



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**ANÁLISIS TECNO ECONÓMICO COMPARATIVO
ENTRE UNA MINICENTRAL FOTOVOLTAICA Y
EÓLICA PARA ABASTECIMIENTO DE UN
SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

Bach. Zeña Hernandez Bryan Arturo

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6560-3860>

Asesor:

MSc. Villalobos Cabrera Jony

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3643-5498>

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

2022

**ANÁLISIS TECNO ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE UNA
MINICENTRAL FOTOVOLTAICA Y EÓLICA PARA ABASTECIMIENTO DE
UN SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO**

APROBACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dra. Silvia Yvone Gastiaburú Morales

Presidente del jurado de tesis

MSc. Angel Marcelo Rojas Coronel

Secretario del jurado de tesis

MSc. Jony Villalobos Cabrera

Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

A DIOS

Dedico este trabajo a por permitirme cumplir cada propósito que me he trazado a lo largo de mi desempeño educativo.

A MIS PADRES

Por acompañarme en mi trayectoria de desarrollo personal con valores y hábitos que me han servido, para hoy en día encaminarme hacia un desempeño profesional exitoso.

A MIS HERMANOS

Por guiarme, comprenderme y saber respetar mis decisiones, apoyando y corrigiendo mis errores con la confianza de que un día lograre cumplir cada meta trazada.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por permitirme realizar mis estudios universitarios con el apoyo emocional e incondicional, por la paciencia cuando sentía caer, por la alegría cuando conseguía alcanzar un objetivo. A mis hermanos por el acompañamiento en mi proceso educativo y personal, por los consejos de superación, que me impulsaron en el largo camino para ser alguien en la sociedad, con objetivos claros y coherentes a desarrollar. De igual manera agradecer a mi asesor Mg. Ing. Jony Villalobos Cabrera por la paciencia y el apoyo compartido a través de sus conocimientos para la realización de este trabajo de Investigación. Les agradezco por ser los pasos en mi formación Profesional.

RESUMEN

Esta presente investigación tuvo como objetivo analizar la comparación técnica y económica de utilizar la energía renovable como la solar y eólica para satisfacer el abastecimiento del riego tecnificado en el caserío Collique Bajo, distrito de Zaña.

Se realizó una toma de medidas de longitud y diámetro que abarca el sistema de riego tecnificado para calcular el caudal, para así seleccionar la electrobomba centrífuga, se determinó la una máxima demanda de energía que necesita el sistema.

Se procedió a realizar una recopilación de data en la página de Senamhi en la estación metrológica de SIPAN, para la determinación radiación solar crítica, siendo Julio con $4,57 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ mes de menor radicación, también se determinará la velocidad del viento críticos, siendo Marzo con $5,10 \text{ m/s}$ el mes con menor velocidad del viento. Una vez determinado los meses críticos de la radiación solar y la velocidad del viento se procede al dimensionamiento y selección del sistema fotovoltaico se consideró 4 días de autonomía que el sistema se va encontrar sin radiación solar, para el dimensionamiento y selección del sistema eólico se consideró 2 días de autonomía que el sistema se va encontrar con velocidades de viento muy bajos, para el análisis se seleccionó un aerogenerador de 20kW.

Se llegó a la conclusión del análisis tecno económico que el sistema fotovoltaico el VAR es mayor a 0 por lo que el proyecto es aceptable y su TIR es mayor al interés del 10% por lo que resulta ser viable.

Palabras claves: sistema fotovoltaico, sistema eólico, radiación solar , velocidad del viento

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the technical and economic comparison of using renewable energy such as solar and wind to satisfy the supply of technified irrigation in the Collique Bajo farmhouse, Zaña district.

A measurement of length and diameter was made that covers the technified irrigation system to calculate the flow, in order to select the centrifugal electric pump, the maximum energy demand needed by the system was determined.

A data collection was carried out on the Senamhi page in the SIPAN metrological station, for the determination of critical solar radiation, being July with $4,57 \text{ kWh/m}^2/\text{day}$ the month of least radiation, it will also be determined critical wind speed, with March being 5.10 m/s the month with the lowest wind speed

Once the critical months of solar radiation and wind speed have been determined, the sizing and selection of the photovoltaic system is considered, it is considered 4 days of autonomy that the system will find without solar radiation, for the sizing and selection of the wind system it is considered 2 days of autonomy that the system will encounter with very low wind speeds, a 20kW wind turbine was selected for the analysis.

It was concluded from the techno-economic analysis that the photovoltaic system's VAR is greater than 0, so the project is acceptable and its IRR is greater than the 10% interest, so it turns out to be viable.

Keywords: photovoltaic system, wind system, solar radiation, wind speed

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Planteamiento de Problema	12
1.2. Trabajos previos	14
1.2.1. A nivel internacional	14
1.2.2. A nivel nacional	15
1.2.3. A nivel local	16
1.3. Teorías relacionadas al tema	18
1.3.1. Tipos de riego	19
1.3.1.1. Riego por gravedad	19
1.3.1.2. Riego por aspersión:	20
1.3.1.3. Riego por goteo	21
1.3.2. Sistema de bombeo	22
1.3.2.1. Bomba sumergible	22
1.3.2.2. Bomba centrifuga	23
1.3.2.3. Bomba hidroneumática	24
1.3.3. Determinación de la máxima demanda de energía	24
1.3.3.1. Cálculo del caudal de riego necesario	24
1.3.3.1.1. Cálculo de la evapotranspiración	25
1.3.3.1.2. Cálculo de la dotación	25
1.3.3.1.3. Cálculo del módulo de riego	26
1.3.3.2. Determinación de la Altura dinámica Total (TDH)	27
1.3.3.3. La altura estática	27
1.3.3.4. La altura dinámica	28
1.3.4. Dimensionamiento de la bomba	28
1.3.4.1. Potencia de una bomba	28
1.3.5. Energía solar	29
1.3.5.1. Radiación solar	29
1.3.5.1.1. Hora pico solar (H.S.P.)	30
1.3.5.2. Sistema solar Fotovoltaico (paneles solares, regulador batería, alternador)	31
1.3.5.2.1. Panel solar	32
1.3.5.2.2. Regulador de carga	35
1.3.5.2.3. Batería	36
1.3.5.2.4. Inversor	40
1.3.6. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	41

1.3.6.1.	Calculo de los módulos fotovoltaicos	41
1.3.6.1.1.	Calculo de la energía real en corriente alterna	41
1.3.6.1.2.	Perdidas de energía captada.....	41
1.3.6.1.3.	Cálculo del número de módulos.....	41
1.3.6.2.	Cálculo del regulador de carga.....	42
1.3.6.2.1.	Calculo Corriente de entrada.....	42
1.3.6.2.2.	Calculo Corriente de salida	42
1.3.6.2.3.	Numero de reguladores necesarios.....	43
1.3.6.2.4.	Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria	43
1.3.6.2.5.	Numero de baterías.....	43
1.3.6.3.	Selección del inversor	43
1.3.7.	Energía Eólica.....	44
1.3.7.1.	Velocidad de viento.....	44
1.3.7.2.	Unidad de medida	44
1.3.7.3.	TIPOS DE AEROGENERADORES.....	45
1.3.7.3.1.	Eje vertical	45
1.3.7.3.2.	Eje horizontal:	48
1.3.7.4.	Componentes del aerogenerador.....	52
1.3.8.	Dimensionamiento del sistema eólico	54
1.3.8.1.	Ley Exponencial de Hellmann	54
1.3.8.1.	Cálculo de potencia eólica	55
1.3.8.2.	Cálculo de la potencia mecánica del rotor	55
1.3.8.3.	Cálculo de la potencia mecánica del rotor	55
1.3.8.4.	Cálculo de la Energía del aerogenerador.....	55
1.3.9.	Evaluación económica	56
1.3.9.1.	Valor Actual Neto (VAN)	56
1.3.9.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	56
1.4.	Formulación del Problema.....	57
1.5.	Justificación e importancia del estudio	57
1.5.1.	Justificación Social	57
1.5.2.	Justificación Técnico.....	57
1.5.3.	Justificación Económico	58
1.5.4.	Justificación Ambiental.....	58
1.6.	Objetivos	58
1.6.1.	Objetivos específicos	58
1.7.	Limitaciones.....	58

II. MÉTODOS	60
2.1. Tipos y diseño de investigación.....	60
2.1.1. Tipo	60
2.1.2. Diseño	60
2.2. Población y muestra	60
2.3. Variables, Operacionalización.....	60
2.4. Técnicas e instrumentación de recolección de datos	61
2.4.1. Técnicas de recolección de datos	61
2.4.2. Instrumentación de recolección de datos.....	62
2.5. Procedimiento de análisis de datos	63
2.6. Criterios éticos	64
2.7. Criterios de rigor científico	64
III. Resultados	67
3.1. Resultados en tablas y figuras	67
3.1.1. Potencia y el requerimiento energético para abastecer al riego tecnificado. 67	
3.1.2. Radiación solar y el potencial eólico.....	68
3.1.3. Calculo y selección de s del sistema fotovoltaico y eólico	69
3.1.4. Evaluación económica de ambos sistemas de generación electrica	71
3.1.4.1. Evaluación económica del sistema diésel	71
3.1.4.2. Evaluación económica sistema fotovoltaico.....	72
3.1.4.3. Sistema eólico	73
3.1.4.4. Análisis VAR y TIR.....	74
3.1.4.5. Periodo de amortización	75
3.2. Discusión de resultados.....	76
IV. Conclusiones y recomendaciones	79
4.1. Conclusiones	79
4.2. Recomendaciones.....	80
V. REFERENCIAS.....	81
VI. ANEXOS	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de Consumo del Cultivo (k)	25
Tabla 2. Eficiencia del Sistema de Riego	16
Tabla 3. Coeficiente de Hazen-Williams.....	17
Tabla 4. Coeficiente de Rugocidad	44
Tabla 5.Variable Dependiente.....	50
Tabla 6. Variable Independiente	51
Tabla 7.Potencia Requerida	57
Tabla 8.Energia Requerida.....	57
Tabla 9. Radiacion Solar	58
Tabla 10. Potencia Eólica	59
Tabla 11. Calculo y Selecion del Sistema Fotovoltaico.....	59
Tabla 12. Calculo y Selecion del Sistema Eólico.....	60
Tabla 13. Gastos de combustible del sistema diesel	61
Tabla 14. Gastos de Transporte de combustible	61
Tabla 15. Gastos de Mantenimiento del sistema diesel	62
Tabla 16. Gastos totales del sistema diesel	62
Tabla 17. Costos del sistema fotovoltaico	62
Tabla 18. Costos totales de inversion del sistema fotovoltaico.....	63
Tabla 19. Costos del sistema eólico.....	63
Tabla 20. Costos totales de inversión del sistema eólico	64
Tabla 21. Analisis VAR y VIR	64
Tabla 22. Periodo de amotizacion o recuperacion de inversión	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de riego por gravedad	9
Figura 2. Sistema de Riego por Aspersión	10
Figura 3. Sistema de Riego por Goteo	11
Figura 4. Bomba Sumergible	12
Figura 5. Bomba Centrífuga	13
Figura 6. Bomba Hidroneumática	13
Figura 7. Tipos de Radiación.....	19
Figura 8. Irradiación de un Día Soleado	20
Figura 9. Componentes de un Sistema Solar	21
Figura 10. Celdas-células y panel fotovoltaico	21
Figura 11. Panel solar monocristalino	22
Figura 12. Panel solar policristalino.....	23
Figura 13. Panel solar amorfo	24
Figura 14. Regulador de carga.....	25
Figura 15. Baterías de Plomo-acido abierta.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16. Baterías de Plomo-acido selladas AGM.	26
Figura 17. Baterías de Plomo-acido selladas de Gel.	27
Figura 18. Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd).....	28
Figura 19. Baterías de iones de litio (Li-ion).....	29
Figura 20. Inversor.	29
Figura 21. Anemómetro	33
Figura 22. Aerogenerador de eje vertical.....	34
Figura 23. Aerogenerador Savoniu	35
Figura 24. Aerogenerador Darrieus.....	35
Figura 25. Aerogenerador Darrieus tipo H o Giromill	36
Figura 26. Aerogenerador Windside	36
Figura 27. Aerogenerador Eje Horizontal	37
Figura 28. Aerogenerador Eje Horizontal a Barlovento.....	38
Figura 29. Aerogenerador Eje Horizontal a Sotavento.....	38
Figura 30. Aerogenerador Eje Horizontal a una Pala.....	39
Figura 31. Aerogenerador Eje Horizontal a dos Pala	39
Figura 32. Aerogenerador Eje Horizontal a tres Palas	40
Figura 33. Aerogenerador Eje Horizontal Multipalas	41
Figura 34. Componentes del Aerogenerador	41
Figura 35. Diagrama de flujo.	53

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad una parte de la provisión de energía eléctrica proviene de las centrales de energía que usan combustibles fósiles para la generar electricidad, la cual trae consigo consecuentes emisiones de gases contaminantes que resultan perjudiciales para el medio ambiente y las poblaciones aledañas, ocasionando una destrucción masiva de la capa de ozono.

Siendo así que los recursos renovables disponibles son una alternativa para reducir riesgos y desventajas que implica el uso de combustibles fósiles. Siendo necesario el destacar el uso de la energía renovable de una manera plena para satisfacer las necesidades eléctricas de las zonas rurales y remotas, incluida la viabilidad económica, cuidado del medio ambiente e instalaciones, esto aportaría a que la energía perdure gran parte del día, beneficiando al área agricultora, pueblos en crecimiento, etc., Originando la reducción del presupuesto mensual, eficiencia y características de la tecnología de conversión de energía utilizada.

1.1. Planteamiento de Problema

En el Bangladesh un país en desarrollo el componente vital de la economía es la agricultura, la cual aporta un 60% de PBI (producto bruto interno), por lo que el riego es un componente esencial de la agricultura, el riego adecuado en los momentos adecuados aumenta el rendimiento de las cosechas, por los constantes cambios climáticos el sector agrícola se ha ido adaptando, pero la demanda de agua ha aumentado. Esta nación depende en su gran mayoría de sus aguas subterráneas para el riego de cultivos, equivalente al 73%, los agricultores gastan altos montos de dinero para abastecer de constate agua sus cultivos, el país se gasta alrededor de \$ 900 millones por año y una cantidad de 1 millón en toneladas de combustible diésel para alimentar sus sistemas de riego, sienta cifras que resultan perjudiciales económicamente por el constante aumento de precio del combustible y nocivo ambientalmente por su alto consumo de este combustible diésel, el cual contamina en mayor medida por sus altas emisiones de CO_2 que resultan alarmantes. (Nazmul & Himangshu, 2017)

En país de Egipto el 54% de la población se dedica al sector de la agricultura, por lo que es un pilar fundamental para su desarrollo, sin embargo, el declive de la

agricultura va en aumento por los escasos de lluvias, esto ha originado que el río Nilo disminuya constantemente su volumen. En la región Delta estos factores han influido para hacerla menos atractiva con respecto a la agricultura por lo que en estos últimos 5 a 10 años las empresas dedicadas al sector agrícola se vieron en la obligación de reclamar áreas desérticas del lado occidental para uso agrario. Para el abastecimiento de agua de estas áreas desérticas se emplearán electrobombas que funcionan a combustible diésel, el uso de este combustible va en aumento constantemente y se eleva aún más en las áreas desérticas debido a la lejanía, porque se tiene en cuenta los costos de transporte del combustible y los mantenimientos del equipo que lo emplea, otra de sus desventajas son las altas emisiones de CO_2 que son perjudiciales para el medio ambiente. (Energypedia, 2020)

En India, los agricultores requieren de un total de diez millones de bombas diésel para su riego de uso necesario para los cultivos. El cual se ve reflejado en los altos costos, tanto en el combustible diésel como en el mantenimiento de dichas bombas. Pero aun con sus altos costos la población tiene que usar dichas herramientas por la falta de agua asequible, que limita aún más la producción, haciendo aún más notorio que las ganancias se recuden en pérdidas, motivo por el cual tiene a migrar a ciudades superpobladas y con mayor acceso a servicios básicos. Además, que las bombas de diésel son altamente contaminantes por que contienen compuestos químicos que son emitidos en partículas gaseosas como dióxido de carbono, nitrógeno, oxígeno y vapor de agua, elementos letales para la población y el medio ambiente, siendo así notorio que el riego representa el 5% del consumo de diésel en India, siendo estas bombas el peor riesgo para la salud humana, generando el aumento de muertes por intoxicación y decadencia económica aun mayor de la que ya sufre dicho país. (Chambon, 2019)

En el distrito de Cural perteneciente a la ciudad de Arequipa en el país de Perú, los agricultores por medio de una bomba sumergible obtenían agua a través de tuberías las cuales la (SEAL) Sociedad Eléctrica del Sur Oeste les habían cedidos y los que pagaban alrededor de 1 500 soles mensuales, por el consumo de electricidad para hacer funcionar la electrobomba. Pero debido a los altos gastos que se producía solo podrían abastecerse de agua por 2 horas diarias. La realidad era notoriamente decadente pero

las autoridades no cedían a sus pedidos de agua potable o alcantarillado, pero no era posible por la dispersión de la zona. (Sanchez, 2018)

En caserío Collique Bajo distrito de Zaña provincia de Chiclayo Departamento de Lambayeque pobladores como tienen a la agricultura como principal fuente de ingreso, el abastecimiento de agua para los cultivos es primordial en esta zona, por esto algunos pobladores optaron por abastecer de agua mediante un sistema de riego tecnificado por goteo para así obtener un riego constante para sus cultivos, para el bombeo de agua utilizan un motor diésel, los pobladores gastan alrededor de s./3 318,66 mensuales entre gastos de combustible y transporte, estas cifras resultan ser costos elevados para los pobladores que se dedican a la pequeña agricultura y que no cuentan con un ingreso estable, las condiciones en las que trabaja el motor diésel no son las mejores, por los constantes derramamientos de aceite y gases contaminantes emitidos en un ambiente cerrada hacen que estas condiciones no sean las apropiadas al momento de trabajar en agricultura.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. A nivel internacional

Toapanta y Hidalgo (2017) Realizo un análisis e implementación de equipos de plantas híbridas de energía solar eólica para generar 500W en La Hacienda "La Merced ", estudio las características climáticas de la zona y realizó mediciones de radiación eólica y solar para la selección de equipos del sistema. Basándose en fórmulas para determinar las horas pico de sol y los materiales de fabricación del sistema, por lo que obtuvieron un índice de recurso energético solar y eólico aceptable para su instalación con una velocidad promedio del viento de 6,9 m / s y un promedio de radiación. $4,92kwh / m^2 / día$, de energía solar, establecimiento y valor aceptable A través de estos valores se pueden satisfacer las necesidades energéticas de la casa mediante el uso de recursos naturales.

Álvarez (2017) El aprovechamiento de la luz solar tiene diferentes usos, entre los que destacan Electrificación rural. Actualmente existen diferentes componentes para una de las formas de captar la energía solar a través de paneles fotovoltaicos. Hay muchos tipos de productos de CC en el mercado. Diferentes características de convertidores, baterías, incluso para bombeo de agua. Agua agrícola. Por ello el propósito central del estudio es conseguir por intermedio de paneles fotovoltaicos,

pues contribuirá a mejorar la calidad de vida de los agricultores y sus plantaciones. Sistema de riego Automatico el trabajo capturando la energía necesaria para la operación Las bombas adecuadas pasan a través de los paneles fotovoltaicos en el área del proyecto, una En el plc, se usó el sensor de nivel para programar el nivel del agua. La válvula solenoide ubicada en el tanque abrirá el sistema para regar cultivos, este sistema de riego será de circuito cerrado, usaremos este programa wincc para monitorear nuestro sistema.

Gonzáles y Lanuza (2018) Plantearon la propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás. En la investigación se pretende, utilizar de manera equivalente la energía alternativas, las cuales permitirían que se genere un bajo del consumo de agua, logrando una sostenibilidad del servicio y además de generar una rentabilidad a nivel económico en las labores agrícolas, teniendo como principal objetivo el que no sea ni dañino o perjudicial para el ambiente, Permitiendo conseguir un progreso en cuanto a la calidad del cultivo, ya que se podría ejecutar por tecnificación en la finca Concepción. Siendo de requerimiento el utilizar un panel de policristalino de un rendimiento que sea mayor al 15%, de la potencia de 100Wp. Todo ello aportaría beneficio a dicho proyecto, además de la factibilidad que mostraría en su uso, Así mismo se demostró a través de un análisis financiero que toda la investigación es rentable y conveniente para su realización, teniendo en cuenta la inversión inicial de 6 513,82 US\$, con un 9% de interés, los cuales en cinco años generaran ganancias de 2,09 US\$ por cada dólar invertido. Llegando a concluir que desarrollo de este proyecto sería rentable, porque tendrá una ganancia y recuperación del 208,99% en cinco años. Focalizando además que este proyecto generaría la reducción de un 9.55 toneladas de CO² anual.

1.2.2. A nivel nacional

Charaja (2017) Investigo la factibilidad para la implementación de un parque eólico en el entorno de una operación vitícola en la irrigación de majes. Teniendo como base la inversión a nivel de factibilidad para conseguir llevar a cabo un parque eólico el cual mostraba una baja capacidad en el ambiente de una operación vitícola con respecto al riego para la generación de energía renovable, la cual sería destinada al riego por goteo, esta emplea bombas para su funcionamiento. La energía requerida

para el proyecto se estima en 450 kW / año y la potencia es de 140 kWh. Los resultados económicos muestran que, de implementarse el proyecto, representará una inversión de US \$ 640 851,86, de los cuales el aporte financiero provendrá de la empresa mixta y del crédito bancario agrícola. La construcción de parques eólicos es rentable, y la consideración integral de los indicadores de evaluación se basa en la ley financiera y la ley económica como positiva y se ajusta a la determinación interna de la administración. El tiempo objetivo para evaluar y explorar el funcionamiento del mecanismo anterior es de 15 años y la tasa de descuento es de 15,1%, que corresponde al monto promedio de inversión como capital.

Valera (2018). Para esta investigación el principal enfoque fue el diseño y cálculo de un sistema fotovoltaico para riego con agua subterránea en el distrito de Caminaca. Se realizó en el Distrito de Caminaca en Puno, para poder dar inicio a toda su investigación se planteó la problemática de la zona, el cual fue como se podría abastecer agua utilizando un diseño de un sistema fotovoltaico, considerando un cálculo y diseño del sistema que transformara la energía solar en energía eléctrica para el abastecimiento de una bomba sumergible que se ubica en un pozo de 10 m de altura el cual tendrá una capacidad de 3 350 l, el agua expulsada regará parcelas por medio de aspersores, se determinará el nivel de radiación de la zona para calcular los paneles solares requeridos que abastecerá de energía a la bomba sumergible seleccionada y se seleccionara los componentes eléctricos. Obteniendo resultados donde se muestra radiación solar de la zona es factible, el cálculo realizado al sistema arroja que solo se necesitara cuatro paneles fotovoltaicos para suministrar de energía a la bomba sumergible de CC de 500 W de 40 m de altura máxima. Se llegó a la conclusión que el diseño del sistema de riego fotovoltaico, puede ser una alternativa viable que beneficiaria en un tiempo prolongado, porque la fuente de energía que abastecerá al sistema resulta ser inagotable y de la inversión (S/. 7 520) se obtuvieron los indicadores económicos VAN (valor actual neto, de S/. 2 427) en 3 años y TIR (tasa interna de retorno, de 28%) de cada año, que resultan condiciones factibles.

Milon (2018) Explico la evaluación técnico económica de una instalación de bombeo solar fotovoltaico aplicada a la ampliación de la frontera agrícola en zonas aisladas de Arequipa. Para este estudio se expone la evaluación técnica y económica

de un sistema de bombeo fotovoltaico, instalando la una bomba sumergible para el bombeo de agua desde el Rio Majes a un estanque superior para generar el riego tecnificado de los viñedos. La instalación de una estación meteorológica que midió las condiciones climáticas, como la radiación solar, temperatura o velocidad del viento y la humedad. Para la eficiencia del sistema se instalaron sensores eléctricos e hidráulicos, se evaluó los parámetros económicos para el análisis de inversión comparando tecnologías comunes de bombeo. Como resultados técnicos la estimación del sistema de bombeo fotovoltaico tiene un tiempo de ejecución de 8 horas al día, la eficiencia de todo el sistema en general es 7%, entonces la eficiencia del sistema fotovoltaico es del 12%, con respecto a la eficiencia hidráulica esta entre un rango de 55% a 75%, mientras el caudal másico esta entre un rango de 2 kg/S a 6,3 kg/s, en la irradiación solar esta entre 200 W/m² a 1 190 W/m². En los resultados económicos el análisis indico que la inversión se recupera en 5 años 3 meses implementado un sistema fotovoltaico a comparación de generados que emplean combustible que se recupera en 2 años 8 meses muy aparte de sus costos extras (mantenimiento, reparo de falla y problemas futuros a causar) y en red pública no se recupera la inversión.

1.2.3. A nivel local

Chozo (2019). Realizo un diseño de sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al sistema de bombeo del fundo El Ciruelo caserío la Pintada. El estudio realizado tuvo como principal enfoque que en la zona donde se planteó el diseño, existe una gran radiación solar, viendo útil el poder dar uso para una fuente de energía renovable colocando un sistema de bombeo fotovoltaico y así llegar a proveer agua por riego tecnificado, puesto que por la escasas de agua la producción agrícola mostraba perdidas, puesto que su único riego siempre ha sido por inundaciones, Así mismo se indicó que el suministro más cercano de energía con respecto al terreno es la empresa electro norte S.A el cual se ubica a 1,5 km de la red baja tensión y a 2 km de la media red de media tensión. Debido a ello en el Fundo se utiliza gasolina permitiendo abastecer de energía al sistema de bombeo. Teniendo como inconveniente que el sistema consume en exceso combustible y genera un alto desperdicio de agua, perjudicando la rentabilidad que se generaría económicamente. Optando por un diseño de riego tecnificado, considerando como primordial requerimiento el caudal para obtener el agua y analizando las pérdidas de carga que se originan desde la extracción hasta llegar al área donde se desea regar. Además, se usó un software

dimensionamiento fotovoltaico NASTEC para identificar el nivel de radiación existente, que arrojaría los cálculos de energía requerida para los paneles que ayudarían con los componentes necesarios del sistema fotovoltaico. Se realizó una evaluación económica llegando a concluir que el proyecto resulta rentable. En conclusión, este proyecto es rentable para seguir apostando por un sistema de bombeo fotovoltaico que beneficiaría a los agricultores que tiene problemas al irrigar sus campos.

Palacios (2019). Realizo el diseño de un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al fundo Chucupe. Para el estudio se ha visto conveniente el uso fundamental de energía renovable, puesto que su uso no emite CO_2 , además este proyecto proporcionaría energía eléctrica al Fundo Chucupe. Siendo necesario el cálculo de la máxima demanda de uso eléctrico en el fundo que fue de 318W y de energía diaria consumida 1 175 kWh, teniendo en cuenta los equipos eléctricos con que cuenta, se analizó las mediciones del viento que alcanzan un promedio de 4,49 m/s, además de un potencial eólico de 348,9 W el cual fue aceptable, permitiendo el poder seleccionar el aerogenerador de 1500 W, así como sus componentes del sistema quienes se adecuarían a su funcionamiento. Así mismo se detalló el proceso para lograr la electrificación rural de la zona de estudio, para así poder suministrar energía eléctrica a cada vivienda de la zona, diseñando así un circuito de red secundaria en B.T (baja tensión), considerando que la caída no exceda al 5% de la distribución vigente. Se concluyó con un análisis económico de la inversión inicial, el flujo neto específico y la tasa de interés por año, teniendo en cuenta que los resultados aceptables según los indicadores VAN ganancia de S/. 4 438,49, TIR con un 14% anual, B/C (beneficio /costo, cada sol de inversión tiene una ganancia de S/. 0,15) generan viabilidad y rentabilidad a este proyecto.

Ocampo (2020). En su análisis de la viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar en el fundo Manto de Cristo. Se obtuvieron datos de investigaciones de la página web de la NASA, los cuales fueron de irradiación que suelen variar entre 4,47 kWh/m²/día hasta 5,98 kWh/m²/día en los meses de junio y noviembre. Así mismo para lograr promediar la cantidad de agua de uso diario, se tuvo como principal factor el poder recopilar los datos mensuales de

la temperatura, humedad relativa, precipitación de la estación meteorológica SENAMHI. Por consiguiente, con los datos obtenidos que se necesita de 110,14 m³/día para las tres hectáreas de cultivo agrícola. Utilizando un equipamiento del sistema de bombeo fotovoltaico estaría constituido con 32 paneles fotovoltaicos de 330 Wp. una bomba sumergible, 64 baterías de 12 V y 66 Ah, cuatro controladores 192V y 60 A, y un regulador de carga. Concluyendo con un análisis referencial de S/. 328 469,04, calculado a una tasa de 15 %, donde se obtuvo VAN de S/. 167 362,72 mayor 0 y un TIR del 22 % mayor al 15 %; obteniendo que el tiempo para recuperar la inversión sería en siete años y once meses, además de comentar que el proyecto es fiable para su uso y su inversión económica.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Tipos de riego

1.3.1.1. Riego por gravedad

Esta distribución de riego es muy simple de utilizar, puesto que su riego es por gravedad, por ello es importante que la superficie sea plana, ya que al avanzar el agua por el suelo es cuando se produce la distribución de agua en el terreno.



Figura 1 - Sistema de riego por gravedad

Fuente: (Pineda, s.f.)

1.3.1.2. Riego por aspersión:

Para este tipo de riego se cuenta con un depósito de agua que abastecerá uno o varios riesgos, los cuales serán absorbidos por las tuberías las que por medios de ramales centrales se encargaran de discernir el riego por las demás tuberías secundarias para que el terreno sea abastecido de manera constante ocupando para ello aspersores giratorios para poder regar la superficie de manera circular ,Se puede aplicar en terrenos planos, curvos, ya que no existe una preparación de superficie, pero si deben estar ubicados donde la presión del agua siempre mantenga la misma potencia, para que todos los ásperos estén en marcha al mismo tiempo, Pero si no se tiene en cuenta la fuerza del agua puede dañar a las plantas si son tiernas o sensibles , una vez el puesto en marcha no necesita de mano de obra constante , puesto que existen programas conectados a las electroválvulas, que activaran el funcionamiento según las necesidades previamente programadas.



Figura 2 - Sistema de Riego por Aspersión

Fuente: (Monge, 2021)

1.3.1.3. Riego por goteo

El sistema de riego por goteo suministra el agua de manera uniforme y constante, permitiendo mantener el agua de las mangueras en baja tensión, así mismo se conoce que este riego difiera de los demás, por la administración y aprovechamiento de los beneficios y evitar problemas con su funcionamiento, haciendo uso de los siguientes factores.



Figura 3 - Sistema de Riego por Goteo

Fuente: (Tapia & Muñoz, 2011)

Las ventajas de riego por goteo lo siguiente:

- Uniformidad de riego: Se logra distribuir la red de riego sin excesos y de una manera uniforme y consecuente, logrando alta productividad.
- Nivelación: No es necesario la nivelación de la superficie, tampoco es necesario remover capas fértiles, logrando evitar el deterioro consecuente del suelo.
- Fertilización: La dosificación es uniforme y precisa y se realiza directamente por el sistema de riego.

- Control de las malas hierbas: Utilizando el riego por goteo existe una disminución de filtraciones en espacios donde exista la mala hierba dejándolos secos evitando la germinación de semillas, además de filtrar los residuos de contaminación al cultivo.
- Incremento sustancial de la producción: Mediante el correcto balance entre la necesidad de agua y los nutrientes se consigue un incremento en cuanto a cantidad y calidad del producto.

Desventajas de un Sistema de Riego por Goteo

- Fuente de abastecimiento: En la instalación del riego por goteo es indispensable disponer de una fuente de agua que sea constante y no tenga problemas de desabastecimiento o sequía.
- Energía requerida: El riego por goteo funciona por energía eléctrica o potencial, que pueden generar costos elevados.
- Cultivo: Este sistema es utilizado en cultivo cuya rentabilidad sea alta y genere ganancias proactivas, dado que si se aplica en cultivos de cantidades bajas no habría retribución a lo invertido.

1.3.2. Sistema de bombeo

Un sistema de bombeo es un dispositivo para la extracción de líquidos desde un punto bajo del pozo, hasta el punto más elevado o también para elevar la presión o fuerza según sus requerimientos, existen varios tipos de dispositivos de bombeo.

1.3.2.1. Bomba sumergible

La bomba sumergible tiene la característica de drenar agua desde el punto bajo dentro del pozo, la bomba se encuentra completamente sellada, también puede tener uno o varios impulsores.

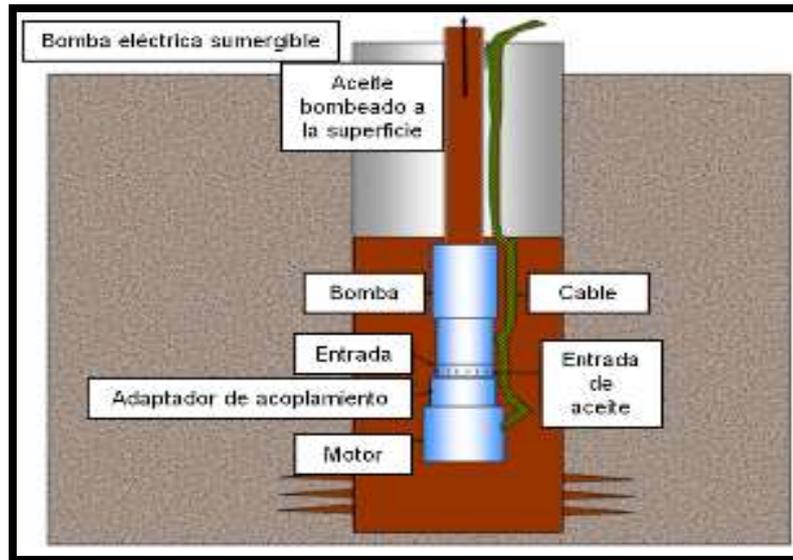


Figura 4 - Bomba Sumergible

Fuente: (Wikipedia, 2021)

1.3.2.2. Bomba centrífuga

Esta bomba, es un motor en cual esta acoplada con una transmisión a un impulsor para aumentar la presión y la velocidad en el agua.



Figura 5 - Bomba Centrífuga

Fuente: (Iagua, 2017)

1.3.2.3. Bomba hidroneumática

Tiene la característica de funcionar a altas presiones de aire según lo que requiera su diseño.



Figura 6 - Bomba Hidroneumática

Fuente: (Darkxim, 2021)

1.3.3. Determinación de la máxima demanda de energía

La determinación de la máxima demanda de energía, mostrara el consumo energético estimado.

$$E_{total} = P_{bomba} \times h_{diarias}$$

E_{total} : Energía total ($kWh/día$)

P_{bomba} : Potencia de la bomba (kW)

$h_{diarias}$: Horas diarias ($h/día$)

1.3.3.1. Cálculo del caudal de riego necesario

Es de fundamental importancia conocer el volumen de agua necesario y el tiempo de riego con respecto al área para satisfacer la demanda de hídrica.

$$Q = M_r \times A$$

Q : Caudal. (m^3/s)

M_r : Módulo de riego. (lps/Ha)

A : Área de riego en Hectáreas. (Ha)

1.3.3.1.1. Cálculo de la evapotranspiración

La evaporación es la determinación del agua evaporada de la superficie del suelo y de las plantas.

La transpiración es el vapor de agua absorbida por las plantas la cual es emitida por sus hojas.

$$E_{to} = \frac{(2\ 120 - 0,29 \times h)}{360}$$

E_{to} : Evapotranspiración. (mm)

h : Altura de la ubicación. (msnm)

1.3.3.1.2. Cálculo de la dotación

La dotación es la cantidad de agua que se establece para un cultivo en base a su consumo.

$$U_c = E_{to} \times k$$

U_c : Dotación. (mm)

E_{to} : Evapotranspiración. (mm)

k : coeficiente de consumo del cultivo. **Tabla 1.**

En la **Tabla 1**, se muestra los diferentes tipos de coeficiente de cultivo dependiendo a la siembra.

Tabla 1

Coefficiente de Consumo del Cultivo (k)

	Inicial	Desarrollo	Medios	Finales	Cosecha
Ajo	0.20	0.30-0.40	0.40-0.45	0.45-0.65	0.55
Alfalfa	0.30-40	-	-	-	1.05-1.20
Almendro	0.53	0.59	0.95	1.02	1.00
Arándano 1º año	0.11	0.23	0.31	0.34	0.33
Arándano 2º año	0.14	0.32	0.42	0.45	0.42
Arándano 3º año	0.21	0.35	0.45	0.50	0.49
Arroz	1.10-1.15	1.10-1.50	1.10-1.30	0.95-1.10	0.95-1.05
Arveja, fresca	0.40-0.50	0.70-0.85	1.05-1.20	1.00-1.15	0.95-1.10
Cebolla seca	0.40-0.60	0.70-80	0.95-1.10	0.85-0.90	0.75-0.85

	Inicial	Desarrollo	Medios	Finales	Cosecha
Cebolla verde	0.40-0.60	0.60-0.75	0.95-1.05	0.95-1.10	0.95-1.05
Ciruelo	0.53	0.62	0.98	1.07	1.06
Coliflor	0.40-0.50	0.70-4.8	0.95-1.10	0.90-1.00	0.80-0.95
Duraznero	0.53	0.62	0.98	1.07	1.06
Espárragos	0.40	0.48	0.50	0.80	0.82
Frambuesa	0.45	0.51	0.55	0.69	0.75
Kiwi	0.63	0.68	1.14	1.24	1.20
Maíz dulce	0.30-0.50	0.70-0.90	1.05-1.20	1.00-1.15	0.95-1.10
Maíz grano	0.30-0.50	0.70-0.85	1.05-1.20	0.85-0.95	0.55-0.60
Maní	0.40-0.50	0.70-0.80	0.95-1.10	0.75-0.80	0.55-0.60
Manzano	0.54	0.65	1.05	1.16	1.13
Maravilla	0.30-0.40	0.70-0.80	1.05-1.20	0.70-0.80	0.35-0.45
Nectarino	0.53	0.62	0.98	1.07	1.06
Nogal	0.53	0.58	0.91	1.07	1.06
Olivo	-	-	-	-	-
Palto	0.77	0.78	0.76	0.77	0.78
Papa	0.40-0.50	0.70-0.80	1.05-1.20	0.85-0.9	0.70-0.75
Peral	0.54	0.65	1.05	1.16	1.13
Pimentón	0.30-0.40	0.60-0.75	0.95-1.10	0.85-1.00	0.80-0.90
Poroto seco	0.30-0.40	0.70-0.80	1.05-1.20	0.65-0.70	0.25-0.3
Poroto vade	0.30-0.40	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95
Pradera	0.79	0.82	0.91	0.95	0.92
Remolacha	0.40-0.50	0.75-0.85	1.05-1.20	0.9-1.00	0.60-0.70
Sandia	0.40-0.50	0.75-0.80	0.95-1.05	0.80-0.90	0.65-0.75
Tabaco	0.30-0.40	0.75-0.80	1.00-1.20	0.90-1.00	0.75-0.85
Tomate	0.40-0.50	0.75-0.80	1.05-1.25	0.80-0.95	0.60-0.75
Tago	0.30-0.40	0.75-0.80	1.05-1.20	0.65-0.70	0.20-0.25
Vid	0.35-0.55	0.60-0.80	0.70-0.90	0.60-0.80	0.55-0.70

Nota: Tomado de CONADI (2017, p. 8)

1.3.3.1.3. Cálculo del módulo de riego

Es el caudal continuo de agua que se requiere una hectárea

$$M_r = \left(\frac{U_c}{E_F} \right) \times 0.116$$

M_r : Modulo de riego.(lps/Ha)

U_c : Dotación. (mm)

E_F : Eficiencia del sistema de riego. **Tabla 2.**

0,116: Factor de conversión de unidades (l/s)

$$1mm = 0.116 l/s$$

En la **Tabla 2**, se muestra los diferentes valores de la Eficiencia del sistema de riego.

Tabla 2

Eficiencia del Sistema de Riego.

Riego	Eficiencia
Ef. Riego (gravedad)	0,40
Ef. Riego (aspersión)	0,70
Ef. Riego (goteo)	0,90

Nota: Tomado de Ministerio de Agricultura y de riego (2015, p. 8)

1.3.3.2. Determinación de la Altura dinámica Total (TDH)

La altura dinámica total es presión efectiva que debe vencer la bomba centrífuga para su correcto funcionamiento.

$$TDH = H_e + H_d$$

TDH : Altura dinámica Total (m)

H_e : Altura estática (m)

H_d : Altura dinámica (m)

1.3.3.3. La altura estática

Es la distancia geométrica desde el nivel del agua en el pozo hasta el punto más elevado donde debe bombearse el agua.

H_e : Altura estática (m)

1.3.3.4. La altura dinámica

Es la caída de presión cuando un líquido circula por el interior de una tubería, a esto se le denomina fricción. Estas pérdidas de carga dependen de la longitud de la tubería, de su diámetro y del coeficiente de fricción.

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,869}} \right) \times L$$

H_d : Altura dinámica. (m)

L : Longitud de la tubería. (m)

Q : Caudal. (m³/s)

C : Coeficiente de Hazen-Williams. **Tabla 3.**

D : Diámetro interno de la tubería. (m)

En la Tabla 3, se muestra los diferentes valores del Coeficiente de Hazen-Williams.

Tabla 3.

Coeficiente de Hazen-Williams.

Tipo de tubo	Promedio para tuberías nuevas y limpias	Valor de diseño
Acero, hierro dúctil o fundido con aplicación centrifuga de cemento revestimiento bituminoso.	150	140
Plástico, cobre, latón, vidrio	140	130
Acero, hierro fundido sin recubrimiento	130	100
Concreto	120	100
Acero corrugado	60	60

Nota: Tomado de Mott (2006, p. 244)

1.3.4. Dimensionamiento de la bomba

1.3.4.1. Potencia de una bomba

Capacidad de la bomba para impulsar agua

$$P_{bomba} = \frac{(TDH)(\rho)(g)(Q)}{\eta}$$

P_{bomba} : Potencia de la bomba (W)

TDH : Altura dinámica Total(m)

ρ : Densidad del agua (1000 kg/m^3)

g : Gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$)

Q : Caudal (m^3/s)

η : Eficiencia de la bomba

1.3.5. Energía solar

Es una fuente de energía inagotable, la cual se obtiene de los rayos solares en forma de radiación electromagnética como lo son luz, el calor y los rayos ultravioleta. La energía emitida por el sol se puede aprovechar de dos formas: por transformación termosolar y transformación fotovoltaica. La transformación termosolar consiste en utilizar la energía solar mediante espejos que son concentrados en un cierto punto que almacena líquido, para luego calentarlo. La transformación fotovoltaica se basa en la transformación de la energía solar a la energía eléctrica, para esto se utilizan paneles solares. (Bautista, 2015)

1.3.5.1. Radiación solar

Es emitida directamente desde el sol que ingresa a la atmosfera, y un cierto porcentaje de toda la radiación es absorbida por la capa de ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra se le denomina irradiación, representado por la unidad de medida en watt por metro cuadrado (W/m^2).

a) Radiación directa

Es la que llega directamente desde el sol de en línea recta sin sufrir cambios en su trayectoria, se caracteriza por proyectarse en forma de sombra en los objetos opacos.

b) Radiación difusa

Es la parte de la radiación del solar que se desvía por la dispersión atmosférica y es recibida a través de las nubes la cual se encarga de multidireccional su radiación en distintas direcciones, se caracteriza porque no produce sombra alguna en los objetos opacos.

c) Radiación reflejada

Esta radiación proveniente del sol se refleja en la superficie terrestre, la cantidad de radiación que se refleja dependerá del coeficiente de reflexión

o albedo. Los que perciben más radiación reflejada son las verticales o perpendiculares

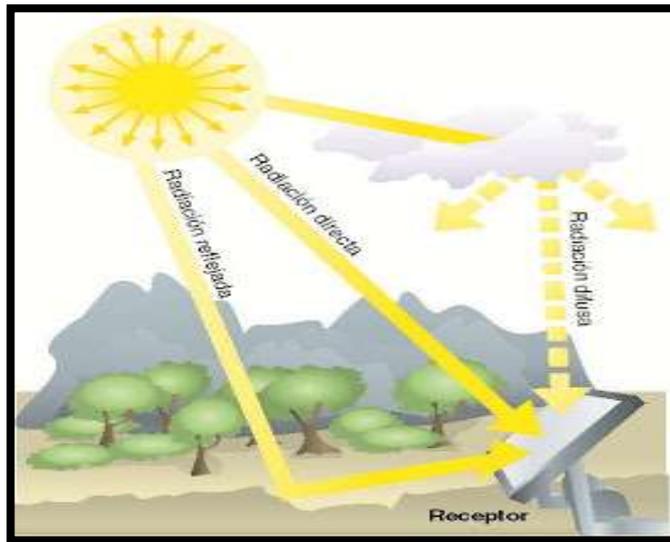


Figura 7 - Tipos de Radiación

Fuente: (Scheer, 2013)

Nota: Adaptado de Solar action, por Unknown, 2013, (<http://solaraction.blogspot.com/2013/04/calculo-instalacion-fotovoltaica.html>).

1.3.5.1.1. Hora pico solar (H.S.P.)

Las horas pico solar o también conocida como horas efectivas de sol es una unidad que mide las horas diarias ideales de irradiación solar, nos ayudara a conocer la energía disponible para el proceso cálculo de una instalación fotovoltaica. La irradiación hipotética es de 1000 W/m^2 o de 1 kW/m^2 .

En la **Figura 8** nos muestra la irradiación durante un día.

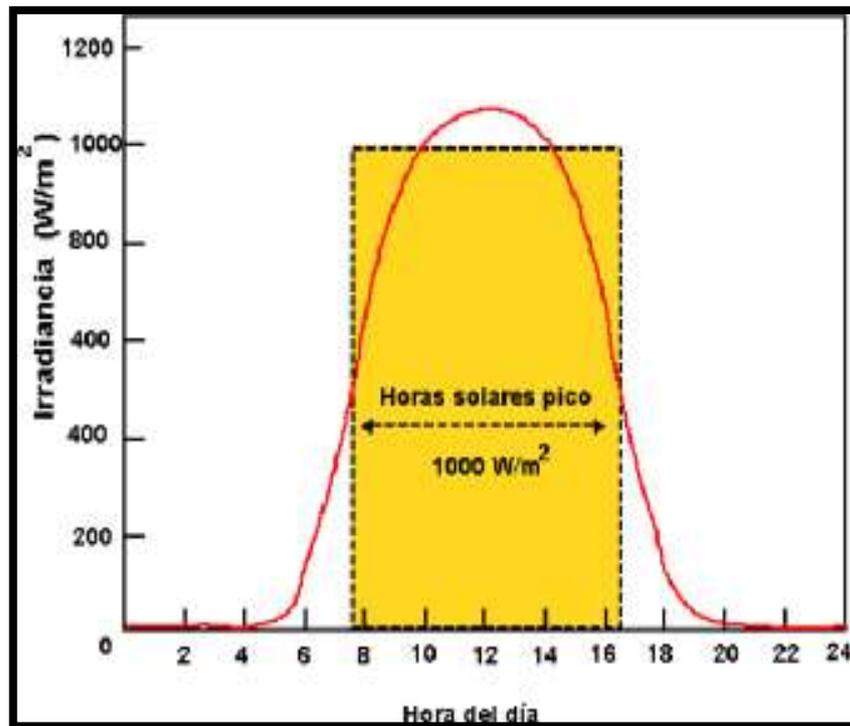


Figura 8 - Irradiación de un Día Soleado

Fuente: (Pérez & Morales, 2017)

1.3.5.2. Sistema solar Fotovoltaico (paneles solares, regulador batería, alternador)

Un sistema fotovoltaico es un grupo de componentes que nos permiten transformar la energía solar a energía eléctrica, cuyo proceso se le conoce como efecto fotovoltaico. La energía fotovoltaica obtenida es almacenada para aprovecharlo según su requerimiento energético.

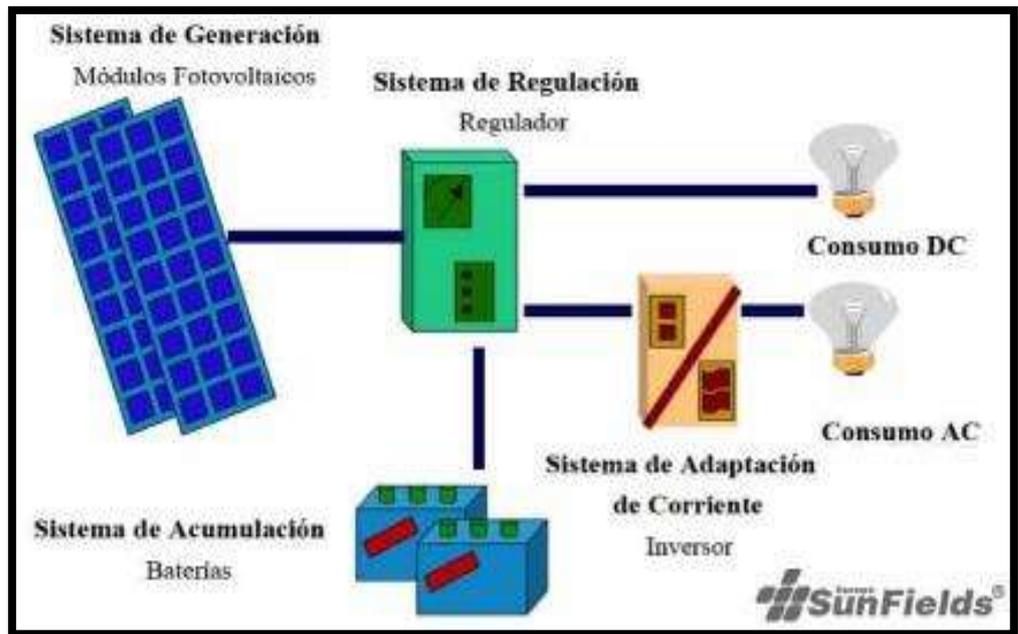


Figura 9 - Componentes de un Sistema Solar

Fuente: (Alonso, 2021)

1.3.5.2.1. Panel solar

El panel solar es el encargado de transformar la energía de la radiación solar a energía eléctrica, la composición estructural del panel está compuesta por pequeñas células fotovoltaicas. La generación de electricidad se debe al efecto fotovoltaico que se provoca a partir de la energía solar, generando cargas positivas y negativas.

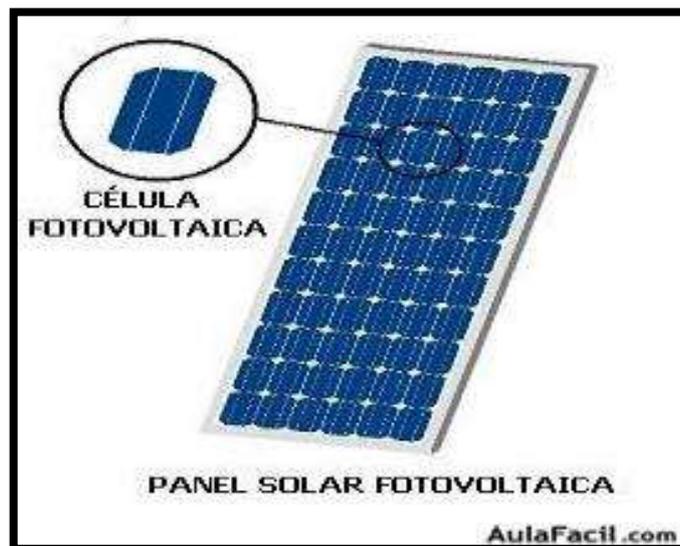


Figura 10 - Celdas-células y panel fotovoltaico.

Fuente: (Gómez, 2021)

Tipos de Paneles solares

- Panel Solar Monocristalino

El panel está compuesto por una estructura cristalina uniforme ordenada, obtenida a partir del silicio puro fundido la cual, mezclado con el boro para la obtención de mejores propiedades eléctricas, su célula de Silicio Monocristalino presenta una eficiencia de generación que están entre 15 – 18 % y su color determinado es el azul oscuro y metálico.

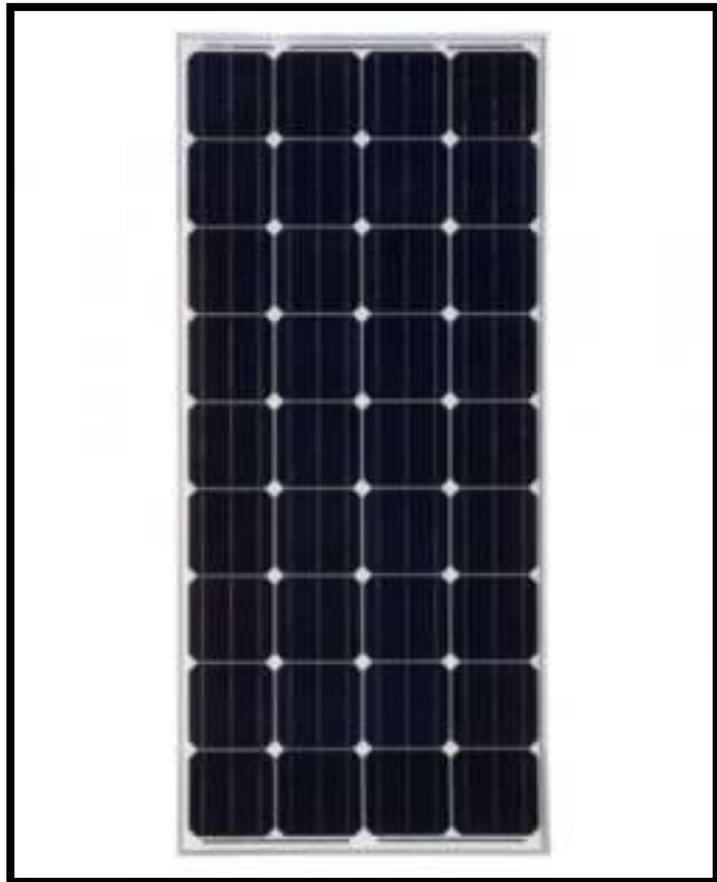


Figura 11 - Panel solar monocristalino

Fuente: (Auto solar, 2020)

- Panel Solar Policristalino

Está formado por células de Silicio Polocristalino que su fabricación es igual a la célula de Silicio Monocristalino con la diferencia que la Polocristalino tiene menos fases de cristalización y es de forma

rectangular con una eficiencia de generación de 12 – 14 %, su estructura es de forma ordenada y presenta una tonalidad de azul y gris metálico.

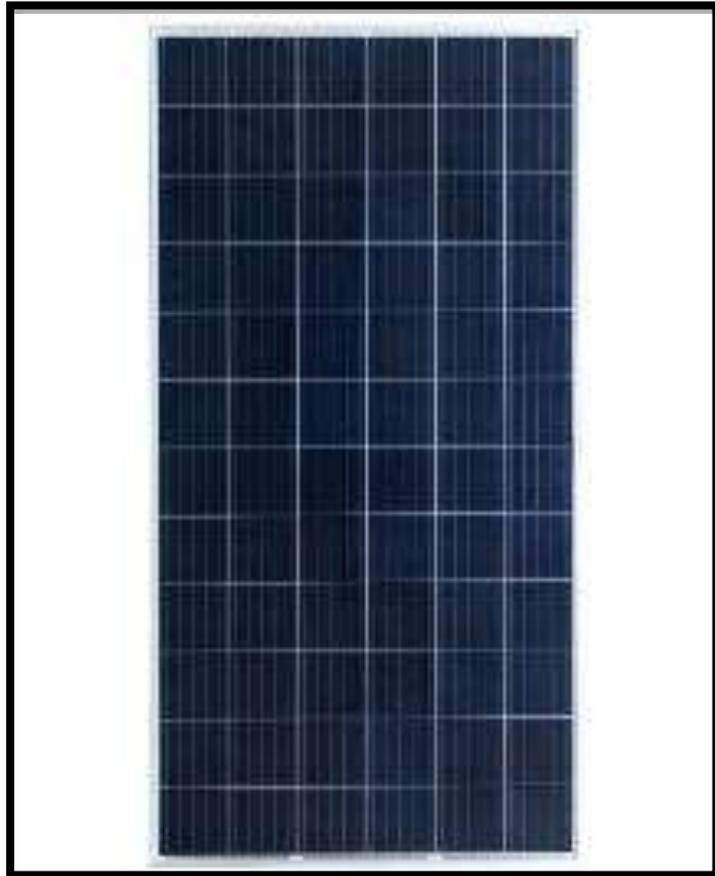


Figura 12 - Panel solar policristalino

Fuente: (Auto solar, 2020)

- Panel Solar Amorfo
Se caracteriza por sus defectos, la célula de silicio amorfo no cuenta con estructura cristalina, el rendimiento y la potencia disminuye con respecto al tiempo, su eficiencia de generación esta entre 6 – 9 %.



Figura 13 - Panel solar amorfo

Fuente:(Material fotovoltaico, 2019)

1.3.5.2.2. Regulador de carga

Para el perfecto funcionamiento del sistema fotovoltaico es de fundamental importancia instalar un regulador de carga, este componente asegura de forma eficiente la vida útil de las baterías, tiene rol de controlar la carga y descarga de las baterías, protegiéndolos de la sobrecarga y sobre descargas las cuales generarían un daño en el sistema.



Figura 14 - Regulador de carga.

Fuente:(Noticias de la ciencia, 2016)

1.3.5.2.3. Batería

La batería o acumulador eléctrico, es un dispositivo que almacena energía eléctrica para luego la descargarla, esto es gracias a las celtas electroquímicas que por sus reacciones químicas permitirán obtener energía eléctrica, estas poseen polo positivo y un polo negativo que permiten que la corriente circule fuera de la batería alimentando un sistema eléctrico asignado. En la actualidad existen distintitos tipos de batería de los cuales dependerán según su uso de los cuales tendrán ventajas y desventajas.

Tipos de baterías:

Baterías de Plomo-acido

Esta batería se encuentra formada por dos placas de plomo colocadas en paralelo alternadas en su polaridad y se encuentran sumergidas en electrolito de ácido sulfúrico, la ventaja de esta batería es el costo de fabricación resultando ser económico por lo que su precio de venta es bajo, la desventaja de es que no admiten sobrecargas ni descargas profundas y esto provoca que su vida útil ser reduzca, tiene un volumen y peso excesivo por su composición de elementos altamente tóxicos. Esta batería cuenta con variantes como:

- Baterías de Plomo-acido abiertas

Esta variante es un modelo básico, debe mantener de forma horizontal para su funcionamiento y de forma habitual debe agregarse agua destilada por los tapones para su correcto funcionamiento, emite gases como oxigeno e

hidrogeno que son explosivos por lo que se recomienda usarlo en lugares abiertos.

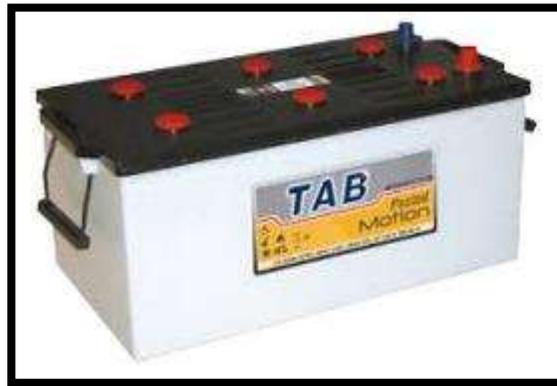


Figura 15 - Baterías de Plomo-acido abiertas

Fuente:(Suministros del sol, 2020)

- Baterías de Plomo-acido selladas AGM (Esteras de vidrio absorbente)

Estas baterías cuentan con una fibra de vidrio en forma de malla situada en medio de las placas de plomo, estas absorben el electrolito de ácido sulfúrico, tiene la característica de no producir gases y no se le puede hacer algún mantenimiento, se puede emplear en zonas cerradas.



Figura 16 - Baterías de Plomo-acido selladas AGM.

Fuente:(Best car audio, 2016)

- Baterías de Plomo-acido selladas de Gel

En esta batería tiene la característica de que el electrolito es viscoso por el dióxido de silicio en polvo agregado, no emite gases, el posicionamiento de la batería no afectara su funcionamiento y sea horizontal

o vertical, está completamente sellado por lo que no se le podría realizar algún mantenimiento.



Figura 17 -Baterías de Plomo-acido selladas de Gel.

Fuente:(Duravolt, 2011)

Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd)

La batería está formada por un electrodo positivo de hidróxido de níquel y el electrodo negativo de Cadmio, se encuentra sumergido en hidróxido de potasio el cumple su función como electrolito, tiene la ventaja es funcionar de forma eficiente en amplios rangos de temperatura y también pueden sobrecargarse sin afectar su funcionamiento, las desventajas es su alto costo de producción lo que significaría alto costo de venta, y la alta toxicidad del cadmio.



Figura 18 - Baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd)

Fuente:(Emeisa, 2021)

Baterías de iones de litio (Li-ion)

Tiene la característica de utilizar un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina u óxido de manganeso, la invención de esta batería ha permitido facilitar el desarrollo de nuevas tecnologías portátiles. La ventaja de esta batería sus altos estándares de capacidad que no encuentran acorde a sus dimensiones, tiene la capacidad de poder cargarse sin haberse descargado antes y el factor de autodescarga es mínimo, en las desventajas no soporta de manera correcta los cambios bruscos de temperatura y sufren daño cuando se descargan completamente.



Figura 19 - Baterías de iones de litio (Li-ion)

Fuente:(Gonzales, 2013)

1.3.5.2.4. Inversor

El inversor de corriente transforma la corriente continua en corriente alterna, con una tensión de 220 V y una frecuencia de 60 Hz. Siendo un componente muy necesario para las instalaciones aisladas a la red, es usada en su mayoría en viviendas para controlar el voltaje de la corriente, ya que regula la corriente alterna hasta cumplir las especificaciones del aparato y luego la convierte en corriente continua para lograr un suministro de intensidad constante.



Figura 20 – Inversor

Fuente:(Renovables verdes, 2016)

1.3.6. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

1.3.6.1. Calculo de los módulos fotovoltaicos

1.3.6.1.1. Calculo de la energía real en corriente alterna

$$E = \frac{ET}{R}$$

E : Energía real en corriente alterna. ($kWh/día$)

ET : Energía diaria. ($kWh/día$)

R : Perdidas de energía captada.

1.3.6.1.2. Perdidas de energía captada

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \times \left(1 - \frac{(K_a)(N)}{Pd}\right)$$

R : Perdidas de energía captada

- K_b : Coeficiente de pérdidas en la batería, representa el margen de energía perdida con respecto a la acumulada.
0,05 en sistemas que no demanden descargas intensas.
0,1 en sistemas con descargas profundas.
- K_c : Coeficiente de pérdidas en el inversor, es el valor del rendimiento de un inversor suministrado por el fabricante.
- K_v : Coeficiente de otras perdidas, es el coeficiente que tiene en cuenta cualquier otra perdida no considera anteriormente. Agrupa otras perdidas como (rendimiento de red, efecto joule, etc.)
0,05 – 0,15 como valores de referencia.
- K_a : Coeficiente de autodescarga; es la fracción de energía que se pierde por la autodescarga de la batería.
- N : Números de días de autonomía de la instalación.
Son los días que la instalación deba operar bajo condiciones críticas.
- Pd : Profundidad de descarga diaria de la batería.
Esta profundidad de descarga no excederá el 80% (referida a la capacidad nominal del acumulador)

1.3.6.1.3. Cálculo del número de módulos

La cantidad de paneles se determinará, mediante la selección de un panel solar

$$N_{mód} = \frac{E}{P_{MP} \times HSP_{CRIT} \times PR}$$

$N_{mód}$: Número de módulos.

E : Energía total a distribuida. (Wh)

P_{MP} : Potencia de cada Módulo. (W)

HSP_{CRIT} : Hora pico solar critica. (h)

PR : Factor global de pérdidas. (0,9)

1.3.6.2. Cálculo del regulador de carga

1.3.6.2.1. Calculo Corriente de entrada

$$I_{entrada} = 1,25 \times I_{MOD.SC} \times N_P$$

$I_{entrada}$: Corriente de entrada. (A)

1,25 : Factor de seguridad para evitar daños ocasionados al Regulador

$I_{MOD.SC}$: Corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito (A)

N_P : Numero de paneles

1.3.6.2.2. Calculo Corriente de salida

$$I_{salida} = \frac{1,25 \left(P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}} \right)}{V_{BAT}}$$

I_{salida} : Corriente de salida. (A)

P_{DC} : Potencia total instalada en corriente continua. (W)

P_{AC} : Potencia total instalada en corriente alterna. (W)

η_{inv} : Eficiencia del Inversor.

V_{BAT} : Voltaje de la Batería. (V)

1.3.6.2.3. Numero de reguladores necesarios

$$N_{reg} = \frac{I_{Re}}{I_{MAX,e}}$$

N_{reg} : Numero de reguladores

I_{Re} : Intensidad máxima de regulado. (A)

$I_{MAX,e}$: Intensidad máxima de entrada del regulador. (A)

1.3.6.2.4. Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria

$$C_{nbat} = \frac{E}{V_{bat}} \times \frac{N}{PD_{máx,e}}$$

C_{nbat} : Capacidad nominal de la batería. (Ah)

E : Energía total a distribuida. (Wh)

N : Días de autonomía.

$PD_{máx,e}$: Profundidad de descarga máxima estacional. (0,7)

V_{bat} : Voltaje de la batería (V)

1.3.6.2.5. Numero de baterías

$$n_{bat} = \frac{C_{nbat}}{C_{bat.sec}}$$

n_{bat} : Numero de baterías

C_{nbat} : Capacidad nominal de la batería. (Ah)

$C_{bat.sec}$: Capacidad de la batería seleccionada. (Ah)

1.3.6.3. Selección del inversor

La potencia del inversor debe ser mayor a 1,2 veces de la potencia instalada de los paneles solares.

$$P_{inv} = 1,2 \times POTmax$$

P_{inv} : Potencia del inversor. (W)

$POTmax$: Potencia instalada máxima de los paneles solares. (W)

1.3.7. Energía Eólica

1.3.7.1. Velocidad de viento

La energía eólica es la cual se obtiene a partir del fuerte viento, donde se logra construir una fuente de energía inagotable, generada debido al grado del calentamiento que exista por los rayos solares y por la rotación coexistente de la tierra, donde en las zonas donde irradia más el sol, el aire tiende a dilatarse y asciende, llegando a formar bolsas de aire, pero en las zonas con menos radiación ocurre que el aire se concentra en bolsa sometidas a la presión. Estas diferencias de presiones causan que el aire se desplace desde la zona de presión mayor a la baja. Generando el equilibrio de las masas de aire en la atmosfera.

1.3.7.2. Unidad de medida

El estudio de la velocidad media del viento en la zona donde se va a instalar el parque eólico, nos sirve para saber si el recurso eólico del lugar es apto para dicha instalación. La medición se realiza por medio de un anemómetro, la unidad de medida es metros por segundo (m/s).



Figura 21 – Anemómetro

Fuente:(Pce instruments, 2017)

1.3.7.3. TIPOS DE AEROGENERADORES

Dentro del funcionamiento de los aerogeneradores se constituyen dos posiciones que son:

1.3.7.3.1. Eje vertical

Son aerogeneradores que no necesitan de mucho espacio para funcionar y son fáciles de instalar, su reparación suele realizarse de manera fácil puesto que se encuentra ubicado en el suelo, se adaptan a cualquier dirección del viento, dado que las palas son de ovaladas permitiendo que giren y así puedan producir electricidad. Su desventaja es su rendimiento bajo por la resistencia que las palas ofrecen al viento y a la poca altura que se encuentra el rotor; mientras que la velocidad del viento es a más altura, por ello es por lo que estos aerogeneradores han ido quedando atrás a comparación del de eje horizontal, además de clasificarse en:

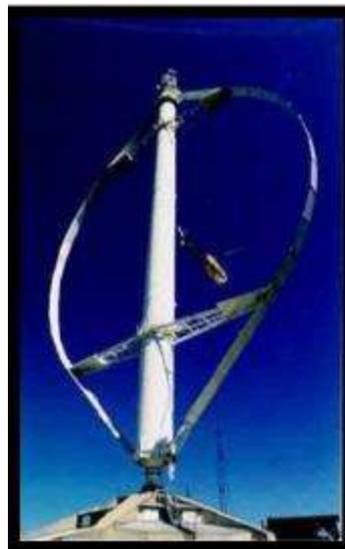


Figura 22 - Aerogenerador de eje vertical

Fuente:(Tosatado, s.f.)

- **Savonius:** Consiste de un cilindro hueco partido en dos mitades las cuales han sido convertidas en una S, en la parte con cavada de dicha formación es la que capta el viento, en cambio la parte reversa es la que presenta la menor resistencia al viento, pero la falla principal es la sobre presión al salir el aire causando una minoría en el rendimiento, para mejorarlo es conveniente separar las palas, dejando un espacio para mejorar el flujo de aire.

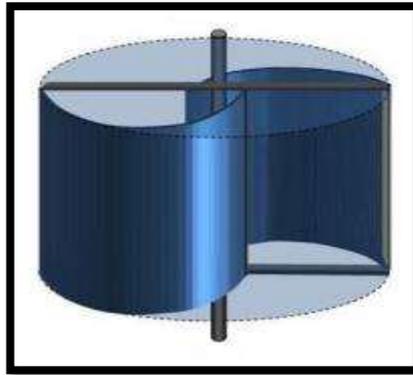


Figura 23 - Aerogenerador Savonius

Fuente:(Pulfer & Meza, 2017)

- **Darrieus:** Es un aerogenerador que se caracteriza por contar con una omnidireccional, permitiéndole ser instalado en cualquier terreno, sin la necesidad de levantar torres demasiado altas, además de poseer una forma similar a una cuerda que causa que los alerones de darrieus experimenten fuerza centrífuga.



Figura 24 - Aerogenerador Darrieus

Fuente:(Giraldo, 2008)

- **Darrieus tipo H o Giromill:** Aerogenerador que consiste en palas verticales, que cambian la orientación cuando se produce un giro del rotor, para así aprovechar la mayor fuerza del viento.



Figura 25 - Aerogenerador Darrieus tipo H o Giromill

Fuente:(Galián, 2016)

- **Prototipo Windside:** Su sistema es similar al rotor del savonius, pero no utiliza una estructura cilíndrica sino un perfil alabeado, teniendo como prioridad el aprovechamiento de lo aerodinámico las cuales lo acercarían aún más al eje horizontal, pero es su costo es poco accesible.



Figura 26 - Aerogenerador Windside

Fuente:(Macias & Sanchis 2017)

1.3.7.3.2. Eje horizontal:

A diferencia del eje vertical este aprovecha mucho más el viento, Pues que el eje está situado a lo alto siendo muy superior a los otros, pues sus turbinas eólicas son las más modernas y de mejor rendimiento y calidad, siendo de uso eficaz, pero la desventaja es que sus aspas no suelen soportar estándares de velocidad más grandes y su precio es muy elevado.

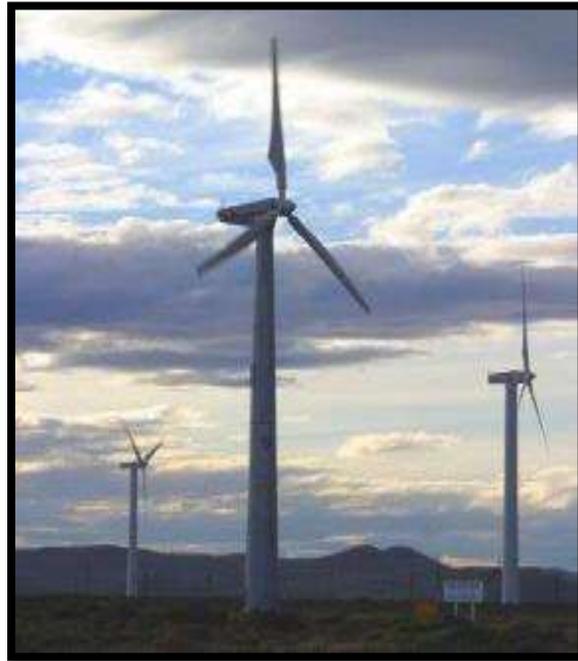


Figura 27 - Aerogenerador Eje Horizontal

Fuente:(Energiaeolica, 2017)

Por la posición del equipo respecto al viento. Suelen clasificar en:

- **A barlovento:** Son diseños que evitan pérdidas por fricción de viento, para ser aprovechado en un flujo que sea laminar, evitando que el prototipo rotor se interponga con la dirección de viento. Además, que las palas son las que generan el flujo de corriente para su funcionamiento, por lo que el rotor tiene que estar ubicado por donde el viento es muy más fuerte. Pero lo que recurrente en este diseño es que tiene que estar acompañado de un mecanismo de orientación, como desventaja es que necesita mecanismos de orientación.



Figura 28 - Aerogenerador Eje Horizontal a Barlovento

Fuente:(Barlometro, 2013)

- **A sotavento:** Posee una góndola en frente la que cual funciona como mecanismo para direccionarse, pero es poco confiable debido a su peso. Creando turbulencia en el viento antes de haber hecho contacto con las aspas, causando que no se aproveche debidamente la energía.

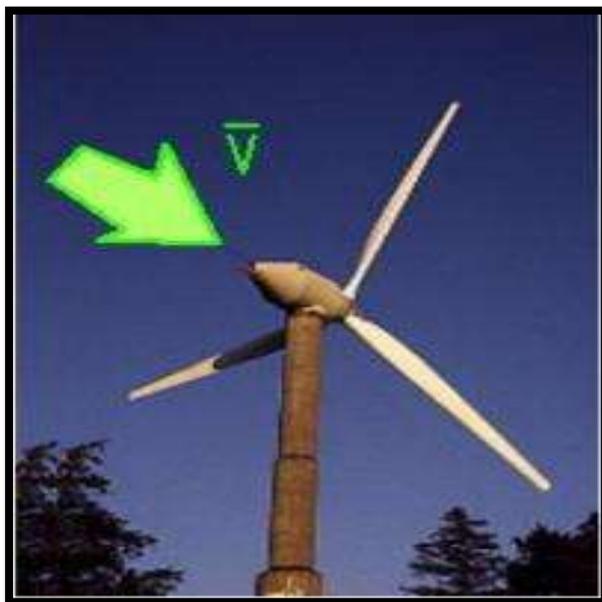


Figura 29 - Aerogenerador Eje Horizontal a Sotavento

Fuente:(Chachapoya, 2011)

- **Una Pala:** Su estructura es conformada por un aspa, precisando un contrapeso equilibrando, por ello la velocidad es mucho mayor, pero como desventaja es que se tienen que introducir en el eje unos esfuerzos variables, ocasionando la corta durabilidad del sistema.



Figura 30 - Aerogenerador Eje Horizontal a una Pala

Fuente: (Mantenimiento de aerogeneradores, 2017)

- **Dos palas:** Es un sistema de una pala, pero sus dificultades son la velocidad de giro para seguir el ritmo de la salida.



Figura 31 - Aerogenerador Eje Horizontal a dos Palas

Fuente: (Mantenimiento de aerogeneradores, 2017)

- **Tres palas:** posee corriente arriba (rotor a barlovento), para la cual se utilizan motores eléctricos (en aerogeneradores de alta potencia). Son de buena eficiencia y estabilidad.



Figura 32 - Aerogenerador Eje Horizontal a tres Palas

Fuente: (Mantenimiento de aerogeneradores, 2017)

- **Multipalas:** Este diseño cuenta con varias palas o multipalas, se utilizó en la extracción de agua de pozo, pero su inconveniente es que posee muchas palas creando flujos de viento, haciendo que no todas las palas sean productivas.



Figura 33 - Aerogenerador Eje Horizontal Múltipalas

Fuente:(Macias & Sanchis 2017)

1.3.7.4. Componentes del aerogenerador

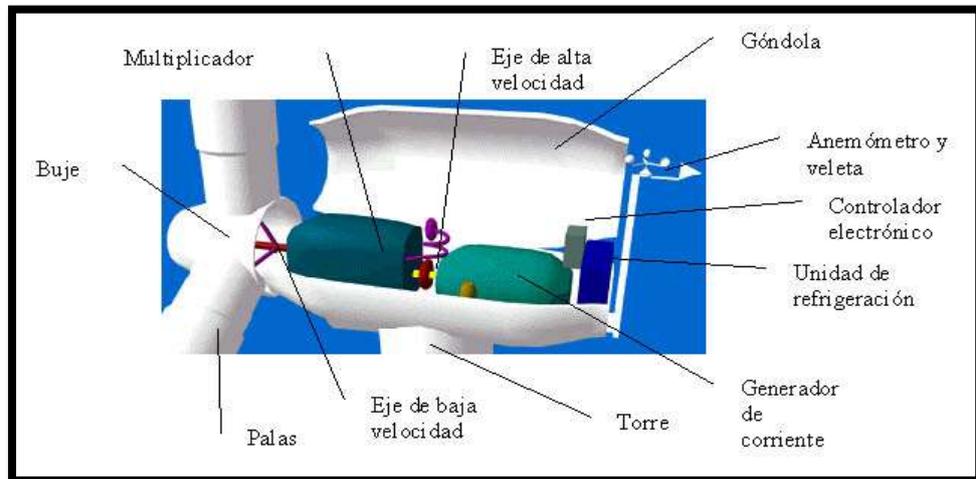


Figura 34 - Componentes del Aerogenerador

Fuente:(Centraleolica, 2017)

Góndola: Se encuentra agrupados los componentes de la energía eléctrica como el multiplicador, el generador, los sistemas de enfriamiento, orientación, freno y control.

Palas del rotor: Son aspas que capturan el viento y transmiten su potencia al buje, lo hacen sobre la base de velocidad que tenga el viento, que se obtiene de la turbulencia creada por el viento.

Buje: Encargado de comunicar a la barra de velocidad que llevan la potencia y las revoluciones proporcionadas por la pala, las cuales se acoplan al eje de baja velocidad.

Eje de baja velocidad: La potencia encontrada en el buje es llevada a la caja, así mismo el eje contiene conductos del sistema hidráulico.

Multiplicador: Se genera entre el rotor eólico y el generador a través de la caja multiplicadora, a la derecha se encarga que gire más rápido debido a la velocidad, mientras que a la izquierda se reduce o baja la velocidad, encargando de la conversión de potencia.

Eje de alta velocidad: Pasa por la caja multiplicadora, teniendo en cuenta los frenos por si el viento sea mayor a la velocidad permitida.

Freno mecánico: Es utilizado, en las velocidades mayores a la resistencia del equipo, además del mantenimiento a dichos sistemas.

Generador eléctrico: Es conocido como inducción o generador asíncrono. Con el que se generara las revoluciones generando así la energía eléctrica.

Mecanismo de orientación: Funciona atreves del control electrónico, siendo un mecanismo que atreves de un motor genera una corriente constante, la cual estará conectada por la corona dentada quien esta ubica en lo alto de la base del aerogenerador, aprovechando el flujo del viento.

Unidad de refrigeración: Está equipado por un ventilador eléctrico y una unidad refringente por aceite que se utiliza para mantener a temperatura al generador eléctrico.

Anemómetro y veleta: Calculan la velocidad y la dirección del viento, enviando información al controlador eléctrico quien procesa la señal adecuadamente.

Torre: Existen la tensadas, tubulares y de celosía, pero las más utilizada son las torres tubulares por seguridad y por contar con ascensor. (aerogeneradores de alta potencia).

- Torre Tubular. Están constituidas con troncocónicas con un diámetro creciente derivada hacia la base, para ahorrar material y aumentar su resistencia.
- Torre de mástil tensado. Tiene como prioridad su peso, llegando ser menos costosos, pero esas mismas ocasionan que el acceso a la torre sea difícil, las cuales no serían recomendable para zonas agrícolas.
- Torre de celosía. Su estructura es de acero soldado, siendo básica porque requiere menos materiales que una toree tubular, sin tener en cuenta la rigidez de dicha, logrando que su apariencia visual no sea la deseada.
- Torres híbridas. Es una combinación de torres ya antes mencionados, obteniendo resultados eficaces para su implementación en infraestructuras eléctricas.

Pararrayos: Sirve para preservar los efectos del rayo y su estructura es de barra metálica con un acabo en punta que se unen

entre si y con la tierra, que se coloca sobre la góndola del aerogenerador.

El transformador: Convierte los altos voltajes a nivel reducidos para ser utilizados dependiendo a los niveles requeridos.

Rotor: Incluye componentes en el buje y las palas, las cuales sujetan el buje que une a las palas para su funcionamiento.

1.3.8. Dimensionamiento del sistema eólico

1.3.8.1. Ley Exponencial de Hellmann

Esta ley permite obtener la velocidad del viento desconocida a distintas alturas.

$$V(h) = V_{ref} * \left(\frac{h}{h_{ref}}\right)^\alpha$$

V(h): Velocidad promedio del viento no conocida a una altura. (m/s)

Vref: Velocidad promedio del viento conocida a una altura. (m/s)

h: Altura a la que se desea conocer. (m)

href: Altura a la que se midió la Vref.

α: Coeficiente de rugosidad. **Tabla 4**

En la **Tabla 4**, se muestra los diferentes tipos de coeficiente de rugosidad para cada terreno

Tabla 4

Coeficiente de Rugosidad.

Tipo de terreno	Coeficiente de Rugosidad
Lugares llanos con hielo o hierba	0,08 – 0,12
Lugares llanos (mar, costa)	0,14
Terrenos poco accidentados	0,13 – 0,16
Zona rustica	0,2
Terrenos accidentados	0,2 – 0,26
Terrenos muy accidentados y ciudades	0,25 – 0,24

Nota: Tomado de Rojas (2012, p. 28)

1.3.8.1. Cálculo de potencia eólica

La potencia eólica se basa en energía cinética de una masa de aire a una velocidad determinada que atraviesa una sección.

$$P_{eolic} = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

Donde:

P_{eolic} : Potencia eólica (W)

ρ : Densidad del viento. (kg/m^3)

A : Área de palas. (m^2)

V : Velocidad del viento. (m/s)

1.3.8.2. Cálculo de la potencia mecánica del rotor

$$P_{mec.rotor} = C_p \times P_{eolic}$$

Donde:

$P_{mec.rotor}$: Potencia mecánica del rotor (W)

C_p : Coeficiente de potencia (0,59 para generación eléctrica corresponde al límite de Betz)

P_{eolic} : Potencia eólica (W)

1.3.8.3. Cálculo de la potencia mecánica del rotor

$$P_{elec} = P_{mec.rotor} \times R_{sm}$$

P_{elec} : Potencia eléctrica (W)

$P_{mec.rotor}$: Potencia mecánica del rotor (W)

R_{sm} : Rendimiento del sistema mecánico (0.95)

1.3.8.4. Cálculo de la Energía del aerogenerador

Energía producida Diaria

$$E_A = P_{elec} \times H_t \times R_{se}$$

E_A : Energía del aerogenerador (Wh)

P_{elec} : Potencia eléctrica (W)

H_t : Horas de trabajo (h)

R_{se} : Rendimiento del sistema eléctrico (0,95)

1.3.9. Evaluación económica

La Evaluación Económica se basa en determinar la rentabilidad de un proyecto, teniendo como puntos base el beneficio y el costo generado, en otras palabras, verifica si el proyecto se justifica, utiliza indicadores para la medición de la rentabilidad económica.

1.3.9.1. Valor Actual Neto (VAN)

Este indicador financiero mide la rentabilidad de los proyectos de inversión a largo plazo (flujos de caja futuros,) teniendo como objetivo analizar las ganancias o pérdidas.

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

I_n : Inversión

F_t : Flujo de caja en cada periodo de tiempo t (Ingreso – Egresos)

n : Número de periodos de tiempo

k : Tasa de interés o descuento exigida a la inversión

Interpretación de resultados:

- $VAN > 0$, significa que la inversión produciría ganancias, por tal motivo el proyecto puede aceptarse.
- $VAN < 0$, significa que la inversión produciría pérdidas, por tal motivo el proyecto debería rechazarse.
- $VAN = 0$, significa que la inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas, quiere decir que en el caso se aceptase se tendrían en cuantos otros criterios.

1.3.9.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno económica es la tasa promedio de rentabilidad de un proyecto. Fórmula para hallar TIR(k).

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

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

I_n : Inversión

F_t : Flujo de caja en cada periodo de tiempo t (Ingreso – Egresos)

n : Número de periodos de tiempo

Interpretación de resultados:

- Si k (TIR) es mayor a tasa de interés o descuento, significa que la inversión es aconsejable.
- Si k (TIR) es mayor a tasa de interés o descuento, significa que la inversión debe rechazarse.
- Si k (TIR) es igual a tasa de interés o descuento, significa que la inversión puede ser aconsejable o no.

1.4. Formulación del Problema

¿Es factible técnica y económicamente utilizar energías renovables como la solar y la eólica para abastecer un sistema de sistema riego tecnificado en el caserío de Collique Bajo en el distrito de Zaña?

1.5. Justificación e importancia del estudio

1.5.1. Justificación Social

Esta investigación busca transmitir conocimientos y dar a conocer de las fuentes de recursos renovables para la generación de energía para el beneficio de los pequeños agricultores, se busca dar un impacto positivo en la población que se dedican a este rubro.

1.5.2. Justificación Técnico

El diseño del sistema de generación utilizando energías renovables como la fotovoltaica que utiliza la radiación solar o la eólica que utiliza las ráfagas de viento como fuente para abastecer un riego tecnificado, esto contribuirán para analizar cuál de las dos fuentes cubre las necesidades energéticas.

1.5.3. Justificación Económico

Los pobladores tendrán un significativo ahorro de dinero, porque ya no tendrán que comprar combustible, sino emplearan un recurso renovable gratis que no contribuirá a con gastos como es la energía solar y la energía eólica.

1.5.4. Justificación Ambiental

La concertación de este proyecto contribuirá a la disminución de gases contaminantes nocivos para el medio ambiente generados por combustibles fósiles, se desea incentivar su construcción o estudios de forma colectiva en beneficio al medio ambiente.

1.6. Objetivos

Analizar la comparación técnica económica de utilizar la energía renovable como la solar y eólica para satisfacer el abastecimiento de riego tecnificado en el caserío Collique Bajo, distrito de Zaña.

1.6.1. Objetivos específicos

- Determinar la potencia y el requerimiento energético para abastecer al riego tecnificado en el caserío Collique Bajo.
- Determinar la radiación solar y el potencial eólico en el Caserío Collique Bajo.
- Calcular y seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico y eólico.
- Realizar la evaluación económica de ambos sistemas de generación eléctrica.

1.7. Limitaciones

Las limitaciones que presenta este proyecto de investigación realizado en caserío Collique Bajo distrito de Zaña provincia de Chiclayo Departamento de Lambayeque.

- La recolección mediciones de radiación solar y velocidad del viento han sido recopiladas en la página web SENAMHI, resultan ser no muy exactas por la univocación de la estación meteorológica por lo que se produciría un margen de error.
- Al no contar con los instrumentos para realizar las mediciones de radiación solar y velocidad del viento, por sus elevados costos, esta investigación se verá limitada en recolección de datos de exactos.

CAPITULO II

MÉTODOS

II. MÉTODOS

2.1. Tipos y diseño de investigación

2.1.1. Tipo

Este proyecto de investigación es de tipo cuantitativo, se realizará recopilación de datos para la realización de una comparativa Técnica y económica de las energías de fuente de energía solar y eólica, de los cuales se analizará los resultados.

2.1.2. Diseño

Pre-experimental, porque se emplearán los resultados del análisis Tecnológico de las energías renovables, para evaluación de su viabilidad, pretende la contribución información para futuros proyectos.

2.2. Población y muestra

La población y muestra a estudiar de esta investigación son los 4 agricultores beneficiarios del sistema riego tecnificado ubicado en caserío de Collique Bajo distrito de Zaña provincia de Chiclayo Departamento de Lambayeque.

2.3. Variables, Operacionalización

Tabla 5

Variable Dependiente

Variable	Dimensiones	Indicaciones	Ítem	Técnicas de recolección de datos	Instrumento de recolección de datos
Sistema de riego tecnificado	Análisis y cálculo de estudio	Caudal	l/s	Observación y análisis de documentos	Registro electrónico y guía de observación
		Potencia	W		
		Demanda de energía	kW.h		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6*Variable Independiente*

Variable	Dimensiones	Indicaciones	Ítem	Técnicas de recolección de datos	Instrumento de recolección de datos
Análisis técnico económico comparativo entre una minicentral fotovoltaica y eólica.	Análisis y cálculo del sistema fotovoltaico	Energía distribuida	kW.h	Observación y análisis de documentos	Registro electrónico y guía de observación
		Regulador de carga	A		
		Baterías Inversor	Ah W		
	Análisis y cálculo del sistema eólico	Potencia eólica	kW		
	Análisis económico	VAN TIR			

Fuente: Elaboración Propia

2.4. Técnicas e instrumentación de recolección de datos**2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas empleadas en la investigación tienen la finalidad de obtener información necesaria.

- **Observación**

Se empleó la técnica de la observación para el registro de datos del sistema de riego tecnificado para el desarrollo de los objetivos que se plantea la investigación.

- **Entrevista**

Esta técnica se aplicará a los agricultores beneficiarios del sistema de riego tecnificado, para la comprensión de los beneficios y dificultades que ha tenido este sistema en el sector agrícola.

- **Análisis de documentos**

La técnica permitirá obtener información de tesis, libros, informes, catálogos y revistas científicas.

2.4.2. Instrumentación de recolección de datos

- **Ficha de observación**

Se realizará un listado de toma datos relevantes para el desarrollo de la investigación.

- **Ficha de entrevista**

La hoja constara de preguntas

- **Ficha análisis de documentos**

Esta ficha nos ayudara a registrar información de documentos.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

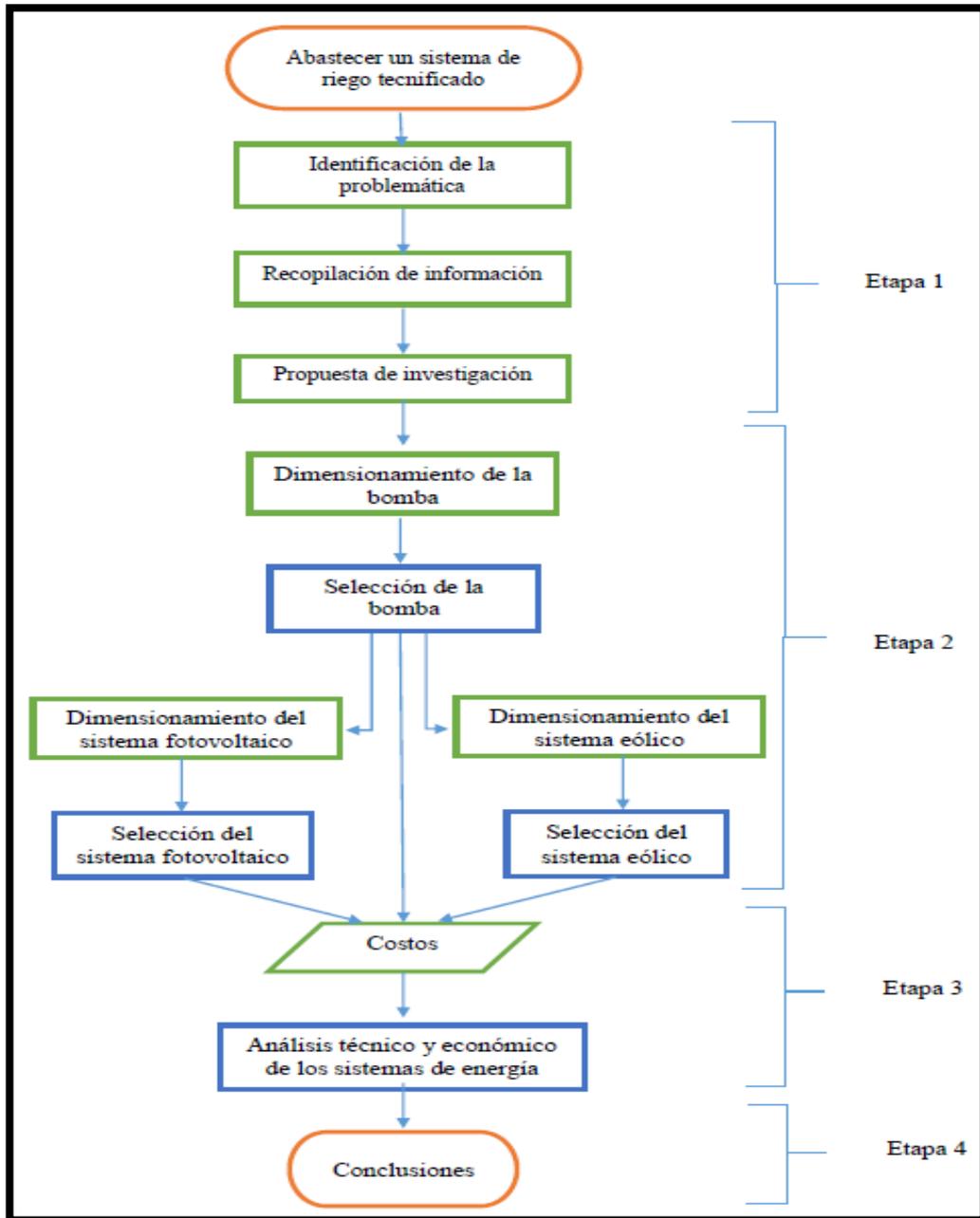


Figura 1 - Diagrama de flujo.

Fuente: (Elaboración propia)

Etapa 1: En esta etapa se identificará la problemática del caserío, luego se recopilará información mediante entrevistas, se buscará más información relacionada tema para la búsqueda de soluciones, se plateará Propuestas para la investigación.

Etapa 2: Se realizará el dimensionamiento y selección del sistema de bombeo de agua, y el dimensionamiento y selección de los sistemas fotovoltaico y eólico.

Etapa 3: Una vez seleccionado los componentes de los sistemas se realizará se una toma de costos, luego se realizará un análisis técnico y económico de los sistemas de energía renovable.

Etapa 4: En este punto se realizará las conclusiones de la investigación.

2.6. Criterios éticos

Se asumirá criterios éticos estipulados por el colegio de ingenieros del Perú (CIP) y la Universidad Señor de Sipán presentados a continuación:

Código de ética del colegio de ingenieros del Perú (CIP)

Art. 4 – Los ingenieros tomarán como prioridad el bienestar y la seguridad del público en general, además del desarrollo estructural y tecnológico del país, los cuales serán según juicio y decisión, acompañados de la maquinaria correspondientes a cada proyecto.

Art. 12 – Los ingenieros podrán expresar sus opiniones correspondientes cuando sea juicio de análisis o tengan conocimientos de tales hechos.

Código de ética de investigación de la Universidad Señor de Sipán (USS).

Art. 1 – Finalidad: Se protegerá la intimidad y el bienestar de dichos participantes en la investigación, siguiendo el juicio de confidencialidad correspondiente.

Art. 2 – Objetivo: Se definirán y estructurarán las actividades de investigación, detallas y explicadas por las docentes y autoridades de la USS.

Art. 3 – Alcance: Sera obligatorio cumplir con la investigación puesto que está estipulado dentro del desarrollo educativo para concretar con el proceso que indica la Universidad Señor de Sipán.

2.7. Criterios de rigor científico

El rigor científico es parte del desarrollo de la investigación por que esta rige criterios a desarrollar tales como:

Validez, o conocida también como credibilidad la cual implica que el estudio sea creíble, tras argumentaciones de diferentes reseñas teóricas, que muestren la confiabilidad por medio de resultados que dan referencia aún más a lo estipulados verificando que la investigación es concisa y relevante.

Confiabilidad, se procede a la garantía de lo investigado, probando que los datos expuestos sean reales y que el desarrollo plasmado no ha sido manipulado ni mucho menos extraído de otros contextos sin haber sido citados.

Replicabilidad

Hace referencia a la necesidad de duplicidad de un estudio, planteando diferentes estrategias, situaciones o población distinta, para poder determinar la confiabilidad y originalidad del estudio realizado.

CAPITULO III

RESULTADOS

III. RESULTADOS

3.1. Resultados en tablas y figuras

3.1.1. Potencia y el requerimiento energético para abastecer al riego tecnificado.

Potencia

Tabla 7

Potencia Requerida

Terreno	Q(l/s)	TDH(m)
1	5,02	44,39
2	3,48	16,84
3	2,94	11,69
4	2,48	11,82

Fuente: Elaboración Propia

Nota. En la Tabla podemos observar el caudal y el TDH calculado para cada zona, siendo el Terreno 1 el de mayor margen con un caudal de 5,02 l/s y TDH de 44,39 m, se observa que para seleccionar la bomba se debe cumplir con estos estándares mínimos. Por los que para cumplir con la demanda hídrica se seleccionó la electrobomba de la marca Hidrostal modelo 40-125 de 10 Hp. **Anexo 5.**

Requerimiento energético

Tabla 8

Energía Requerida

Terreno	Días						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	6			6			6
2	4		4		4		4
3		3			3		
4	4	4	4	4	4	4	4
Total, de horas	14	7	8	10	11	4	14

Potencia = 7,46 kW							
Máxima							
demanda	104,44	52,22	59,68	74,6	82,06	29,84	104,44
(kWh)							

Fuente: Elaboración Propia

Nota. En la Tabla observamos que la mayor demanda de energía en un día es de 104,44 kWh.

3.1.2. Radiación solar y el potencial eólico.

Radiación solar

Tabla 9

Radiación Solar

Mes	Radiación (kWh/m ² /dia)
Enero	5,22
Febrero	5,41
Marzo	4,97
Abril	4,78
Mayo	4,86
Junio	4,94
Julio	4,57
Agosto	5,03
Septiembre	5,79
Octubre	6,32
Noviembre	6,48
Diciembre	5,71

Fuente: Senamhi

Nota. La radiación solar se obtuvo de la página de Senamhi, datos de la estación meteorológica de Sipán, desde inicios y fin del año 2020, se analiza que el mes con menor radiación es Julio con 4,57 kWh/m²/dia y el mayor es Noviembre con 6,48 kWh/m²/dia.

Potencial eólico

Tabla 10

Potencia Eólica

Mes	Velocidad (m/s)
Enero	5,32
Febrero	5,16
Marzo	5,10
Abril	6,28
Mayo	7,36
Junio	7,67
Julio	7,81
Agosto	7,89
Septiembre	7,93
Octubre	6,69
Noviembre	6,50
Diciembre	5,38

Fuente: Senamhi

Nota. El potencial eólico se obtuvo de la página de Senamhi, datos de la estación meteorológica de Sipán, desde inicios y fin del año 2020 a una altura de 10 metros, se analiza que el mes con menor velocidad del viento es Marzo con 5,10 m/s y el mayor es Septiembre con 7,93 m/s.

3.1.3. Cálculo y selección de s del sistema fotovoltaico y eólico

Sistema fotovoltaico

Tabla 11

Cálculo y Selección del Sistema Fotovoltaico

Resultados calculados	
Numero de módulos fotovoltaicos	64
Numero de reguladores	4
Numero de baterías	21

Potencia del inversor

8 952 w

Fuente: Elaboración Propia

Nota. Los resultados obtenidos **Anexo 6**, en conjunto con la selección de componentes, por lo que se seleccionó un panel solar monocristalino de la marca ERA modelo 400W, con una potencia de 400 Wp y voltaje de 48 V, un regulador de la marca SRNE modelo SR-MC48100N25, con un amperaje de 100 A y voltaje de 48 V, batería de la marca SRNE modelo UZS600-6, con una capacidad de 600 Ah y voltaje de 48 V, un inversor de la marca MUST, modelo PH30-9048-T con una potencia de 9 000 W y voltaje de 48 V.

Sistema eólico

Tabla 12

Calculo y Selección del Sistema Eólico

Resultados	
Numero de aerogeneradores	3
Numero de reguladores	1
Numero de baterías	14
Potencia del inversor	8 952

Fuente: Elaboración Propia

Nota. Los resultados obtenidos **Anexo 7**, en conjunto con la selección de componentes, por lo que se seleccionó un aerogenerador de 20 kW de la marca Hengfenf modelo HF10.0-20KW, un regulador de la marca SRNE modelo SR-MC48100N25, con un amperaje de 100 A y voltaje de 48 V, batería de la marca SRNE modelo UZS600-6, con una capacidad de 600 Ah y voltaje de 48 V, un inversor de la marca MUST, modelo PH30-9048-T, con una potencia de 9 000 W y voltaje de 48 V.

3.1.4. Evaluación económica de ambos sistemas de generación eléctrica

3.1.4.1. Evaluación económica del sistema diésel

Tabla 13

Gastos de combustible del sistema diésel

Terreno	RIEGO POR SEMANA	HORAS DE RIEGO	GALONES UTILIZADO POR HORA	TOTAL
1	3	6	1	9
2	3	4	1	6
3	3	3	1	4.5
4	7	4	1	14
TOTAL DE GALONES UTILIZADOS A LA SEMANA				33,5
PRESIO DEL GALON DE DIESEL (S/.)			19,99	
TOTAL DEL BUSTIBLE SEMANAL (S/.)				669,6
TOTAL DEL BUSTIBLE MENSUAL (S/.)				2 678,6
TOTAL DEL BUSTIBLE ANUAL (S/.)				32143,9

Fuente: Elaboración Propia

Nota. El total semanal del Diesel se consideró el precio del combustible actual, por motivo de que el precio está en constante aumento.

Tabla 14

Gastos de transporte de combustible

Terreno	RIEGO POR SEMANA	TRANSPORTE S/.	TOTAL
1	3	10	30
2	3	10	30
3	3	10	30
4	7	10	70
TOTAL DE TRANSPORTE SEMANAL (S/.)			160
TOTAL DE TRANSPORTE MENSUAL (S/.)			640
TOTAL DE TRANSPORTE ANUAL (S/.)			7680

Fuente: Elaboración Propia

Nota. El total del transporte semanal se consideró su precio actual del pasaje.

Tabla 15

Gastos de mantenimiento del sistema diésel

DESCRIPCION	COSTO (S/.)
COSTOS DE MATENIMIENTO	3000
CAMBIO DE ACEITE	550
CAMBIO DE FILTRO DE ACEITE	360
COSTO REPARACION	2 000
TOTAL DE MATENIMIENTOS ANUAL (S/.)	5910

Fuente: Elaboración Propia

Nota. El total del mantenimiento anual se consideró un aproximado en costos de filtros y cambios de aceite, en los costos de reparación puede variar por temas de fallas imprevistas.

Tabla 16

Gastos totales del sistema diésel

DESCRIPCION	TOTAL
TOTAL DEL BUSTIBLE ANUAL (S/.)	32 143,9
TOTAL DE TRANSPORTE ANUAL (S/.)	7 680
TOTAL DE MATENIMIENTOS ANUAL (S/.)	5 910
TOTAL ANUAL (S/.)	45 733,9

Fuente: Elaboración Propia

Nota. Los gastos totales anual del sistema diésel son S/. 45 733,9

3.1.4.2. Evaluación económica sistema fotovoltaico

Tabla 17

Costos del sistema fotovoltaico

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	
			UNITARIO (S/.)	TOTAL (S/.)
Panel solar monocristalino de la marca ERA, modelo 400W	UNID	64	693,38	44 376,32
	UNID	3	2 459,18	7 377,54

Regulador de la marca SRNE,
modelo SR-MC48100N25

Batería de la marca SRNE, modelo UZS600-6	UNID	21	18 18,62	38 191,02
--	------	----	----------	-----------

Inversor de la marca MUST, modelo PH30-9048-T	UNID	1	1 795,12	1 795,12
--	------	---	----------	----------

TOTAL (NO INCLUYE I.G.V)				91 740
Impuesto General a las Ventas				165 13,20
TOTAL (S/.)				108 253,20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18

Costos totales de inversión del sistema fotovoltaico

INVERSIÓN	TOTAL (S/.)
COSTO DE LA BOMBA CENTRIFUGA (S/.)	9 650
COSTOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO (S/.)	108 253,20
COSTO TOTAL (S/.)	117 903,20

Fuente: Elaboración Propia

Nota. Para los costos totales de inversión se consideró el costo de la bomba centrífuga.

3.1.4.3. Sistema eólico

Tabla 19

Costos del sistema eólico

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	
			UNITARIO (S/.)	TOTAL (S/.)
Aerogenerador + Torres de la marca Hengfeng, modelo HF10.0-20KW	UNID	3	122 265	366 795
Regulador de la marca SRNE, modelo SR-MC48100N25	UNID	1	2 459,18	2 459,18

Batería de la marca SRNE, modelo UZS600-6	UNID	14	1 818,62	25 460,68
Inversor de la marca MUST, modelo PH30-9048-T	UNID	1	1 795,12	1795,12
TOTAL (NO INCLUYE I.G.V)				396 510
Impuesto General a las Ventas				71 371,80
TOTAL (S/.)				467 881,78

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20

Costos totales de inversión del sistema eólico

INVERSIÓN	TOTAL (S/.)
COSTO DE LA BOMBA CENTRIFUGA (S/.)	9 650
COSTOS DEL SISTEMA EOLICO (S/.)	467 881,78
COSTO TOTAL (S/.)	477 531,78

Fuente: Elaboración Propia

Nota. Para los costos totales de inversión se consideró el costo de la bomba centrífuga.

3.1.4.4. Análisis VAR y TIR

Tabla 21

Análisis VAR y TIR

	SISTEMA FOTOVOLTAICO	SISTEMA EOLICO
K TASA DE INTERES	10%	10%
PERIODOS	20	20
INVERSION	117903.20	477531.78
INGRESOS	23 500	23 500

EGRESOS	3 000	5000
VAR	56 624,86	-320 030,85
TIR	17%	-2%

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Los egresos de cada sistema son costos de mantenimiento anuales aproximados.

Al analizar ambos proyectos se observa que, en el supuesto caso de invertir, el sistema fotovoltaico se generaría un VAR de 56 624,86 y una TIR de 17%, lo que nos permite considerar a este sistema el más rentable para los inversores. **Anexo 8, Anexo9.**

3.1.4.5. Periodo de amortización

Tabla 22

Periodo de amortización o recuperación de la inversión

	SISTEMA FOTOVOLTAICO	SISTEMA EOLICO
INVERSION	117 903,20	477 531,78
INGRESOS ANUALES	23 500	23 500
COSTOS DE MATENIMIENTO	3000	5000
PLAZO DE AMORTIZACION (AÑOS)	5,75	25,81

Fuente: Elaboración Propia

Nota. Se observamos que el periodo de amortización del sistema fotovoltaico, es decir, el periodo de recuperación de la inversión, es de alrededor de 6 años a comparación del sistema eólico que es alrededor de 26 años.

3.2. Discusión de resultados

En esta investigación se desarrolló en caserío Collique Bajo distrito de Zaña provincia de Chiclayo Departamento de Lambayeque, con el fin de reducir los costos de funcionamiento de un sistema de riego tecnificado el cual será beneficioso para los pobladores, este sistema en la actualidad no resulta ser beneficioso para los pobladores por el alza de combustible constante, por tal motivo se plantea realizar un análisis técnico y económico de energía renovables como la solar y la eólica para abastecer el sistema de riego tecnificado.

Como primer punto se realizó la medición longitudinal de las tuberías del riego tecnificado para determinar la altura dinámica total, se tomó datos para la determinación del caudal.

A discrepancia Valera (2018) En su investigación, primero determina el nivel detallado de radiación solar del año para determinar el mes más escaso, diseña un colector de recursos hídricos y selecciona una bomba que cumpla con los altos requerimientos de agua. Con el fin de obtener niveles de radiación solar suficientes y constantes durante el día, según los cálculos, solo se necesitan cuatro paneles fotovoltaicos para hacer funcionar una bomba sumergible de corriente continua de 500 vatios con una altura máxima de bombeo de 40 metros. Almacenado en un depósito vertical de 10 metros de altura, el depósito almacenará 3,350 litros de agua, que se distribuirá a aspersores en el área de riego. También concluyó que el diseño y cálculo, También se concluye que el diseño y cálculo del sistema de riego fotovoltaico es una opción viable porque trae beneficios a largo plazo, porque la energía proviene de recursos naturales inagotables, y la aplicación de indicadores económicos (VAN, TIR) demuestra su viabilidad.

Así mismo Vidal (2015) indica que el potencial de energía eólica es de $6 \text{ W} / \text{m}^2$, y en comparación con el viento registrado en la ciudad la velocidad promedio de Juárez en 2009 fue de $1.9 \text{ m} / \text{s}$. Se puede observar que, en toda el área urbana, el patrón de velocidad promedio no ha cambiado, y se puede decir que los vientos pequeños solo ocurren en el centro de la ciudad. Según CIMA, en las mediciones de los años 80 se han mostrado vientos con una velocidad media del viento inferior a $5 \text{ m} / \text{s}$ desde hace más de diez años, por lo que el patrón y el área nos permiten ver que tendremos vientos de baja escala. A través de estos resultados, considerando la instalación de aerogeneradores con fines educativos y la producción a pequeña escala de 68 veces de electricidad, se estimó la generación de energía

del sitio, lo que refleja la efectividad de la investigación y la selección, indicando que los aerogeneradores adecuados son pequeños de 100 a 600 watts de potencia por cada isla situada entre los edificios “H” e “I” de la UTCJ.

El presente proyecto fue necesario para poder identificar el nivel de radiación y velocidad del viento los cuales forman parte de una acción importante para el caserío analizado, puesto ayuda a constatar los factores equilibrantes para mejorar su productividad, incrementando la mira popular en ambos proyectos que involucren esta energía por su factibilidad económica y menos emisiones contaminantes para el medio ambiente.

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se llegó a la conclusión que se necesita una bomba centrífuga de 10 hp y un total de energía de 104,44 kWh diarias para el óptimo funcionamiento del sistema de bombeo.

Se obtuvieron los datos de la radiación solar y velocidad del viento de la página de Senamhi, estación meteorológica SIPAN de todo el año 2020, donde se utilizó los datos menores datos mensuales para el análisis, siendo Julio con $4,57 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$ en mes con menor radiación solar y Marzo el mes con menor velocidad del viento con $5,10 \text{ m/s}$ a una altura de 10 metros.

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico dio como resultado, 64 paneles solares monocristalino de la marca ERA modelo 400W con una potencia de 400 Wp y voltaje de 48 V, 3 reguladores de la marca SRNE modelo SR-MC48100N25 con un amperaje de 100 A y voltaje de 48 V, 21 baterías de la marca SRNE modelo UZS600-6 con una capacidad de 600 Ah y voltaje de 48 V, un inversor de la marca MUST, modelo PH30-9048-T, con una potencia de 9 000 W y voltaje de 48 V.

Se concluyó que el dimensionamiento del sistema eólico conformado por un aerogerador de 20 kW de la marca Hengfenf modelo HF10.0-20KW que produce 55,28 kWh de energía en mes más crítico, la energía generada no logra abastecer los 141,4 kWh de energía diaria utilizada, por lo que se requerirá el total de 3 aerogeneradores para cumplir con necesidades energéticas.

Se determinó el presupuesto total del sistema fotovoltaico es S/. 117 903,2 y el presupuesto total del sistema eólico es S/. 477 531,78.

Se realizó un análisis VART y TIR a los dos sistemas de generación, a una tasa de interés de 10% en un periodo de 20 años, para el sistema fotovoltaico nos da un VAR de 56 624,86 y un TIR de 17%, por lo tanto, el sistema fotovoltaico el VAR es mayor a 0 por lo que el proyecto es aceptable y su TIR es mayor al interés del 10% por lo que da como conclusión que es viable, para el sistema eólico nos da un VAR de -320 030,85 y un TIR de -2%, por lo tanto, el sistema eólico el VAR es menor a 0 por lo

que el proyecto se debe rechazar y su TIR es menor al interés del 10% por lo tanto se debe de rechazar la inversión.

4.2. Recomendaciones

Se sugiere a proyectos futuros que le den continuidad al trabajo de investigación planteado, complementándolo con el uso de un aerogenerador de baja potencia para analizar el comportamiento o cambio en cuanto a la energía o presupuesto económico, para hacer más enriquecedora la investigación y plantear diferencias entre ambos aerogeneradores.

Se recomienda realizar tomas de datos de radiación solar y velocidad del viento en el mismo centro poblado del proyecto para obtener datos más reales para efectuar un análisis más exacto.

Se sugiere a la comunidad científica que los proyectos sobre las energías renovables se tomen a más profundidad por su aporte analítico y social, dado que favorecerá a desarrollar más campos eléctricos renovables que facilitarían a los pueblos en desarrollo y así disminuir la contaminación ambiental.

V. REFERENCIAS

- Arrabal, R. C. (2012). *El negrillo*. Obtenido de <http://elnegrillo.blogspot.com/>
- Asmat, C. (2018). *Determinación de la eficiencia de un sistema de bombeo fotovoltaico en el distrito de Yaurisque–Cusco*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola]. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3141/asmat-caceres-cindy-pierne.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvarez, A. (2017). *Análisis de un sistema de riego automatizado alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC*. [Trabajo para optar a titulación] Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/7733>
- AulaFacil. (2021). *Celdas-Células y Paneles Fotovoltaicos*. Obtenido de <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/energia-solar-fotovoltaica/celdas-celulas-y-paneles-fotovoltaicos-l37003>
- AutoSolar. (2020). *Panel Solar 165W 12V Monocristalino Red Solar*. Obtenido de <https://autosolar.pe/paneles-solares-12v/panel-solar-165w-12v-monocristalino-red-solar>
- Albites,P & Alvites,F.(2015)Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de palto hass en parcela de 22 ha del subsector de riego ferreñafe.[Para optar el título profesional de ingeniero agrícola].Universidad Nacional Pedro Ruiz..<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/108/BC-TES-3817.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bautista, D. (2015). *Implementación de un sistema de energía renovable para alimentar sistemas de bajo consumo energético utilizando transductores piezoeléctricos*. [Proyecto de titulación previo a la obtención del título de ingeniero en electrónica e instrumentación]. Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador, Sangolquí. Obtenido de <https://secure.arkund.com/view/document/12994223-509316-170523/download>
- BestCarAudio. (2017). *Automotive Battery Science: How Batteries Work*. Obtenido de <https://www.bestcaraudio.com/automotive-battery-science-batteries-work/>
- Bucheli, M. E. (2017). *Generación de energía eléctrica aprovechando*. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14666/1/68963_1.pdf

- Chambon, C. (2019). *University of Cambridge*. Obtenido de Solar irrigation solutions for smallholder farmers in India: <https://www.ceb.cam.ac.uk/news/news-list/social-enterprise-solar-irrigation-india>
- Charaja, H. (2017). *Estudio de factibilidad para la implementación de un parque eólico en el entorno de una operación vitícola en la irrigación majes. Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5820/Ichzahg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chozo, C. (2019). *Electrico, Diseño de sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica al sistema de bombeo del fundo El Ciruelo caserío la Pintada-Túcume*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico]. Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41194/Chozo_SCA.pdf?sequence=1
- Duravolt. (2021). *Baterías de alto Desempeño*. Obtenido de <https://duravolt.com.mx/>
- Electricista.CL. (2021). *Celdas fotovoltaicas, qué son y cómo funcionan*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/>
- EMEISA. (2021). *Banco de baterías*. Obtenido de <https://emeisa.mx/kpm.php>
- Pinedo, J. (30 de julio 2020). *Riego por surcos*. Encolombia.com. <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/riego-por-surcos/>
- Energía Eólica . (2010). Obtenido de https://www.taringa.net/+info/energia-eolica_12qppk
- Energypedia. (2020). *Solar Powered Irrigation Systems in Egypt*. Obtenido de https://energypedia.info/wiki/Solar_Powered_Irrigation_Systems_in_Egypt
- González, L., & Lanuza, Á. (2018). *Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás*. [Proyecto de desarrollo para optar al título de Ingeniero en Energías Renovables]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/9375/1/18891.pdf>
- González, L. (2013). *Forococheselectricos*. Obtenido de Vida y muerte de una batería de ion-litio (parte II): <https://forococheselectricos.com/2013/05/vida-y-muerte-de-una-bateria-de-ion.html>

- Henríquez, M. (2019). *Análisis técnico, económico y ambiental de implementar centrales hidroeléctricas de bombeo complementadas con energía eólica en la región del biobío*. [Tesis para optar al título de Ingeniera Ambiental]. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Obtenido de http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/3581/4/Tesis_Analisis_tecnico_economico-y_ambiental.Image.Marked.pdf
- Leonardo, C. (2016). *Desarrollo Sostenible y Matriz Energetica en America Latina*. Obtenido de https://www.kas.de/documents/252038/253252/7_dokument_dok_pdf_46969_4.pdf/7953d15d-8f4f-4dea-5ced-6c8e6930eaff?version=1.0&t=1539650019537
- Marta. (2008). *Un camp de margarides*. Obtenido de <http://alumnatbiogeo.blogspot.com/2009/03/tipos-de-aerogeneradores.html>
- Materialfotovoltaico. (2017). *Material fotovoltaico Tecnologias*. Obtenido de <http://materialfotovoltaico.com.mx/tecnologias/c%C3%A9lula-de-silicio-amorfo.html>
- Milon, J. (2018). *Evaluación técnico-económica de una instalación de bombeo solar fotovoltaico aplicada a la ampliación de la frontera agrícola en zonas aisladas de Arequipa*. [Para obtener el Título Profesional de Ingeniera Industria]. Universidad Tecnología del Perú, Arequipa, Perú. Obtenido de https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1519/Aixa%20Peralta_Tesis_T%20c3%a9tulo%20Profesional_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministerio de Agricultura y de riego. (2015). *Manual de calculo de eficiencia de para Sistemas de Riego*. Obtenido de https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual_determinacion_eficiencia_riego.pdf
- Monge, M. (2017). *Qué es y cómo se calcula el NPSHdisp de una bomba centrífuga*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/que-es-y-como-se-calcula-npsdisp-bomba-centrifuga>
- Mott, R. (2006). *Mecanica de Fluidos*. Mexico: PEARSON Educacion.
- Nazmul, I., & Himangshu, R. (2017). *ResearchGate*. Obtenido de Techno-economic analysis and challenges of solar powered pumps dissemination in Bangladesh: https://www.researchgate.net/publication/313807249_Techno-

- economic_analysis_and_challenges_of_solar_powered_pumps_dissemination_in_Bangladesh
- NCYT. (2019). *El importante regulador de carga para los paneles solares*. Obtenido de <https://noticiasdelaciencia.com/art/35909/el-importante-regulador-de-carga-para-los-paneles-solares>
- Ocampo, R. (2020). *Viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar en el fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri distrito de Chongoyape provincia de Chiclayo - Lambayeque*. [Tesis para obtener le título Profesional de Ingeniero Mecánico Electrico]. Universidad Pedro Ruiz Gallo, Chiclayo, Perú. Obtenido de https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8744/Ocampo_Tafur_Rolito.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Palacios, P. (2019). *Diseño de un sistema eólico para suministrar energía eléctrica al fundo Chucupe – Lambayeque*. [Tesis para obtener le título Profesional de Ingeniero Mecánico Electrico]. Chiclayo, Perú. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35911/Palacios_BPA.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- PCE. (2021). *Anemómetro PCE-WSAC 50W 230*. Obtenido de https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/anemometro-pce-instruments-anem_metro-pce-wsac-50w-230-det_5885867.htm
- Pérez, M., & Morales, I. (2017). *Ingeniería Energética*. Obtenido de El pico solar equivalente a una hora. Definición e interpretación: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000200007
- Rama, M. (2011). *SMI Energías Renovables*. Obtenido de <http://smienergias.wordpress.com/tag/aerogenerador>
- Redondo, M. A. (2019). *IAUGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/juego-presiones-riego-aspersion>
- RenovablesVerdes. (2020). *Qué es y para qué sirve un inversor de corriente*. Obtenido de <https://www.renovablesverdes.com/inversor-corriente/>
- Riegos del Perú. (s.f.). *Sistema de Riego por Goteo*. Obtenido de <http://www.riegosdelperu.com/goteo/>
- S.L, O. O. (2021). Obtenido de <http://www.opex-energy.com/index.html>

- Sanchez, P. (2018). Sistema de bombeo de agua con energía solar en Perú. *PV-Magazine*.
Obtenido de <https://www.pv-magazine-latam.com/2018/02/02/crean-sistema-de-bombeo-de-agua-con-energia-solar-en-peru/>
- Serván,S(2014).Análisis técnico-económico de un sistema híbrido de baja potencia eólico solar conectado a la red.[tesis para optar el título de ingeniero mecánico - eléctrico].Universidad de Piura.
- Solar action. (2013). *Solar action*. Obtenido de CALCULO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED (OFF-GRID) PART 3 (CAMPO FOTOVOLTAICO: RADIACIÓN SOLAR. CALCULO HORAS SOL PICO): <http://solaraction.blogspot.com/2013/04/calculo-instalacion-fotovoltaica.html>
- Sumintos del Sol. (2021). *Batería Solar Ciclo Profundo TAB Monoblock 12V 80Ah (C100)*. Obtenido de <https://suministrosdelsol.com/es/baterias-monoblock/79-bateria-solar-ciclo-profundo-tab-monoblock-12v-80ah-c100.html>
- Tostado, M. (2008). *Mailxmail*. Obtenido de <http://www.mailxmail.com/curso-energia-eolica/aerogeneradores-tipos-primera-parte>
- Toapanta, A & Hidalgo ,G. (2016) *Análisis e implementación de una pico central híbrida solar eólica para generar 500w en la hacienda “la merced*. [Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero electromecánico]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Wikipedia. (2021). Bomba sumergible. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_sumergible
- Valera,W. (2018). Diseño y cálculo de un sistema fotovoltaico para riego con agua subterránea en el distrito de caminaca provincia de azángaro - Puno.[Para optar el título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista]. Universidad Adina, Perú.
Obtenido de http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/2612/T036_47805317.pdf?sequence=3&isAllowed=y

VI. ANEXOS

Anexo 1. Riego tecnificado



Anexo 2. Motor diésel



Anexo 3. Entrevistas

Entrevista aplicada al propietario de la Terreno 1



Entrevista aplicada al propietario de la Terreno 2



Entrevista aplicada al propietario de la Terreno 3



Entrevista aplicada al propietario de la Terreno 4



Anexo 4. Medición del área del proyecto

Terreno 1



Terreno 2



Terreno 3



Terreno 4



**Anexo 5. Calculo para determinar la potencia y el requerimiento energético
Módulo de riego**

ZONA	CULTIVO	K	AREA DE PROYECTO (HA)
1	MAÍZ GRANO	1,20	5,61
2	MAÍZ GRANO	1,20	3,89
3	MAÍZ GRANO	1,20	3,28
4	ESPARRAGO	0,82	4,06

$$E_{to} = \frac{(2\ 120 - 0,29 * h)}{360}$$

$$U_c = E_{to} * k$$

$$M_r = \left(\frac{U_c}{E_F}\right) * 0,116$$

$$E_F(\text{Por tabla 2})$$

$$Q = (M_r)(A)$$

Terreno 1

$$E_{to} = \frac{(2\ 120 - 0,29 * h)}{360}$$

$$E_{to} = 5,79$$

$$U_c = E_{to} * k$$

$$U_c = 6,95$$

$$M_r = \left(\frac{U_c}{E_F}\right) * 0,116$$

$$M_r = 0,90$$

$$Q = (M_r)(A)$$

$$Q = 5,02\ l/s$$

Terreno 2

$$E_{to} = \frac{(2\ 120 - 0,29 * h)}{360}$$

$$E_{to} = 5,79$$

$$U_c = E_{to} * k$$

$$U_c = 6,95$$

$$M_r = \left(\frac{U_c}{E_F}\right) * 0,116$$

$$M_r = 0,90$$

$$Q = (M_r)(A)$$

$$Q = 3,48\ l/s$$

Terreno 3

$$E_{to} = \frac{(2\ 120 - 0,29 * h)}{360}$$

$$E_{to} = 5,79$$

$$U_c = E_{to} * k$$

$$U_c = 6,95$$

$$M_r = \left(\frac{U_c}{E_F}\right) * 0,116$$

$$M_r = 0,90$$

$$Q = (M_r)(A)$$

$$Q = 2,48$$

Terreno 4

$$E_{to} = \frac{(2\ 120 - 0,29 * h)}{360}$$

$$E_{to} = 5,79$$

$$U_c = E_{to} * k$$

$$U_c = 4,75$$

$$M_r = \left(\frac{U_c}{E_F}\right) * 0.116$$

$$M_r = 0.61$$

$$Q = (M_r)(A)$$

$$Q = 2,48 \text{ l/s}$$

Hd (Altura dinámica)

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,869}}\right) \times L$$

L : Longitud de la tubería. (m)

Q : Caudal. (m³/s)

C : Coeficiente de Hazen-Williams. **Tabla 3.**

D : Diámetro interno de la tubería. (m)

Terreno 1

TUBERIA

DIAMETRO EXTERIOR (mm)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD (m)
160	150	198
63	58	605

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{0.00502^{1,852}}{140^{1,852} \times 150^{4,869}}\right) \times 198$$

$$H_d = 0,13$$

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{0.00502^{1,852}}{140^{1,852} \times 58^{4,869}}\right) \times 605$$

$$H_d = 39,69$$

Terreno 2

TUBERIA		
DIAMETRO EXTERIOR (mm)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD (m)
160	150	249
63	58	389

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{0,00348^{1,852}}{140^{1,852} \times 150^{4,869}} \right) \times 249$$

$$H_d = 0,08$$

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{0,00348^{1,852}}{140^{1,852} \times 58^{4,869}} \right) \times 289$$

$$H_d = 12,96$$

Terreno 3

TUBERIA		
DIAMETRO EXTERIOR (mm)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD (m)
160	150	503
63	58	320

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{140^{1,852}}{140^{1,852} \times 150^{4,869}} \right) \times 503$$

$$H_d = 0,12$$

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{140^{1,852}}{140^{1,852} \times 58^{4,869}} \right) \times 320$$

$$H_d = 7,77$$

Terreno 4

TUBERIA		
DIAMETRO EXTERIOR (mm)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD (m)
160	150	259
110	104.6	446
90	85.4	351
75	70.2	380
63	58	219

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{0,00249^{1,852}}{140^{1,852} \times 150^{4,869}} \right) \times 259$$

$$H_d = 0,05$$

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{0,00249^{1,852}}{140^{1,852} \times 104,6^{4,869}} \right) \times 449$$

$$H_d = 0,45$$

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{0.00249^{1,852}}{140^{1,852} \times 85.4^{4,869}} \right) \times 351$$

$$H_d = 0,95$$

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{0.00249^{1,852}}{140^{1,852} \times 70.2^{4,869}} \right) \times 380$$

$$H_d = 2,67$$

$$H_d = 10,674 \times \left(\frac{0.00249^{1,852}}{140^{1,852} \times 58.4^{4,869}} \right) \times 219$$

$$H_d = 3,9$$

Altura estática

He= 3.80

Altura de la superficie del agua hasta su punto más alto

TDH (Altura dinámica total)

$$TDH = H_e + H_d$$

Terreno 1

$$TDH = 3.8 + 0,9 + 39,69$$

$$TDH = 44.39$$

Terreno 2

$$TDH = 3.8 + 0.08 + 12.96$$

$$TDH = 16.84$$

Terreno 3

$$TDH = 3.8 + 0.12 + 7.77$$

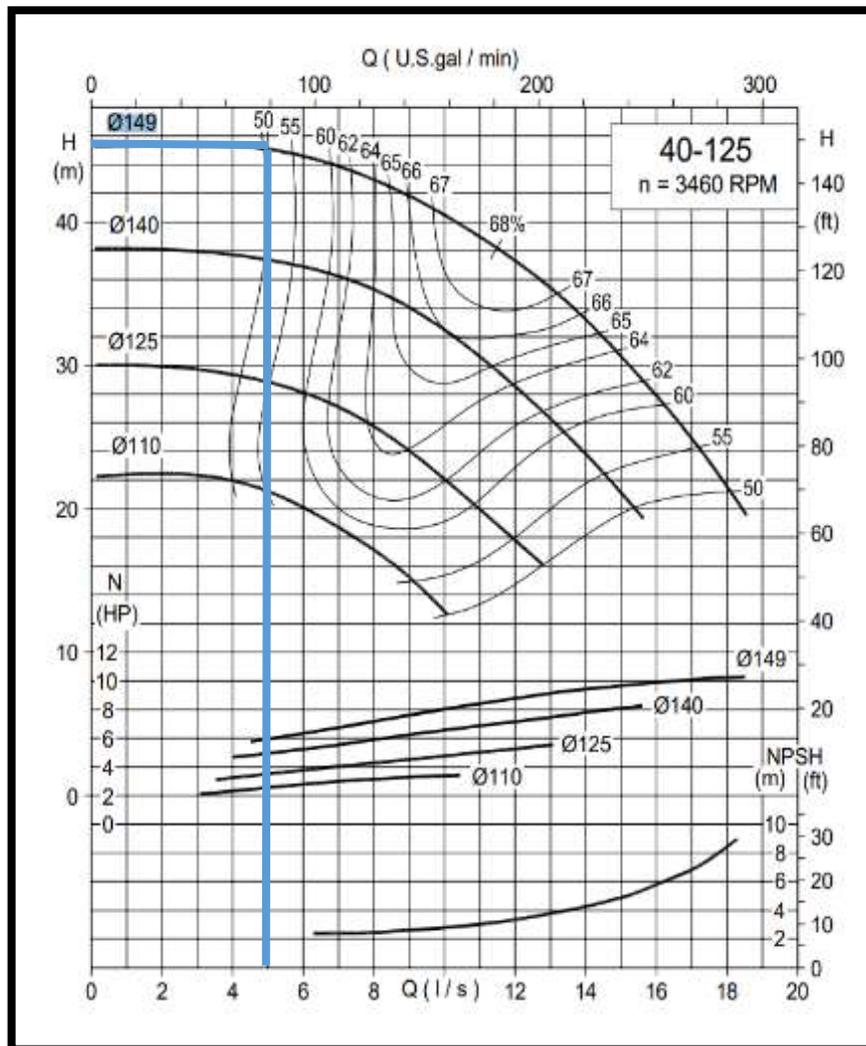
$$TDH = 11.69$$

Terreno 4

$$TDH = 3.8 + 0.05 + 0.45 + 0.95 + 2.67 + 3.9$$

$$TDH = 11.82$$

Con los datos obtenidos se tomará a la Terreno 1 para la selección del motor, ya que es el mayor resultado obtenido



Se seleccionó la electrobomba de la marca Hidrostal modelo 40-125 de 10 Hp.

Anexo 6. Dimensionamiento del sistema solar

➤ Cálculo de la energía real en corriente alterna

$$E = \frac{ET}{R}$$

E : Energía real en corriente alterna. (kWh)

ET : Energía diaria. (kWh/día)

R : Pérdidas de energía captada.

$$E = \frac{104,44}{0,73}$$

$$E = 143,07 \text{ kWh}$$

➤ Pérdidas de energía captada

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \times \left(1 - \frac{(K_a)(N)}{Pd}\right)$$

R : Pérdidas de energía captada

K_b : Coeficiente de pérdidas en la batería,

K_c : Coeficiente de pérdidas en el inversor,

K_v : Coeficiente de otras pérdidas, es el coeficiente que tiene en cuenta cualquier otra pérdida no considerada anteriormente.

Agrupar otras pérdidas como (rendimiento de red, efecto joule, etc.)

K_a : Coeficiente de autodescarga; es la fracción de energía que se pierde por la autodescarga de la batería.

N : Números de días de autonomía de la instalación.

Pd : Profundidad de descarga diaria de la batería.

Esta profundidad de descarga no excederá el 80%

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,15) \times \left(1 - \frac{(0,005)(4)}{0,8}\right)$$

$$R = 0,73$$

➤ Cálculo del número de módulos

$$N_{mód} = \frac{E}{P_{MP} \times HSP_{CRIT} \times PR}$$

$N_{mód}$: Número de módulos.

E : Energía total a distribuida. (Wh)

P_{MP} : Potencia de cada Módulo. (W)

HSP_{CRIT}: Hora pico solar critica. (h)

PR: Factor global de pérdidas. (0,9)

$$N_{mód} = \frac{143070}{400 \times 4,57 \times 0,9}$$
$$N_{mód} = 63,5 \approx 64$$

➤ **Calculo del regulador de carga**

Calculo Corriente de entrada

$$I_{entrada} = 1,25 \times I_{MOD.SC} \times N_P$$

$I_{entrada}$: Corriente de entrada. (A)

1,25 : Factor de seguridad para evitar daños ocasionados al Regulador

$I_{MOD.SC}$: Corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito (A)

N_P : Numero de paneles

$$I_{entrada} = 1,25 \times 10,36 \times 21$$
$$I_{entrada} = 268,35$$

Calculo Corriente de salida

$$I_{salida} = \frac{1,25 \left(P_{DC} + \frac{P_{AC}}{\eta_{inv}} \right)}{V_{BAT}}$$

I_{salida} : Corriente de salida. (A)

P_{DC} : Potencia total instalada en corriente continua. (W)

P_{AC} : Potencia total instalada en corriente alterna. (W)

η_{inv} : Eficiencia del Inversor.

V_{BAT} : Voltaje de la Batería. (V)

$$I_{salida} = \frac{1,25 \left(0 + \frac{7460}{0,9} \right)}{48}$$

$$I_{salida} = 215,86$$

➤ **Numero de reguladores necesarios**

$$N_{reg} = \frac{I_{Re}}{I_{R,selec}}$$

N_{reg} : Numero de reguladores

I_{Re} : Intensidad máxima de entrada. (A)

$I_{R,selec}$: Intensidad del regulador seleccionado. (A)

$$N_{reg} = \frac{100}{268,35}$$

$$N_{reg} = 2,7 \approx 3$$

➤ **Capacidad nominal de la batería**

$$C_{nbat} = \frac{E}{V_{bat}} \times \frac{N}{PD_{m\acute{a}x,e}}$$

C_{nbat} : Capacidad nominal de la batería. (Ah)

E : Energía total a distribuida. (Wh)

N : Días de autonomía.

$PD_{m\acute{a}x,e}$: Profundidad de descarga máxima estacional. (0,7)

V_{bat} : Voltaje de la batería (V)

$$C_{nbat} = \frac{104440}{48} \times \frac{4}{0,7}$$

$$C_{nbat} = 12433,33 \text{ Ah}$$

➤ **Numero de baterías**

$$n_{bat} = \frac{C_{nbat}}{C_{bat.sec}}$$

n_{bat} : Numero de baterías

C_{nbat} : Capacidad nominal de la batería. (Ah)

$C_{bat.sec}$: Capacidad de la batería seleccionada. (Ah)

$$n_{bat} = \frac{12433,33}{600}$$

$$n_{bat} = 20,7 \approx 21$$

➤ **Selección del inversor**

$$P_{inv} = 1,2 \times POTmax$$

P_{inv} : Potencia del inversor. (W)

$POTmax$: Potencia instalada máxima de los paneles solares. (W)

$$P_{inv} = 1,2 \times 7460$$

$$P_{inv} = 8952$$

GENERACION DIARIA	143.07	kWh
GENERACION SEMANAL	1001.48	kWh
GENERACION MENSUAL	4005.92	kWh
GENERACION ANUAL	48071.01	kWh

Anexo 7. Dimensionamiento del Aerogenerador

Se seleccionó un Aerogenerador de 20 kW

➤ Ley Exponencial de Hellmann

$$V(h) = V_{ref} * \left(\frac{h}{h_{ref}}\right)^\alpha$$

$V(h)$: Velocidad promedio del viento no conocida a una altura. (m/s)

V_{ref} : Velocidad promedio del viento conocida a una altura. (m/s)

h : Altura a la que se desea conocer. (m)

h_{ref} : Altura a la que se midió la V_{ref} .

α : Coeficiente de rugosidad. **Tabla 4**

Hallar la velocidad teórica del viento a 20 metros

Mes	Velocidad (m/s) a 10 m	Velocidad (m/s) a 20 m
Enero	5.32	5.94
Febrero	5.26	5.88
Marzo	5.10	5.70
Abril	6.28	7.02
Mayo	7.36	8.22
Junio	7.67	8.57
Julio	7.81	8.73
Agosto	7.89	8.82
Setiembre	7.93	8.86
Octubre	6.69	7.47
Noviembre	6.50	7.26
Diciembre	5.38	6.01

Análisis de mes crítico

Hora	10 metros	20 metros
00:00	4.71	5.26
01:00	4.43	4.95
02:00	3.97	4.44
03:00	3.78	4.22
04:00	3.52	3.93
05:00	3.56	3.98
06:00	3.48	3.89
07:00	3.54	3.96
08:00	3.62	4.04
09:00	3.72	4.16
10:00	4.16	4.65

11:00	4.69	5.24
12:00	5.05	5.64
13:00	5.45	6.09
14:00	6.26	6.99
15:00	6.89	7.70
16:00	6.97	7.79
17:00	7.31	8.17
18:00	7.46	8.33
19:00	7.08	7.91
20:00	6.27	7.01
21:00	5.45	6.09
22:00	5.57	6.22
23:00	5.53	6.18

Se le considerara la velocidad de la mínima de 5,24 por el motivo de que el aerogenerador tienen un mejor porcentaje de generación a partir de los 5 m/s, entonces el aerogenerador gira alrededor de 15 horas a 20 metros.

➤ **Cálculo de potencia eólica**

La hora con menor velocidad del viento 5,24 m/s

$$P_{eolic} = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

Donde:

P_{eolic} : Potencia eólica (W)

ρ : Densidad del viento.(1,225 kg/m³)

A: Área de palas.(m²)

V: Velocidad del viento. (m/s)

$$P_{eolic} = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 79 \times 5,24^3$$

$$P_{eolic} = 6921,65$$

➤ **Calculo de la potencia mecánica del rotor**

$$P_{mec.rotor} = C_p \times P_{eolic}$$

Donde:

$P_{mec.rotor}$: Potencia mecánica del roto (W)

C_p : Coeficiente de potencia (0,59 para generación eléctrica corresponde al límite de Betz)

P_{eolic} : Potencia eólica (W)

$$P_{mec.rotor} = 0,59 \times 6921,65$$

$$P_{mec.rotor} = 4083,78$$

➤ **Cálculo de la potencia mecánica del rotor**

$$P_{elec} = P_{mec.rotor} \times R_{sm}$$

P_{elec} : Potencia eléctrica (W)

$P_{mec.rotor}$: Potencia mecánica del rotor. (W)

R_{sm} : Rendimiento del sistema mecánico. (0.95)

$$P_{elec} = 4083,78 \times 0,95$$

$$P_{elec} = 3879,59$$

➤ **Cálculo de la Energía del aerogenerador**

$$E_A = P_{elec} \times H_t \times R_{se}$$

E_A : Energía del aerogenerador (Wh)

P_{elec} : Potencia eléctrica (W)

H_t : Horas de trabajo (h)

R_{se} : Rendimiento del sistema eléctrico (0,95)

$$E_A = 3879,59 \times 15 \times 0,95$$

$$E_A = 5528 \text{ Wh} \approx 5,528 \text{ kWh}$$

GENERACION DIARIA	55.28	kWh
GENERACION SEMANAL	386.99	kWh
GENERACION MENSUAL	1547.96	kWh
GENERACION ANUAL	18575.46	kWh

➤ **Cálculo de la energía real en corriente alterna**

$$E = \frac{ET}{R}$$

E : Energía real en corriente alterna. (kWh)

ET : Energía diaria. (kWh/día)

R : Perdidas de energía.

$$E = \frac{104,44}{0,74}$$

$$E = 141,14 \text{ kWh}$$

➤ **Perdidas de energía**

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) \times \left(1 - \frac{(K_a)(N)}{Pd}\right)$$

R: Perdidas de energía captada

K_b : Coeficiente de pérdidas en la batería,

K_c : Coeficiente de pérdidas en el inversor,

K_v : Coeficiente de otras perdidas, es el coeficiente que tiene en cuenta cualquier otra perdida no considera anteriormente.

Agrupar otras perdidas como (rendimiento de red, efecto joule, etc.)

K_a : Coeficiente de autodescarga; es la fracción de energía que se pierde por la autodescarga de la batería.

N : Números de días de autonomía de la instalación.

Pd : Profundidad de descarga diaria de la batería.

Esta profundidad de descarga no excederá el 80%

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,15) \times \left(1 - \frac{(0,005)(4)}{0,8}\right)$$

$$R = 0,73$$

➤ **Capacidad nominal de la batería**

$$C_{nbat} = \frac{E}{V_{bat}} \times \frac{N}{PD_{máx,e}}$$

C_{nbat} : Capacidad nominal de la batería. (Ah)

E : Energía real en corriente alterna.(Wh)

N : Días de autonomía.

$PD_{máx,e}$: Profundidad de descarga máxima estacional. (0,7)

V_{bat} : Voltaje de la batería (V)

$$C_{nbat} = \frac{141140}{48} \times \frac{4}{0,7}$$

$$C_{nbat} = 16801,80 \text{ Ah}$$

➤ **Numero de baterías**

$$n_{bat} = \frac{C_{nbat}}{C_{bat.sec}}$$

n_{bat} : Numero de baterías

C_{nbat} : Capacidad nominal de la batería. (Ah)

$C_{bat.sec}$: Capacidad de la batería seleccionada. (Ah)

$$n_{bat} = \frac{84400,9}{600}$$

$$n_{bat} = 28$$

➤ **Intensidad nominal del aerogenerador**

$$I_{NA} = \frac{P_{NA}}{V_{NA}}$$

I_{NA} : Intensidad nominal del aerogenerador(A)

P_{NA} : Potencial nominal del aerogenerador. (W)

V_{NA} : Voltaje nominal del aerogenerador. (V)

$$I_{NA} = \frac{27855,3}{380}$$

$$I_{NA} = 73,3 A$$

➤ **Potencial nominal del aerogenerador**

La hora con mayor velocidad del viento 8,33 m/s

$$P_{NA} = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

$$P_{NA} = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 79 \times 8,33^3$$

$$P_{NA} = 27855,3 w$$

➤ **Intensidad del regulador**

$$i_{reg} = I_{NA} \times 1,25$$

I_{NA} : Intensidad nominal del aerogenerador(A)

$$i_{reg} = 73,3 \times 1,25$$

$$i_{reg} = 91,63$$

➤ **Numero de reguladores**

$$N_{reg} = \frac{i_{reg}}{I_{reg}}$$

i_{reg} : Intensidad del regulador. (A)

I_{reg} : Intensidad del regulador seleccionado. (A)

$$N_{reg} = \frac{91,63}{100}$$
$$N_{reg} = 0,9 \approx 1$$

➤ **Selección del inversor**

$$P_{inv} = 1,2 \times POTmax$$

P_{inv} : Potencia del inversor. (W)

$POTmax$: Potencia instalada máxima de los paneles solares. (W)

$$P_{inv} = 1,2 \times 7460$$
$$P_{inv} = 8952$$

➤ **Numero de aerogeneradores**

$$N_{aerogeneradores} = \frac{E}{E_A}$$

E : Energía real en corriente alterna. (kWh)

E_A : Energía del aerogenerador. (kWh)

$$N_{aerogeneradores} = \frac{141,24}{55,28}$$
$$N_{aerogeneradores} = 2,6 \approx 3$$

Se necesitan 3 aerogeneradores para satisfacer de energía eléctrica

Anexo 8. VAR y TIR del sistema fotovoltaico

K=TASA DE INTERES			10%
AÑOS	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO EFECTIVO NETO
0		-117903.20	
1	23500	3000	20500
2	23500	3000	20500
3	23500	3000	20500
4	23500	3000	20500
5	23500	3000	20500
6	23500	3000	20500
7	23500	3000	20500
8	23500	3000	20500
9	23500	3000	20500
10	23500	3000	20500
11	23500	3000	20500
12	23500	3000	20500
13	23500	3000	20500
14	23500	3000	20500
15	23500	3000	20500
16	23500	3000	20500
17	23500	3000	20500
18	23500	3000	20500
19	23500	3000	20500
20	23500	3000	20500

VAR=	56624.86
TIR=	17%

Anexo 9. VAR y TIR del sistema eólico

K=TASA DE INTERES			10%
AÑOS	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO EFECTIVO NETO
0		-534681.78	
1	23500	5000	18500
2	23500	5000	18500
3	23500	5000	18500
4	23500	5000	18500
5	23500	5000	18500
6	23500	5000	18500
7	23500	5000	18500
8	23500	5000	18500
9	23500	5000	18500
10	23500	5000	18500
11	23500	5000	18500
12	23500	5000	18500
13	23500	5000	18500
14	23500	5000	18500
15	23500	5000	18500
16	23500	5000	18500
17	23500	5000	18500
18	23500	5000	18500
19	23500	5000	18500
20	23500	5000	18500

VAR=	-3200030.85
TIR=	-%

Anexo 10. Panel solar

Monocrystalline Solar Module

SPECIFICATIONS

Dimensions 1979 x 1002 x 40mm

Weight 22.5 kg

Frame Aluminum hollow-chamber frame on each side

Glass Low-iron and tempered glass 3.2 mm

Cells 72 pcs Mono PERC
(158.75 x 158.75 mm)

Cell Embedding EVA

Back-Foil FEVE / PET / FEVE

Junction Box TÜV certified

Cable 4 mm² solar cable
2 x 900 mm
or Customized Length

Temperature Range -40°C ... +85°C

Load Capacity 5400 Pa (IEC 61215) 40mm

Application class Class A

Electrical protection class Class II

Fire safety class Class C

Product warranty 10 years

Power 10 years 90%
Guarantee 25 years 80%

Packaging Configuration
(Two pallets = One stack)
27pcs/pallet, 54pcs/stack,
594pcs/40HQ Container

CHARACTERISTICS

Max. System Voltage 1000V/DC

Temperature-Coefficient I_{sc} +0.02973%/°K

Temperature-Coefficient V_{oc} -0.38038%/°K

Temperature-Coefficient P_{mp} -0.57402%/°K

NOCT*** 45°C

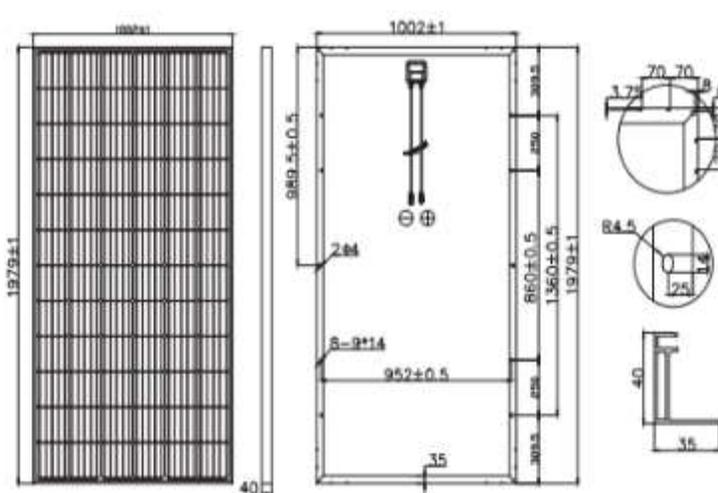
CERTIFICATES

IEC 61215 edition 2 (TUV Nord)
(TUV Rheinland)

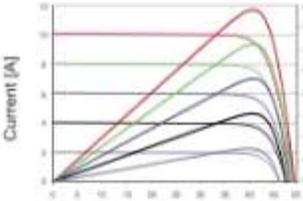
IEC 61730 MCS - INMETRO

CE CEC SALT-MIST

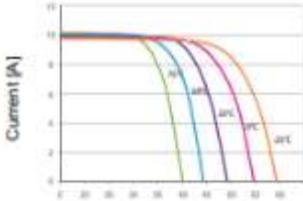
UL1703 - CSA



CURRENT-VOLTAGE CURVES



Module characteristics at constant module temperatures of 25°C and variable levels of irradiance



Module characteristics at variable module temperatures and constant module irradiance of 1.000 W/m²

ESPBC TYPE	389M	385M	390M	385M	400M
Power Class	380Wp	385Wp	390Wp	395Wp	400Wp
Max. Power Voltage (V_{mp})* at STC**	40.5V	40.6V	41.1V	41.4V	41.7V
Max. Power Current (I_{mp}) at STC	9.39A	9.44A	9.49A	9.55A	9.60A
Open Circuit Voltage (V_{oc}) at STC	48.9V	49.1V	49.3V	49.5V	49.8V
Short Circuit Current (I_{sc}) at STC	9.75A	9.92A	10.12A	10.23A	10.36A
Module Efficiency	19.16%	19.42%	19.67%	19.92%	20.17%

* MPP: Maximum Power Point
** STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5
*** Normal Operating Cell Temperature



Anexo 11. Regulador

MPPT Solar Charge Controller

MC4885N15/MC48100N15/MC4885N25/MC48100N25



Product Accessories

RM-7 display, USB to TTL cable, BTS temperature sensor.



Product Characteristics

-  30% higher than PWM mode.
-  PV short-circuit protection, charge over-current protection.
-  RS485 Modbus protocol
Built-in bluetooth module.
-  12/24V/36/48V identification.
-  Historical data storage.
-  MPPT tracking efficiency is up to 99.9%.
-  Built-in temperature detection.
-  Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries.
-  Current-limiting charging mode.

Product Parameters

Model	SR-MC4885N15	SR-MC48100N15	SR-MC4885N25	SR-MC48100N25
System voltage	12V/24/36/48V			
Static power consumption	0.54W			
Maximum input voltage of solar energy (25°C)	150V		250V	
Voltage Range at MPPT (Maximum Power Point)	Battery voltage +2~ 120V		Battery voltage +2~ 180V	
Charging current	85A	100A	85A	100A
Solar panel power (12V battery)	1100W	1300W	1100W	1300W
Solar panel power (24V battery)	2200W	2600W	2200W	2600W
Solar panel power (48V battery)	4400W	5200W	4400W	5200W
Support battery type	Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries			
Temperature compensation coefficient	-3mV/°C/2V			
Operating temperature range	-35°C~60°C			
Humidity	95%, no condensation			
Protection grade	IP32			
Weight	5.7kg			
Communication mode	TTL(3.3V)/RS485/Bluetooth Module			
Product Dimensions	314*227*121 (mm)			
Terminal blocks	35mm/2AWG			

Anexo 12. Batería

UZS600-6

6V 600AH



UZS600-6



Physical Specification

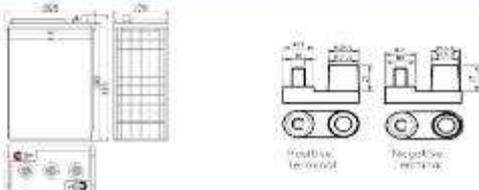
Part Number	UZS600-6
Length	295 ± 2 mm
Width	178 ± 2 mm
Container Height	405 ± 2 mm
Total Height (with terminal)	408 ± 2 mm
Without Electrolyte	34.5 kg
With Electrolyte	52.0 kg

Specifications

	Nominal Voltage	6V	
	Nominal Capacity (120HR)	600AH	
Terminal Type	Standard Terminal	F22	
Container Material	Standard Option	ABS	
Rated Capacity	120hr, 1.80V/cell, 25°C	600.0 AH/ 5.00A	
	100hr, 1.80V/cell, 25°C	550.0 AH/ 5.50A	
	10hr, 1.80V/cell, 25°C	380.0 AH/ 38.0A	
	5hr, 1.75V/cell, 25°C	324.0 AH/ 64.8A	
	1hr, 1.80V/cell, 25°C	202.0 AH/ 202A	
Max Discharge Current	1300A (5s)		
Internal Resistance	Approx 2.5mΩ		
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15°C-50°C(5°F-122°F) Charge: -10°C-50°C(14°F-122°F) Storage: -20°C-50°C(-4°F-122°F)	
	Nominal Operating Temp. Range	25±3°C	
	Float Charging Voltage (25°C)	6.80 - 6.72V at 25°C Temp. Coefficient -18mV/°C	
	Cycle Charging Voltage (25°C)	7.05 - 7.20V at 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C	
	Capacity affect by Temperature (10HR)	40°C	102%
		25°C	100%
		0°C	85%
-15°C		65%	
Design Floating Life at 20°C	20 Years		
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.		

Dimensions

■ F22 Terminal

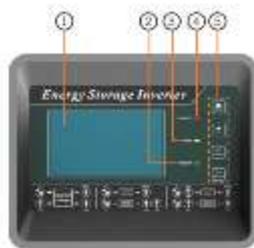


Anexo 13. Inversor

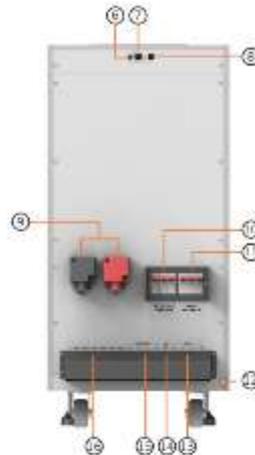
MUST

PH3000 SERIES (2-4KW)

Low Frequency On/Off Grid Hybrid Solar Inverter



1. LCD Display
2. Status Indicator
3. Charging Indicator
4. Fault Indicator
5. Function Buttons



6. USB communication port
7. CAN/RS485 communication
8. BTS
9. Battery input
10. AC output breaker
11. Grid breaker
12. Grounding
13. Grid
14. Grounding
15. AC output
16. PV input

MODEL		PH30-9048-T	PH30-12048-T
Nominal Battery System Voltage		48VDC	
INVERTER OUTPUT	Rated output power	9000W	12000W
	Output wave	Pure sine wave	
	Nominal output voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)	
	Nominal output current	13.0A per phase	17.4A per phase
	Nominal output frequency	50 Hz / 60 Hz	
	Rate of wave distortion(THD)(Linearity loads)	Dist grids≤2%; Grid discharge ≤3%; Grid charge ≤3%	
	Inverting efficiency	>93%	
	Power factor	0.9 lead - 0.9 lag	
Overload capability	100%-load<110%,30 minutes; 110%-load<125%,1 minutes; 125%-load<150%,30 seconds; load<150%,10 seconds; Short circuit,5 seconds		
AC INPUT	AC input maximum current	26.0A per phase	34.8A per phase
	Nominal frequency	50Hz / 60Hz	
	Acceptable input voltage range	Default: 186Vac -253Vac per phase-Narrow 174Vac -272Vac per phase; Wide 95Vac -272Vac per phase	
BATTERY	Nominal Voltage	48VDC	
	Low Voltage Protection Point	Charger 34.0VDC Inverter 40.0VDC	
	Absorption Voltage	50.0VDC	
	Refloat Voltage	54.8VDC	
Float Voltage	57.2VDC		
SOLAR CHARGER & AC CHARGER	PV Open Circuit Voltage	145VDC	
	Max Solar Charging Current	60A per phase	
	Max AC Charging Current	60A per phase	80A per phase
	Max Charging Current	120A per phase	140A per phase
MECHANICAL SPECIFICATIONS	Mounting	Vertical	
	Machine Dimension, W*H*D(mm)	391*838*555	
	Package Dimensions (W*H*D)(mm)	410*850*570	
	Net Weight (kg)	123	140
	Gross Weight (kg)	128	160
OTHER	Communication terminal	RS485/CAN bus	
	Operation Temperature Range	0°C --50°C	
	Environmental Protection Rating	IP20	
	Ambient humidity	0 -- 90% relative humidity(non-condensing)	
	Altitude	≤2000m	

Anexo 14. Aerogenerador

Información Básica

No. de Modelo	HF10.0-20KW	Tipo de salida	CA trifásica
Número de Blade	Tres Láminas	Eje de rotación	Horizontal
Camino estrés de Blade	Resistencia	Energía	10-100kW
Certificación	CE, ISO, RoHS		

Información Adicional

Marca	Hengfeng	Embalaje	Polywood Case
Estándar	20kw	Origen	China
Código del HS	850231000	Capacidad de Producción	20sets/Year

Descripción de Producto

20kw los parámetros del sistema de la turbina eólica

La potencia nominal	20KW
Potencia máx.	30KW
El diámetro de las hojas	10.0m
La velocidad del rotor nominal	120r/m
La velocidad nominal	10m/seg.
El voltaje de salida	380v
Arranca la velocidad del viento	3m/seg.
Velocidad de trabajo	3-30m/s
La velocidad del viento de seguridad	50m/seg.