapas (ocho algoritmos preprogramados) o algoritmo definido por el usuario		
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C		
Protección	Polaridad inversa FV/Cortocircuito de salida/Sobretensión		
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40 °C)		
Humedad	95%, sin condensación		
Altitud máxima	5.000 m (potencia nominal completa hasta los 2.000 m)		
Condiciones ambientales	Para interiores, no acondicionados		
Grado de contaminación	PD3		
Comunicación de datos	VE.Can, VE.Direct y Bluetooth		
Interruptor on/off remoto	Sí (conector bifásico)		
Relé programable	DPST Capacidad nominal CA: 240 V CA / 4 A	Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 V CC, 1 A hasta 60 V CC	
Funcionamiento en paralelo	Sí, funcionamiento sincronizado en paralelo con VE.Can o Bluetooth		
CARCASA			
Color	Azul (RAL 5012)		
Terminales FV 3)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr), Dos pares de conectores MC4 (modelos MC4)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr), Tres pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Bornes de la batería	35mm ² / AWG2		
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)		
Peso	3 kg	4,5kg	
Dimensiones (al x an x p) en mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
NORMAS			
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.

1b) La tensión FV debe exceder $V_{bat} + 5V$ para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de $V_{bat} + 1 V$.

2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador.

3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios pares de separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares

Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)

Anexo 14: Ficha técnica del inversor de carga

Product Specification

Bestsun

Solar Power System

Technical Parameters

MODEL	BPS-1000M	BPS-2000M	BPS-3000M	BPS-4000M	BPS-5000M	
Default Battery System Voltage	24VDC			48VDC		
INVERTER OUTPUT	Rated Power	1000VA/ 800W	2000VA/ 1600W	3000VA/ 2400W	4000VA/ 3200W	5000VA/ 4000W
	Surge Power	2000VA	4000VA	6000VA	8000VA	10000VA
	Waveform	Pure sine wave				
	AC Voltage Regulation (Batt.Mode)	230VAC±5%				
	Inverter Efficiency (Peak)	90%	93%			
	Transfer Time	10ms(For Personal Computers) 20ms(For Home Appliances)				
AC INPUT	Voltage	230VAC				
	Selectable Voltage Range	170~280VAC(For Personal Computers) 90~280VAC(For Home Appliances)				
	Frequency Range	50Hz/60Hz (Auto sensing)				
BATTERY	Nominal voltage	24VDC		48VDC		
	Floating Charge Voltage	27VDC		54VDC		
	Overcharge Protection	31VDC		60VDC		
SOLAR CHARGER & AC CHARGER	Maximum PV Array Open Circuit Voltage	75VDC		145VDC		
	PV Array MPPT Voltage Range	30 ~ 66VDC		60 ~ 115VDC		
	Standby Power Consumption	2W				
	Rated Power	600W		3000W		
	Maximum Solar Charge Current	30A		60A		
	Maximum Efficiency	98%				
	Maximum AC Charge Current	10A or 20A	20A or 30A		60A	
Maximum Charge Current	25A	30A		120A		
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Dimension,W*H*D(mm)	272*372*131			295*528*141	
	Net Weight(kg)	7.4	7.6	8	12.5	13.5
OTHER	Humidity	5% to 95% Relativ Humidity (Non-condensing)				
	Operating Temperature	0°C -55 °C				
	Storage Temperature	-15 °C -60 °C				



system characteristic:

- All Systems have LCD digital display which allows you to see the system working, (eg) Charge data, System voltage, Daily power consumption and temperature.
- All type of BPS system both has AC and DC output. Also have AC back up charger function.
- All system have inner charger and automatic switch, If mains power goes off the system will switch automatically over to battery power. When mains power resumes the system will switch back automatically. The battery's will resume recharging automatically.
- All inverters are Pure Sine Wave inverters. This allows the use of Air Conditioners and refrigerators without any problem.
- Each component has a single chip detector. Assembled by the IPM or IGBT. This protects the system from Overloads, Low Voltage and Under Voltage (alarm) Over Heating, Short circuit, Reverse Polarity.
- Your system can be updated very easily. Just by adding extra components your system will increase power capacity.
- Battery optional, you can purchase from us or locally.
- Simple to install, just follow installation instructions.
- Our System offers Cutting Edge Technology, State of the Art Quality with Greater Functionality than our competitors, at Competitive prices.

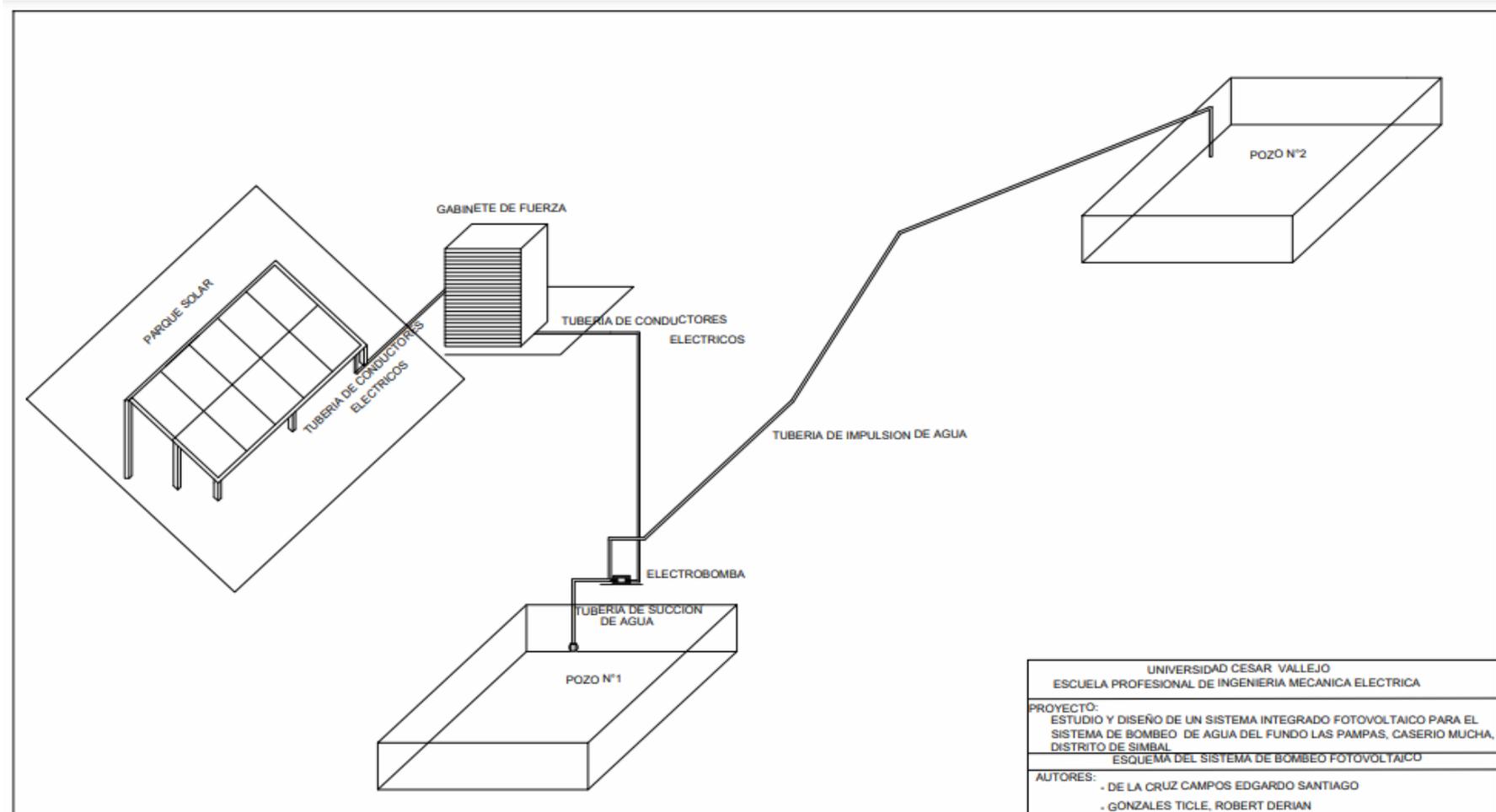
Anexo 15: Especificaciones técnicas de cableado



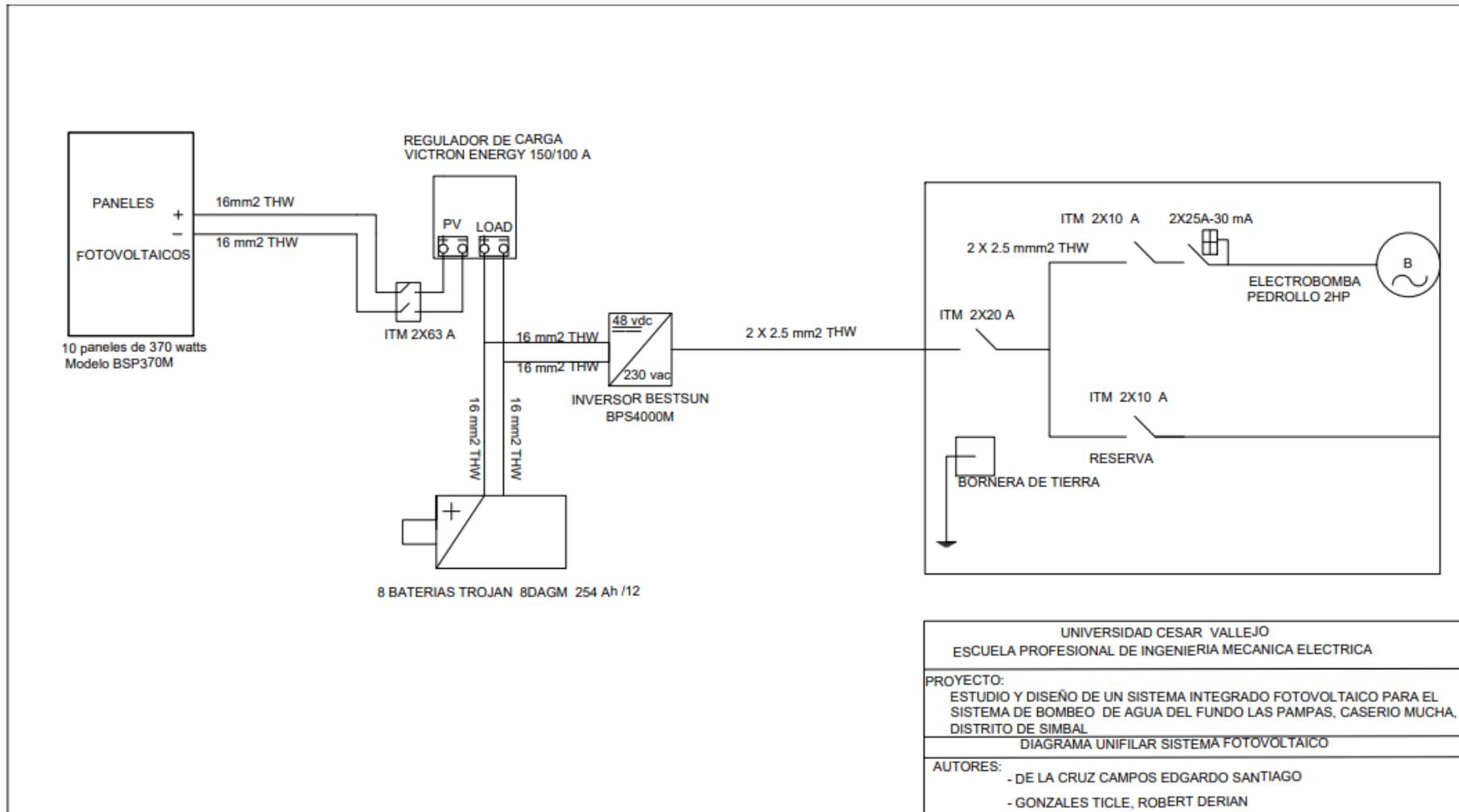
TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Fuente: Indeco.

Anexo 16: Esquema de Proyecto



Anexo 17: Diagrama Unifilar del Proyecto



Anexo 18: Coeficiente de Hazem Williams para diferentes materiales

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Anexo 19: Longitudes equivalentes de accesorios en metros

LONGITUDES EQUIVALENTES A PERDIDAS LOCALES (EXPRESADAS EN METROS DE TUBERIA RECTILINEA) (1)					
Diámetro		Codo 90° radio largo	Codo 90° radio me- dio	Codo 90° radio corto	Codo 45°
mm	pulg				
13	01-feb	0.3	0.4	0.5	0.2
19	03-abr	0.4	0.6	0.7	0.3
25	1	0.5	0.7	0.8	0.4
32	1 1/4	0.7	0.9	1.1	0.5
38	1 1/2	0.9	1.1	1.3	0.6
50	2	1.1	1.4	1.7	0.8
63	2 1/2	1.3	1.7	2.0	0.9
75	3	1.6	2.1	2.5	1.2
100	4	2.1	2.8	3.4	1.5
125	5	2.7	3.7	4.2	1.9
150	6	3.4	4.3	4.9	2.3
200	8	4.3	5.5	6.4	3.0

Anexo 20: Fotografías del trabajo de campo.

FOTOGRAFIAS DEL PUQUIO QUE SE ENCUENTRA EN LA PARTE MAS BAJA DE LAS PARCELAS DEL FUNDO LAS PAMPAS



TOMANDO MEDICIONES DE LA ALTURA DE TERRENO:



Fotografía del trabajo de campo(medición del pequeño puquio en donde será construido el pozo A).



Anexo 21: Diagrama del sistema fotovoltaico

