



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS
AGROVOLTAICOS PARA LA MEJORA DE LOS CULTIVOS EN ZONAS
ANDINAS ECUATORIALES.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico

**AUTORES: JUAN CARLOS PERALTA ALVAREZ
MAYRA MERCEDES QUITO ZHININ**

TUTOR: ING. JOHNNY XAVIER SERRANO GUERRERO Ph.D.

Cuenca - Ecuador
2023

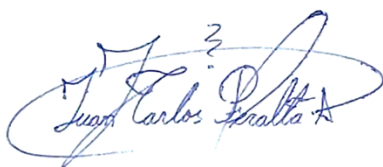
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Juan Carlos Peralta Alvarez con documento de identificación N°0302635628 y Mayra Mercedes Quito Zhinin con documento de identificación N°0302700505; manifestamos que:

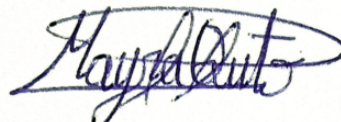
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 17 de julio del 2023,

Atentamente,



Juan Carlos Peralta Alvarez
0302635628



Mayra Mercedes Quito Zhinin
0302700505

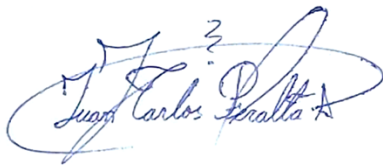
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Juan Carlos Peralta Alvarez con documento de identificación N°0302635628 y Mayra Mercedes Quito Zhinin con documento de identificación N°0302700505, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico de Enfoque Investigativo: **“Evaluación De La Implementación De Sistemas Agrovoltaicos Para La Mejora De Los Cultivos En Zonas Andinas Ecuatoriales”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 17 de julio del 2023

Atentamente,



Juan Carlos Peralta Alvarez
0302635628



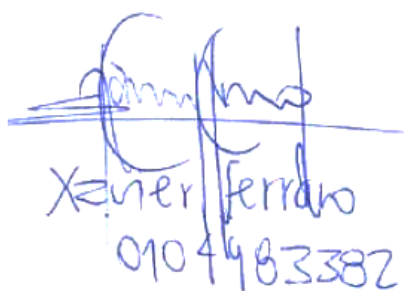
Mayra Mercedes Quito Zhinin
0302700505

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Johnny Xavier Serrano Guerrero con documento de identificación N°0104983382, docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS AGROVOLTAICOS PARA LA MEJORA DE LOS CULTIVOS EN ZONAS ANDINAS ECUATORIALES**, realizado por Juan Carlos Peralta Alvarez con documento de identificación N°0302635628 y por Mayra Mercedes Quito Zhinin con documento de identificación N°0302700505, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico de Enfoque Investigativo que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 17 de julio del 2023

Atentamente,



Johnny Xavier Serrano Guerrero
0104983382

Ing. Johnny Xavier Serrano Guerrero Ph.D.
0104983382

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por cuidarme todo mi camino y darme la fuerza para superar obstáculos, a mi tía Rosa Blanca Quito y a mi prima Nube por estar ahí siempre que necesitaba ayuda y por creer en mí, de manera especial al Sr. Jaime Matute por su apoyo incondicional y por haber confiado en la realización de este proyecto, al Ingeniero Jaime Matute por haberme ayudado con sus consejos en el transcurso de mi carrera, a mi tutor de tesis Ingeniero Xavier Serrano por toda la comprensión y asesoramiento de la misma. A mi pareja por acompañarme en todo este camino compartiendo conmigo alegrías y fracasos.

Mayra Mercedes Quito Zhinin

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme culminar esta meta, durante todos estos años me a brindado fortaleza, sabiduría y salud para seguir adelante por cada circunstancia que se atravesó en mi vida. Gracias a mis padres, hermanos y hermanas; familiares y docentes de la Universidad Politécnica Salesiana de la carrera de ingeniería eléctrica quienes me apoyaron, aconsejaron e impartieron sus conocimientos en el transcurso de este estudio académico. Al Ing. Xavier Serrano G. M.Sc. Ph.D. que siempre mostró interés y estuvo dispuesto en ayudar con dudas y sugerencias en el desarrollo de este trabajo de grado. Al Sr. Jaime Matute por haber confiado y apoyado en la realización de este proyecto Técnico con enfoque investigativo.

Juan Carlos Peralta Alvarez

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres Rosa y Segundo, quienes fueron siempre los que me impulsaron y apoyaron a seguir una carrera universitaria espero que mi papa desde el cielo este orgulloso por esta meta cumplida, a mis hermanos quienes siempre me brindaron su ayuda en los momentos mas dificiles, me enseñaron afrontar los problemas, tener perseverancia, mis principios y mis valores, todo esto con mucho amor y sin pedir nada a cambio.

Mayra Mercedes Quito Zhinin

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis padres, hermanos y hermana por brindar su apoyo y ayuda durante todo este tiempo y a mi persona por siempre buscar superarme sin importar las adversidades y por todo el sacrificio y esfuerzo dado para cumplir uno mas de mis objetivos propuestos.

Juan Carlos Peralta Alvarez

RESUMEN

El presente trabajo realiza una evaluación de la implementación de un sistema agrovoltaico aislado de la red eléctrica aplicado a la optimización del uso del suelo para la productividad de cultivos. Mediante la generación de energía solar se incorpora un sistema de riego y monitoreo para el cultivo. Con este estudio se evalúa la viabilidad del proyecto desde el punto de vista técnico y económico. El diseño del sistema fotovoltaico así como el del sistema de bombeo se ha determinado de acuerdo al recurso solar e hídrico. Los resultados de este proyecto indica que es viable implementar sistemas amigables con el medio ambiente, ya que la generación de electricidad con energía solar fotovoltaica no implica perder áreas de cultivo.

Palabras clave: agrovoltaica, sistema FV, energía solar, programador de riego, sistema de bombeo, cultivos.

ABSTRACT

The present work evaluates the implementation of an agrovoltaic system insoled from the electrical network applied to the optimization of land use for cultivations productivity. Through the generation of solar energy, an irrigation and a monitoring system is incorporated for the cultivations. With this study, the feasibility of the proyect evaluated from the technical and economic point of view. The design of the photovoltaic system as well as that of the pumping system has been determined according to the solar and water resource. The results of this project indicate that it is viable to implement environmentally friendly systems, since the generation of the electricity with photovoltaic solar energy does not imply losing cultivation areas.

Key words: agrovoltaic, PV system, solar energy, irrigation programmer, pumping system, cultivations.

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido	I
Índice de Tablas	II
Índice de Figuras	III
1 CAPITULO 1: Fundamentación Teórica	5
1.1 Marco Teórico	5
1.1.1 Sistema Fotovoltaico FV	5
1.1.2 Sistema Agrovoltaico SAV	6
1.1.3 Estructura del SAV	6
1.1.4 Factores del ambiente que influyen en el cultivo	7
1.1.5 Beneficios del SAV en la agricultura	8
1.1.6 Producción de Lechugas	9
1.1.7 Sistema de riego	10
1.1.8 Programador de riego	11
1.1.9 Bomba de agua:	11
1.2 Potencial Solar del Ecuador	12
1.2.1 Indicadores del potencial solar del Ecuador	12
1.2.2 Mapas indicadores de irradiación y potencial eléctrico fotovoltaico del Ecuador	16
2 CAPITULO 2: Dimensionamiento Del Sistema Agrovoltaico	21
2.1 Diseño del sistema Fotovoltaico	21
2.1.1 Cálculo del número de paneles	22
2.1.2 Cálculo de la capacidad del banco de baterías en Ah	22
2.1.3 Capacidad del Inversor y Regulador de carga	23
2.1.4 Esquema eléctrico del sistema Fotovoltaico.	24
2.2 Diseño del sistema de bombeo	25
2.2.1 Dimensionamiento del sistema de bombeo	25
2.2.2 Características de dimensionamiento de la bomba de agua.	28
2.2.3 Esquema y plano del sistema de bombeo:	30
3 CAPITULO 3: Operatividad y estudio económico	31
3.1 Montaje de los equipos del SAV	31
3.2 Producción obtenida con la aplicación del SAV.	37
3.3 Evaluación técnica económica	38
3.3.1 Análisis de resultados con implementación de paneles solares.	38

3.3.2	Análisis de resultados con extensión de red de distribución eléctrica aérea	40
4	CAPÍTULO 4: Conclusiones y recomendaciones	51
4.1	Conclusiones	51
4.2	Recomendaciones	52
5	Bibliografía	53
6	ANEXOS	57
6.1	Manual de equipos y Guía de usuario	58

Índice de Tablas

1.1	Tipos principales de lechugas [1]	10
2.1	Datos obtenidos de irradiación Global	21
2.2	Determinación de la demanda.	22
2.3	Cálculo de número de paneles requeridos	22
2.4	Cálculo de la capacidad del banco de baterías	23
2.5	Capacidad del banco de baterías diario	23
2.6	Cálculo de capacidad del regulador	23
2.7	Cálculo de capacidad del inversor	24
2.8	Datos obtenidos para el dimensionamiento del sistema de bombeo.	28
2.9	Especificaciones de la bomba.	29
3.1	Costos referenciales de los equipos utilizados.	38
3.2	Costos referenciales de los materiales.	38
3.3	Subtotal de mano de obra y otros gastos.	38
3.4	Indicadores económicos del proyecto VAN Y TIR.	39
3.5	Indicadores coste LCOE.	40
3.6	Presupuesto de materiales secundarios extensión de red BT.	43
3.7	Presupuesto total de materiales por etapas.	44
3.8	Volumen y Costo de la mano de obra calificada.	47
3.9	Costo de la mano de obra no calificada.	48
3.10	Informe técnico - económico.	50

Índice de Figuras

1.1	Diagrama del sistema fotovoltaico [2]	6
1.2	Ejemplo del uso de la maquinaria en una planta Agrovoltaica [3].	6
1.3	Estructura agrovoltaico[4].	7
1.4	Factores que inciden en los cultivos.	8
1.5	Programador de Riego [5].	11
1.6	Bomba solar [6].	12
1.7	Irradiación Solar Global Horizontal Anual [7].	12
1.8	Terreno apto para sistemas fotovoltaicos [8].	13
1.9	Indicador MBE - iradiancia media diaria aplicado a las estaciones meteorológicas a nivel nacional [9].	14
1.10	Radiación solar promedio anual [10].	15
1.11	Irradiación directa normal del Ecuador [11][12].	16
1.12	Irradiación global horizontal del Ecuador [11][12].	17
1.13	Potencial eléctrico fotovoltaico del Ecuador [11][12].	17
1.14	Datos del mapa de la Provincia de Cañar [11].	18
1.15	Costo nivelado de energía global [11][13]	18
1.16	Simulación del modelo difuso isotrópico en perspectiva 3D [14].	19
1.17	Resultados de la aplicación en el software Matlab de los modelos Klucher (izquierda) Liu y Jordan (derecha) [15].	20
2.1	Diagrama del FV implementado	24
2.2	Sistema de bombeo de superficie [16].	25
2.3	Bomba Centrifuga Century QB60.	29
2.4	Placa de característica del la bomba de agua.	29
2.5	Esquema del sistema de bombeo de agua.	30
2.6	Plano del sistema de bombeo de agua.	30
3.1	Izado de la estructura de los paneles solares.	31
3.2	Montaje de los paneles solares.	32
3.3	Instalación del banco de baterías.	32
3.4	Instalación del regulador de carga del sistema.	33
3.5	Montaje y conexión del inversor.	33
3.6	Montaje del programador HUNTER X2 TM	34
3.7	Configuración del programador HUNTER X2 TM	34
3.8	Conexión de la electroválvula y la bomba de 0.5 hp.	35
3.9	Colocación del abono orgánico a las plantas de lechuga.	35
3.10	Distribución del sistema de riego a las plantas de lechuga.	36

3.11	Riego por goteo programado aplicado en lechugas.	36
3.12	Producción de lechugas de la manera tradicional.	37
3.13	La producción obtenida según el tipo de cultivo.	37
3.14	Representación gráfica del valor actual neto.	39
3.15	Representación gráfica de la tasa interna de retorno.	40
3.16	Extensión de red aérea proyectada.	41
6.1	Cable de batería recomendado y tamaño de terminal.	58
6.2	Cable sugerido para conexión de entrada y salida de CA.	59
6.3	Cable sugerido para conexión de PV.	60
6.4	Guía rápida de programación del programador de riego $X2^{TM}$	61
6.5	Módulo WAND para programador de riego $X2^{TM}$	62

ANTECEDENTES

El siglo XXI se caracteriza por un vertiginoso desarrollo de la electrónica y las comunicaciones. Estos recursos son ampliamente utilizados por todas las poblaciones alrededor del mundo. Sin embargo, la indisponibilidad de la energía eléctrica en algunas regiones rurales y remotas puede ser un obstáculo a la producción de bienes y servicios, utilizando medios electrónicos en estas regiones [17].

Con el desarrollo constante de la tecnología, se han logrado crear equipos electrónicos a bajo costo para varios sectores, incluyendo la agricultura. La aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en el sector agrícola se ha utilizado después de la Segunda Guerra Mundial [17]. El trabajo existente sobre sistemas agrícolas inteligentes abarca desde agricultura de precisión, sistemas de riego y, más recientemente, sistemas agrovoltaicos (SAV) [17].

Goetzberger y Zastrow [18] fueron los primeros en proponer el SAV en el año 1982. Se plantea en este trabajo una configuración de una planta de energía solar, por ejemplo fotovoltaica (FV), que permite un uso agrícola adicional de la tierra involucrada, optimizando los colectores para la conversión de energía solar [18]. Este concepto apenas en el año 2017 empieza a tener más importancia.

Safdar Munir [19], plantea una forma de riego inteligente de agua dulce que será utilizada para la actividad agrícola. De esa manera, se puede optimizar el recurso del agua, debido a que gran parte de ella es desperdiciada por los métodos antiguos [19]. En la decisión de regar el cultivo se consideran dos aspectos que se fundamentan en la humedad ambiental, la temperatura y la humedad del suelo que determinen los sensores, así como del tipo de planta, clima y de suelo en particular. Con la fusión de ambos resultados se realiza la decisión final que se obtiene mediante un algoritmo de aprendizaje automático K-nearest Neighbors (KNN) [19]. Además, se introduce un servidor perimetral entre el (Internet of Things) IOT principal y el módulo GSM [19]. Este método, además de evitar la sobrecarga del servidor IOT para el procesamiento de datos, también reducirá la tasa de latencia [19].

La arquitectura propuesta de IOT tiene cuatro capas: la primera de estas es la de aplicación, la segunda es de procesamiento, la tercera es de transporte y finalmente la de percepción. En lugar de la arquitectura básica de IOT que consta de tres capas: aplicación, red y percepción [19]. El nivel de percepción se conoce como la capa física, lo que significa que tiene sensores para ensamblar datos [19]. En [20] se propone una arquitectura de nodos que se basa en la red IOT, para controlar variables como la humedad y temperatura del suelo, con el objetivo de tener un control del agua que es utilizada en la agricultura [20]. La solución propuesta consta de una unidad de detección, conformada por nodos inalámbricos y por la unidad de procesamiento de datos que incluye un nodo receptor que

esta conectado en serie a un microprocesador Raspberry Pi [20]. Los datos detectados se envían desde el receptor a la pasarela, utilizando el protocolo de comunicación MQTT [20]. Cuando los niveles de humedad del suelo llegan a un punto máximo, definido como el nivel de umbral, el usuario recibe una alerta a través de una interfaz móvil o web, para realizar las medidas necesarias y así evitar el despilfarro de agua y energía[20].

En [21] se realiza una revisión de los tipos de tecnologías, sus arquitecturas y su efectividad que son utilizadas en la actualidad en la agricultura [21]. También analiza los sistemas de la red IOT y su estado actual. Como resultado de la revisión de los distintos tipos de tecnologías, se enumera algunos desafíos que enfrentan los invernaderos inteligentes, potenciados por el sistema IOT [21], tales como:

- Solución de sensor confiable y de bajo costo para la supervisión del clima local que rodea un cultivo individual o la mayor parte de una planta de grandes dimensiones [21].
- Un protocolo unificado de transmisión de datos, considerando la inter-operabilidad y los estándares generalizados para la anotación, visualización y decisión de datos [21].
- El desarrollo de un "sistema experto" para facilitar a los agricultores las decisiones requeridas. Esto implica la integración de los datos ambientales y de cultivo, utilizando inteligencia artificial [21].

JUSTIFICACIÓN

El SAV (agrovoltaico = agricultura + fotovoltaica) es una nueva perspectiva de desarrollo a nivel mundial, en donde la tierra es un recurso primordial debido a que la energía y los alimentos se ven relacionados a este, por lo que es necesario la combinación de la energía y la agricultura. La energía es uno de los parámetros centrales de la vida después de la alimentación. Incluso en la preparación de alimentos, el papel de la energía es indispensable [22]. El acceso a los recursos energéticos está controlado por cuatro parámetros y estos son: disponibilidad, adaptabilidad, aceptabilidad y asequibilidad, donde la energía solar permite cumplir con todos estos parámetros [22].

Por lo tanto, en el presente trabajo se propone introducir en el cultivo tradicional, el concepto de SAV, el cual se basa en el uso del suelo compartido, tanto para la agricultura y el sistema de generación de electricidad. De esa forma se aprovecha al máximo la superficie del terreno.

Al implementar este sistema, se obtienen beneficios tales como equilibrar la producción de alimentos y energía requerida, se puede incrementar la productividad de los alimentos porque los paneles solares protegen a los cultivos de situaciones adversas como las heladas, la caída de granizo, mantiene la humedad del suelo y también protege del exceso de radiación solar. Otro beneficio consiste en la posibilidad de contar con energía eléctrica en áreas rurales, ayudando a mejorar la calidad de vida de las personas, disponiendo de iluminación y de aparatos electrónicos, tanto para el hogar como para el huerto. Este tipo de tecnología aporta positivamente al medio ambiente ya que disminuye la emisión de gases de efecto invernadero.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la implementación de los sistemas agrovoltaicos para la mejora de los cultivos en zonas andinas del Ecuador.

Objetivos Específicos

- Realizar un estudio del estado del arte acerca de los beneficios de los sistemas agrovoltaicos.
- Determinar las características meteorológicas de las zonas agrícolas andinas del Ecuador.
- Implementar un sistema agrovoltaico en la provincia del Cañar.
- Realizar una evaluación técnica-económica de la implementación de sistemas agrovoltaicos.

Capítulo 1

CAPITULO 1: Fundamentación Teórica

1.1. Marco Teórico

1.1.1. Sistema Fotovoltaico FV

El sistema FV genera energía eléctrica a partir del Sol, mediante el efecto fotoeléctrico. La tecnología FV tiene grandes ventajas debido a que se puede realizar instalaciones en lugares alejados de la red, e incluso permite desarrollar sistemas de generación distribuida, de tal forma que se genere energía en lugares cercanos a los puntos de consumo [23].

Los sistemas *FV* se pueden clasificar en tres clases:

- Aislados de la red eléctrica con baterías y sin baterías
- Conectados a la red
- Híbridos, cuando se combinan con otra fuente energética

El sistema *FV* aislado esta conformado de la siguiente manera:

1. **Generador solar** el que esta compuesto por los paneles fotovoltaicos los cuales son los encargados de captar la insolación solar [24].
2. **Acumulador** es aquel que almacena la energía que produce el generador para poder disponerla en las noches o en días nublados [24].
3. **Regulador de carga** la función de este dispositivo es evitar las sobrecargas o las descargas excesivas del acumulador, lo que ocasiona daños irreversibles. También con este dispositivo se asegura que el sistema este trabajando con su mayor eficiencia [24].

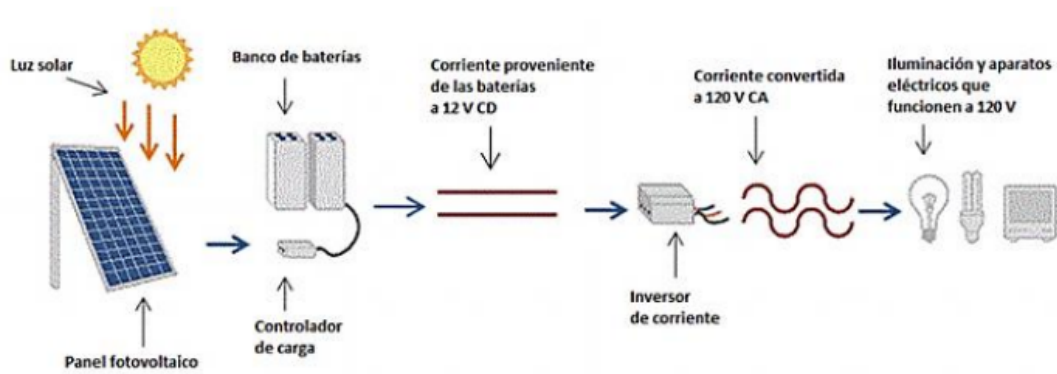


Figura 1.1: Diagrama del sistema fotovoltaico [2] .

1.1.2. Sistema Agrovoltaico SAV

Los **Sistemas Agrovoltaicos SAV** son aquellos que combinan el uso de paneles fotovoltaicos con cultivos realizados bajo estos dispositivos de generación eléctrica. Este tipo de tecnología se fundamenta en la posibilidad de aplicar un sombreado parcial que puede ser tolerado por los cultivos y de esa manera es posible reducir el consumo del agua por evaporación en tiempos de sequía [25]. El proceso de evapotranspiración que llevan a cabo los cultivos permite tener un efecto de enfriamiento del módulo fotovoltaico, mejorando el rendimiento eléctrico [26]. Esta tecnología permite prácticas agrícolas tradicionales tales como el uso de la maquinaria, lo que se imposibilita con las instalaciones fotovoltaicas a nivel del suelo [25]. Los paneles deben ser instalados en una altura superior a los 5 metros para no ocasionar problemas a la maquinaria agrícola, siempre que exista [27].



Figura 1.2: Ejemplo del uso de la maquinaria en una planta Agrovoltaica [3].

1.1.3. Estructura del SAV

En relación con la estructura del SAV, este tiene como prioridad impulsar la producción agrícola continua [4]. Para ello se debe cumplir con prácticas agrícolas y maquinaria involucrada en el proceso, por lo que es recomendable considerar una altura de la construcción de 5m, la distancia entre dos pilares verticales de 16m, la inclinación del módulo a las 12

para limitar la carga del viento y efectos de auto-sombreado del módulo independiente del GCR elegido (Proporción de cobertura del suelo) [4]. Mientras menor sea la carga del viento se tendrá una estructura de acero más ligera y una cimentación más pequeña, no es recomendable el uso de hormigón debido a que tiene un impacto negativo en el suelo [28]. En [4], se recomienda la utilización de módulos bifaciales.

El SAV ideal disminuye la radiación solar hasta alcanzar el punto de iluminación lumínica del cultivo, eliminando el exceso de radiación que impacta en la calidad, ejemplo de esta estructura se muestra en la Figura 1.3 [4].

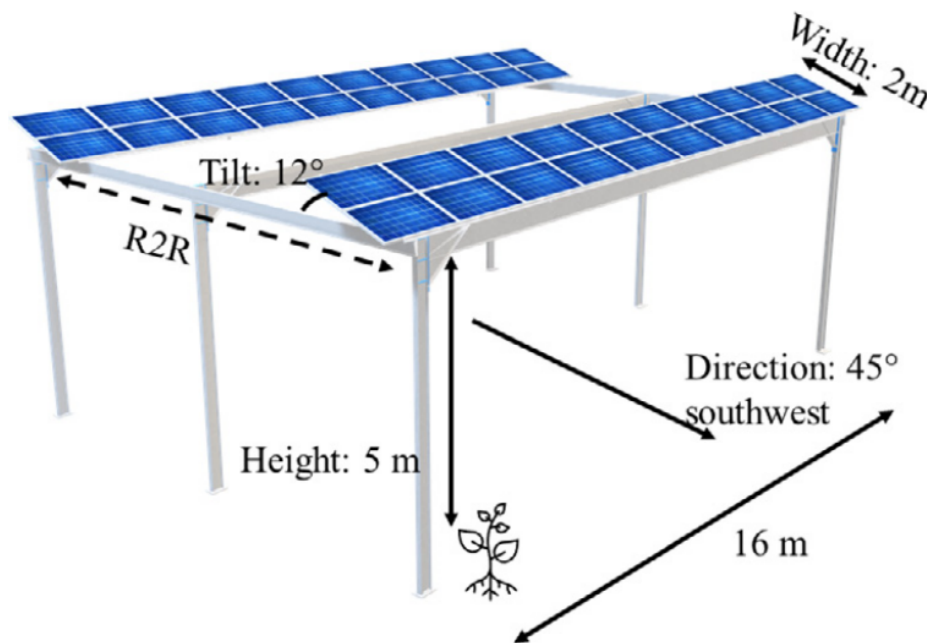


Figura 1.3: Estructura agrovoltaico[4].

1.1.4. Factores del ambiente que influyen en el cultivo

La producción en los huertos dependen de varios factores del medio ambiente tales como, la luz solar, la temperatura del aire, el agua y los gases, uno de los factores mas importantes es la humedad del suelo porque de ella depende la disponibilidad de agua en el cultivo del huerto [20]. También es importante ya que influye en el bienestar de las plantas porque afecta sus propiedades químicas y físicas.

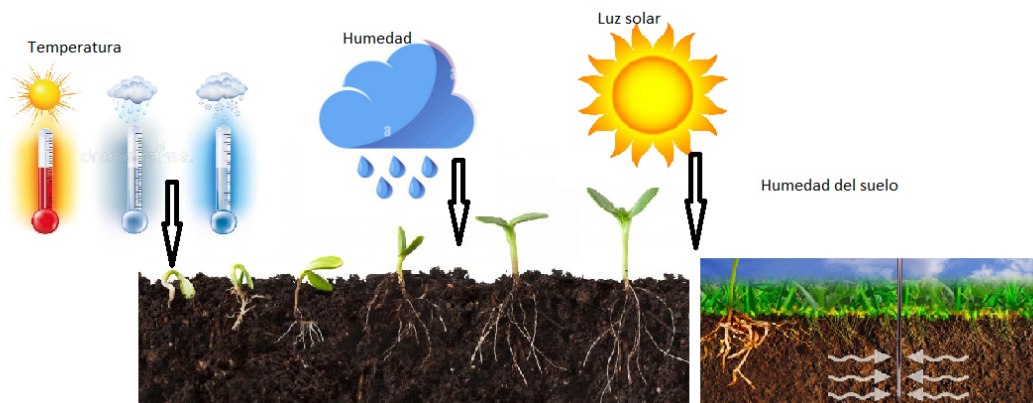


Figura 1.4: Factores que inciden en los cultivos.

El exceso de radiación solar afecta negativamente al cultivo, cuanto más tiempo un cultivo este sometido a altas temperaturas el cultivo tiende a calentarse y también el suelo donde es mayor la transpiración, y existe mayor demanda de agua. La radiación solar genera un aumento de la energía cinética del agua en los cultivos, provocando así una excitación de las moléculas del agua para una mayor absorción.

1.1.5. Beneficios del SAV en la agricultura

El crecimiento de la demanda de energía solar llevar a una competitividad por el uso del suelo y con ello un conflicto social y económico. Según Stephan Schindele et al [29], una solución a este problema es producir alimentos y energía con *SAVs*. También menciona que gobiernos como Francia, Japón, USA, China y Corea del Sur, a partir del año 2017 han desarrollado políticas de respaldo a la implementación de *SAVs* [30].

India se ha fijado un objetivo de 100GW de producción de energía a partir de la FV para duplicar los ingresos de los agricultores para 2022, de los cuales se han logrado 50GW para 2021 [31].

En la parte occidental de India se realizó un estudio, llamado Parque Solar de Gujarat, el área de la instalación es un terreno árido de marismas. Como resultado de la implementación de dicho parque, el terreno se volvió más húmedo debido a la sombra provocada por los paneles. Esto aumenta la vegetación en el área, y de esa manera el terreno se vuelve más fértil. Con la tasa de evaporación reducida por los paneles, se disminuye también la salinidad del suelo y así el terreno se vuelve apto y favorable para el cultivo de plantas de tomate [32].

Malu [33] propuso un sistema fotovoltaico para el cultivo de uvas en la India, en donde las plantaciones van sostenidas por un enrejado. La propuesta consiste en instalar los paneles *FV* en los espacios no utilizados entre los enrejados y así aprovechar al máximo el terreno. Para esto se realizó una simulación utilizando el modelo SAM de NREL, donde los resultados muestran que se puede aumentar el valor económico global de las exportaciones en 15 veces más que en el cultivo tradicional [33].

En Francia se realizó un estudio de producción de distintos cultivos en una misma superficie de terreno, que se someten a la sombra generada por los paneles solares. En el estudio las plantas de lechuga y otros cultivos hortícolas llegan a tener un rendimiento alto en la sombra parcial que genera los paneles. El *SAV* tiene resultados positivos porque demuestra que la sombra en los cultivos de hortalizas regados con los paneles permiten ahorrar entre un 14 % y un 29 % de agua evapotranspirada, según el nivel de sombra y del cultivo [34].

1.1.6. Producción de Lechugas

La lechuga o como su nombre científico lo denomina, *Lactuca sativa* es uno de los vegetales más sencillos de cultivar ya sea en huertos, macetas, tierras recién trabajadas, e incluso en aeroponía o hidropónia. El cultivo de lechuga de hoja verde en relación con el cultivo convencional tiene una productividad superior al 40 %, y en densidad de área cultivable se consigue un rendimiento de al rededor del 400 % en incremento [35].

Factores como la intensidad de la luz, la duración del día, el espectro de color, temperatura ambiente, humedad, entre otros, son componentes que afectan al crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga [36] [1].

Las semillas germinadas de varias lechugas denominadas (microgreens) se les considera como un alimento saludable debido a su elevada concentración de nutrientes y minerales [1]. A más de absorber nutrientes, el patrón de crecimiento depende también de las especie de planta [37].

La lechuga tiene una alta plasticidad ecológica pero su expresión fenotípica, morfológica, fisiológica y anatomía están influenciadas significativamente por condiciones ambientales[1]. Para su desarrollo, se considera el espectro color en el rango de (440-460 nm), una humedad de ($80 \pm 5\%$) y una temperatura de ($20 \pm 2^\circ C$) [1].

La raíz pivotante de la lechuga puede alcanzar hasta (60-70 cm) y otras raíces que brotan lateralmente de la principal entre (10-15 cm) de largo, la hojas se desarrollan según su tipo formando rosetas de hojas y algunas una cabeza floja y menos abundante, en colores verde, rojo o amarillo, con bordes que pueden llegar a ser lisos o dentados.

Según se desarrolla la planta, su cabeza toma diferentes formas y tamaños según su tipo. Este proceso toma de 10 a 15 días posterior al desarrollo del tallo, mientras que su tallo floral aparece entre los 45 y 60 días después de la plantación [1].

La lechuga al tener un periodo vegetativo corto, las cabezas se pueden cosechar de 45 a 50 días y después de 120 días las semillas [1]. La lechuga se puede hallar en una diversidad de colores, formas y dimensiones. Los tipos principales se detallan en la Tabla 1.1 por nombre común y científico.

La temperatura óptima para que las hojas se desarrollen es de entre 16 y $20^\circ C$ dependiendo de la intensidad de luz. Para la formación del tallo y flores oscila entre 20 y $22^\circ C$, por encima de los $25^\circ C$ algunos tipos de lechugas no se desarrollan bien. El pH considerado es de 6-7.2, hay que evitar un pH exageradamente ácido. La lechuga requiere de mucha humedad durante su desarrollo, cuando se cultiva en el suelo la humedad ideal ronda entre

Tipo	Nombre común	Nombre científico
1	lechuga crujiente	(var.capitata L. nidus jaggeri Helm)
2	lechuga mantecosa	(var.capitata L. nidus tenerrima Helm)
3	lechuga romana o Cos	(var.longifolia Lam., var.romana hort. en Bailey)
4	lechuga de hoja o corte	(var. acephala Alef., syn. var.secalina Alef., syn. var. crispa L.)
5	tallo o espárrago	(Asparagus) lettuce (var. angustana Irish ex Bremer, syn. var.asparagina Bailey, syn. L. angustana Hort. In Vilm.)
6	lechuga latina	(sin nombre científico).

Tabla 1.1: Tipos principales de lechugas [1] .

el 70 y 80 %, el rendimiento es bajo si se tiene una temperatura mayor y una humedad menor. Se debe considerar que demasiada humedad atrae enfermedades a la planta [1].

La luz ayuda a la lechuga en el periodo de vegetación, los macro-elementos como el fósforo y potasio ayudan a la formación de la cabezas rellenas en la planta, mientras que el nitrato fomenta el crecimiento de la cabeza y el incremento de producción. La cosecha de la lechuga se efectúa en un clima seco y fresco para evitar la atracción de las hojas al estar mojadas [1]. Para la cosecha se cortan las lechugas mas desarrolladas desde su base con la finalidad de permitir que las plantas restantes sigan creciendo. Finalmente se empaican por capas, de forma que la base cortada quede en la parte superior.

1.1.7. Sistema de riego

El suministro de agua es importante en irrigación de cultivos por lo que cada vez es necesario realizar métodos de riego inteligente aplicando novedosas tecnologías tales como sistemas para monitorear o dispositivos IoT con el fin de disminuir la intervención humana y mejorar la productividad.

Métodos de riego

1. **Riego por aspersión.** - El sistema de riego por aspersión es una técnica de riego que imita la precipitación normal del agua [38]. Esto se logra al bombear el agua y dirigirlas mediante tuberías y elementos aspersores, lo cual permite rociar los cultivos por medio de gotas de agua fluviales que caen en el suelo. Requieren de una gran cantidad de agua y son más implementados para plantas como árboles frutales, jardines y verduras.
2. **Riego de superficie.** - El riego de superficie es el método de riego más común, su función es hacer que el agua fluya por canales a lo largo de cultivo. Es una técnica ampliamente utilizada en países como China, Japón e India [38]. Es arriesgado pero rentable en el cultivo de alimentos a gran escala de ya que requiere de grandes cantidades de agua y una revisión constante [38]. Este sistema es usado en cultivos de arroz y trigo.
3. **Riego por goteo.** - El riego por goteo es un sistema muy eficaz, involucra cantidades limitadas de acceso al agua en un sitio específico. Este sistema se puede utilizar para cualquier clase de suelo, respaldar el desarrollo de una gran cantidad de especies

de plantas. Es un método de riego común en países con regiones secas, esta técnica pretende reducir el uso del agua y evitar la escasez de la misma [38]. También se requiere tiempo para configuraciones, pero de los sistemas mencionados, es el que menos cantidad de agua gasta y no necesita de un monitoreo constante.

1.1.8. Programador de riego

El programador de riego es un dispositivo automático utilizado para el control de riego por medio de actuadores como sensores, electroválvulas, bombas, arrancadores de bomba de agua, etc [39]. La programación puede ser establecida por el técnico o agricultor.

Los programadores de riego son de tipo analógicos (funcionan mediante un reloj mecánico) o digitales (funcionan con una pantalla que permite programar los diferentes parámetros). Estos programadores pueden alimentarse por electricidad convencional o baterías y pueden ser conectados por bluetooth o Wifi para gestionar y comandar su funcionamiento mediante dispositivos móviles, tablets o computadoras [40].



Figura 1.5: Programador de Riego [5].

1.1.9. Bomba de agua:

Generalmente se utiliza un motor de corriente directa (CD), estos motores operan a un voltaje de 24, 36 y 48 voltios y pueden funcionar a 32, 42 y 64 voltios [41]. Se denomina bomba solar si la alimentación de energía lo realiza por medio de los paneles solares, la implementación del motor de CD es mas sencilla a diferencia de un motor de corriente alterna (AC), debido que para realizar la conversión de energía de un panel solar se requiere de la instalación de un convertidor de DC a AC que produce un elevado costo de instalación e incluso pérdida de energía por la conversión [41].

Para instalaciones con un motor de (CA) de 110 o 120 voltios se incorpora un relé de arranque al motor para su control.



Figura 1.6: Bomba solar [6].

1.2. Potencial Solar del Ecuador

1.2.1. Indicadores del potencial solar del Ecuador

El atlas solar fue creado con los fines de generación eléctrica, en donde representa energía solar promedio de los valores diarios de insolación tanto la difusa como la global, en la Figura 1.7 se puede observar los lugares de mayor irradiación en el país y por lo tanto con grandes ventajas de generar energía fotovoltaica [7].

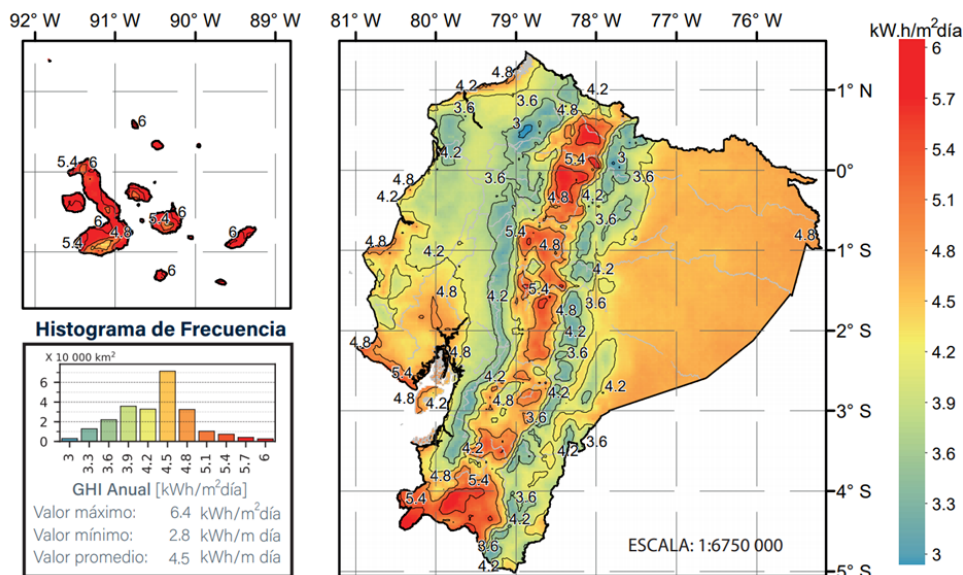


Figura 1.7: Irradiación Solar Global Horizontal Anual [7].

El Ecuador posee una gran ventaja al estar ubicado sobre la línea ecuatorial, ya que la irradiación solar es constante todo el año por lo que nos ahorra la necesidad de utilizar

muchos acumuladores de energía. En los Andes se crea múltiples microclimas lo que provoca una disminución de potencial en ciertos lugares [7]. En la región de los Andes se tiene una radiación mayor a comparación de los niveles de la costa y del oriente que son menores, esto se debe a la altitud.

La irradiación global horizontal anual del Ecuador va desde los $2,8kWh/m^2/dia$ a $6,4kWh/m^2/dia$, con estos datos se puede determinar que los niveles de radiación solar en el Ecuador son altos, como para tener la posibilidad de implementar plantas solares que lleguen a generar potencias de $312GW$ que es equivalente a $456TWh$ por año este valor equivale aproximadamente a quince veces el potencial eléctrico técnico y económicamente aprovechable del país, sin embargo en en la matriz energética solar es muy baja [7] [42].

En la figura 1.8 se muestra los lugares más adecuados para la instalación de sistemas fotovoltaicos, esto se obtuvo en un ejercicio de investigación que tenía como objetivo, identificar el potencial fotovoltaico para compensar la estacionalidad hidroeléctrica, realizado por Jara Alvear José, el mapa resultante nos muestra los valores máximos de 0.97 y mínimo de 0.11 del terreno apropiado para los sistemas fotovoltaicos [8].

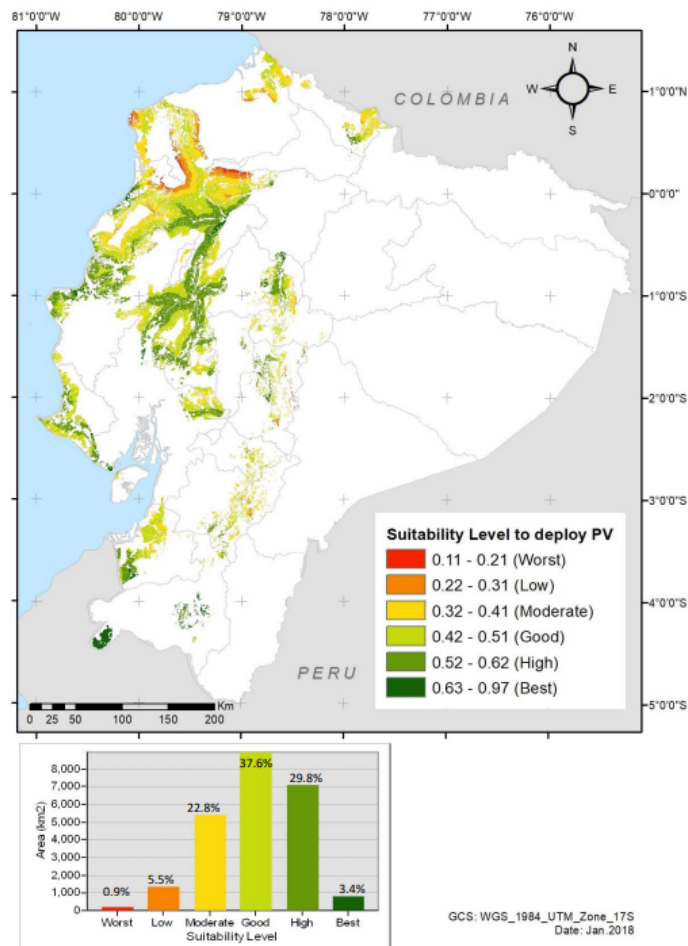


Figura 1.8: Terreno apto para sistemas fotovoltaicos [8].

El área apropiado para el sistema fotovoltaico es de $805km^2$ que corresponde a un 3,4 %

del territorio nacional, en esta área se consideran 10 provincias de las cuales 6 son de la región Andina, como son Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Loja y las 5 restantes corresponden a las provincias de la region costa como son Manabí, Guayas, Oro, Santa Elena y Los Ríos.

Vaca Revelo, presenta una investigación que se enfoca en corroborar los datos satelitales de radiación solar obtenidos de National RenewableEnergy Laboratory (NREL), con los datos de mediciones terrestres en el Ecuador, para este proyecto recopilaron datos de radiación solar de la Secretaria de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito que tiene a su cargo 6 estaciones meteorológicas que miden el GHI, el Instituto Nacional de meteorología e Hidrología (INAMHI) que cuenta con 519 estaciones meteorológicas a nivel nacional, de las cuales 36 de ellas son de mucho interés para este estudio ya que poseen datos de irradiancia horizontal global [9]. El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovables(INER) por su parte tiene 27 estaciones solares de las cuales 17 están ubicadas en el cantón Cuenca y el resto están en la provincia del Chimborazo, una de las estaciones meteorológicas que más datos tiene corresponde a la Belisario ubicada en Quito esta estación registra 12 años de mediciones, por tal motivo fue seleccionada como caso de estudio para el proyecto, MATLAB es el software utilizado para realizar la comparación usando el modelo matemático PHYSICAL SOLAR MODEL (PSM) [9].

Luego de haber realizado la comparación en la estación que fue previamente seleccionada, se aplico también para el resto de estaciones que se encuentran distribuidas en todo el territorio nacional, la investigación dio como resultado que los datos satelitales mensuales de radiación expuestos por el NREL son confiables en un 88 % en el Ecuador [9].

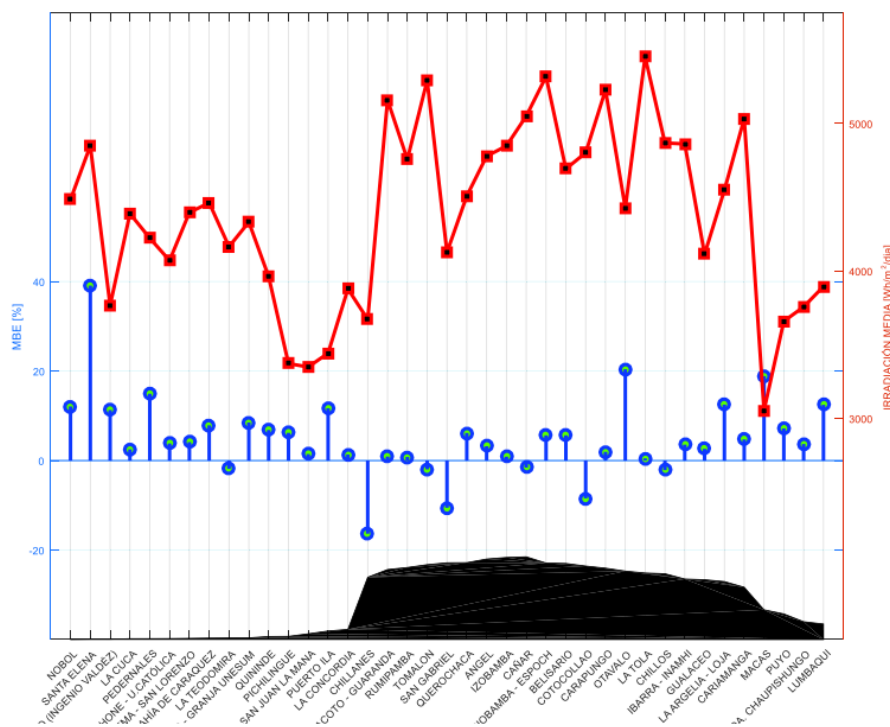


Figura 1.9: Indicador MBE - irradiancia media diaria aplicado a las estaciones meteorológicas a nivel nacional [9].

En la Figura 1.9 se presenta el indicador MBE e irradiación media diaria según varía la ubicación de la estación meteorológica, como se ilustra en la figura la parte central corresponde a los datos de la región Sierra en donde se observa que la irradiancia es mayor a comparación con los de la región Costa (parte izquierda) y de la región Amazónica (derecha) lo que nos indica que en esta región existe un excelente potencial solar que se debe aprovechar al máximo.

Hernandez, Alvarez y Peralta [10], hacen uso del modelo Hottel, donde obtienen mapas de radiación del sur del Ecuador, para conocer con mayor precisión la capacidad de energía solar en esta región. Se usaron los métodos teóricos de Hottel y el software PVGIS para el cálculos de la variable meteorológica. Teniendo como objetivo principal comparar resultados con los expuestos por la NASA, aplicando el modelo se concluye que no existe diferencias significativas en los valores anuales que se obtuvieron con aquellos reportados por la NASA como también con los obtenidos por la CONELEC [10].

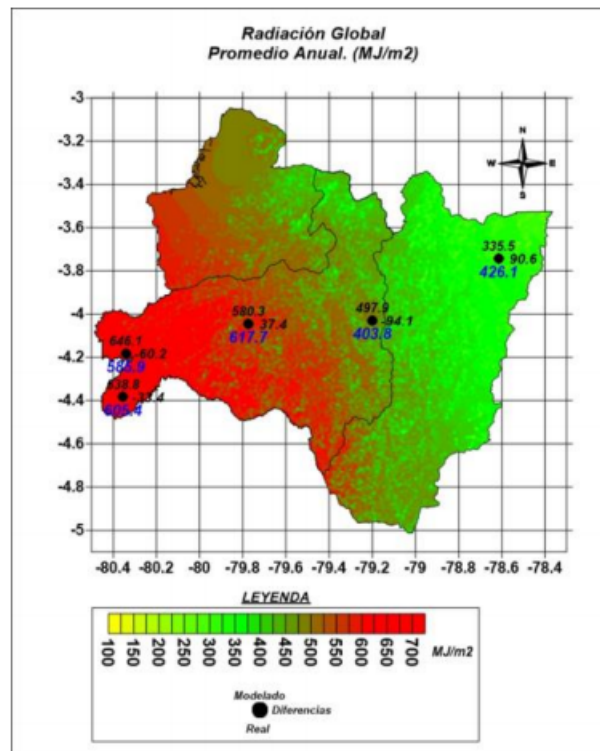


Figura 1.10: Radiación solar promedio anual [10].

1.2.2. Mapas indicadores de irradiación y potencial eléctrico fotovoltaico del Ecuador

Los mapas representados en las Figuras 1.11,1.12,1.13, son de Solargis preparado para el Banco Mundial contienen la última actualización efectuada en octubre de 2019 y datos calculados a partir de 1994-1999-2007 a 2018 [11].

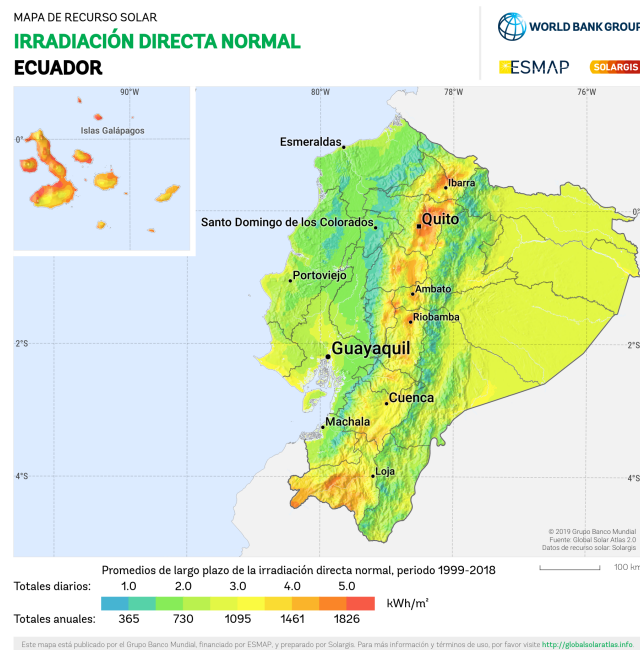


Figura 1.11: Irradiación directa normal del Ecuador [11][12].

Los datos de solargis, representan el potencial de energía fotovoltaica (FV) en el Ecuador en promedios de largo plazo. Para la provincia del Cañar los valores de irradiación directa normal (*DIN*) se encuentran en el rango de 1,26 a 4,10 kWh/m^2 por día.

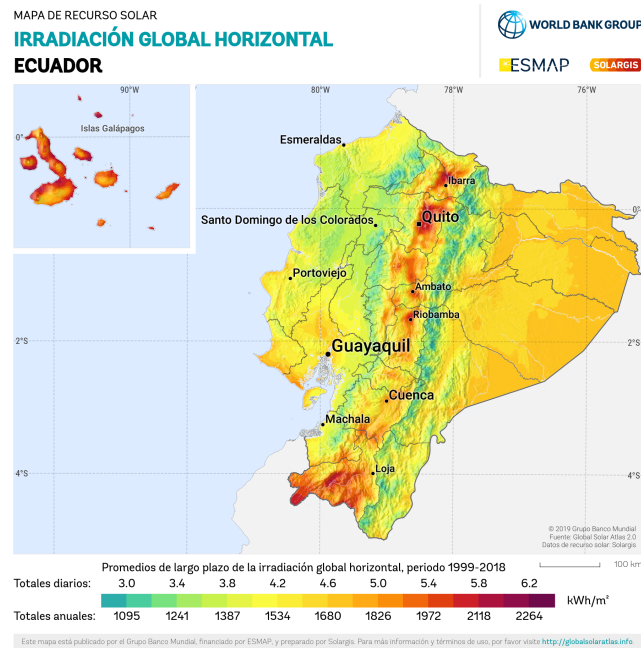


Figura 1.12: Irradiación global horizontal del Ecuador [11][12].

Los datos de irradiación global horizontal (*GHI*) que es la suma de los componentes de irradiación directa e irradiación difusa recibida por una superficie horizontal[13].

En la provincia del Cañar se encuentran entre 3,35 a 5,19 kWh/m^2 por día. Estos valores permiten comparar las condiciones naturales para la implementación de cualquier tecnología fotovoltaica sin considerar un diseño técnico [13] [11].

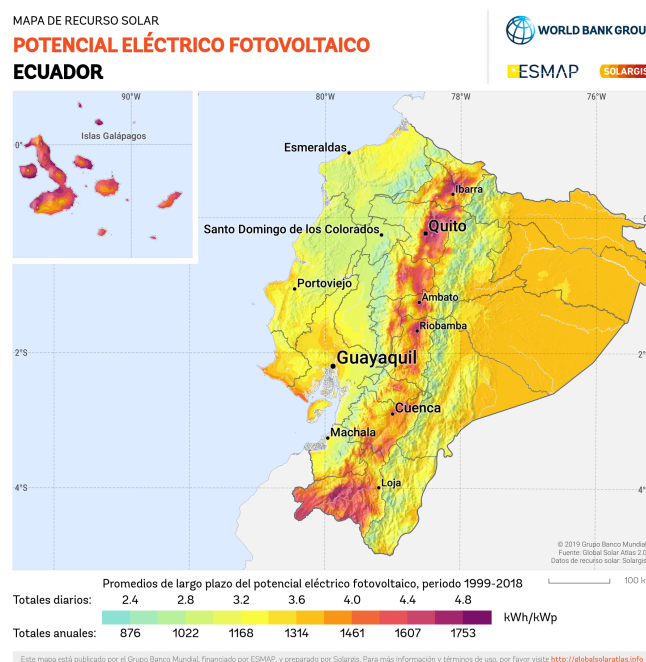


Figura 1.13: Potencial eléctrico fotovoltaico del Ecuador [11][12].

La potencia de salida fotovoltaica ($PVOUT$) representa la cantidad de energía generada por unidad de capacidad fotovoltaica instalada a largo plazo, medida en kilovatio hora por kilovatio pico instalado del sistema [11]. El rango mínimo y máximo para la provincia de Cañar esta entre $2,67$ a $4,28 kWh/kWp$ por día.

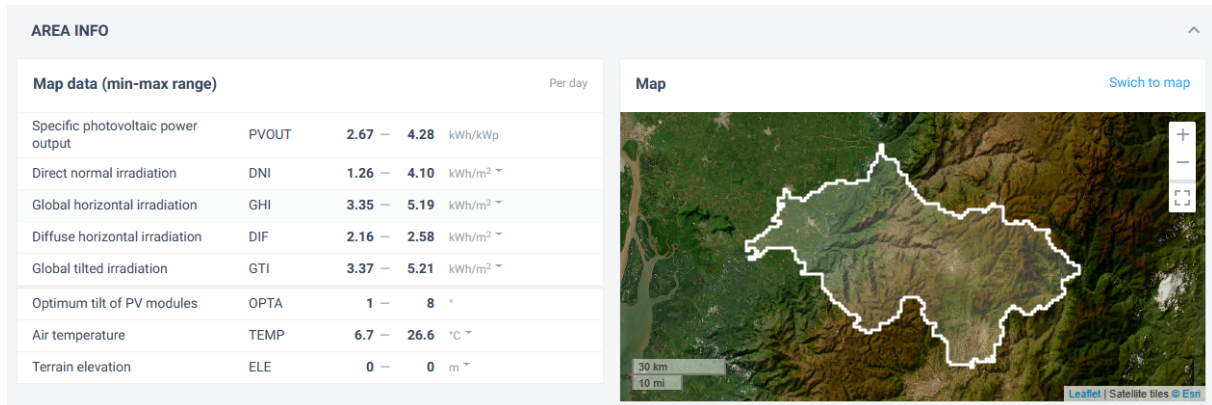


Figura 1.14: Datos del mapa de la Provincia de Cañar [11].

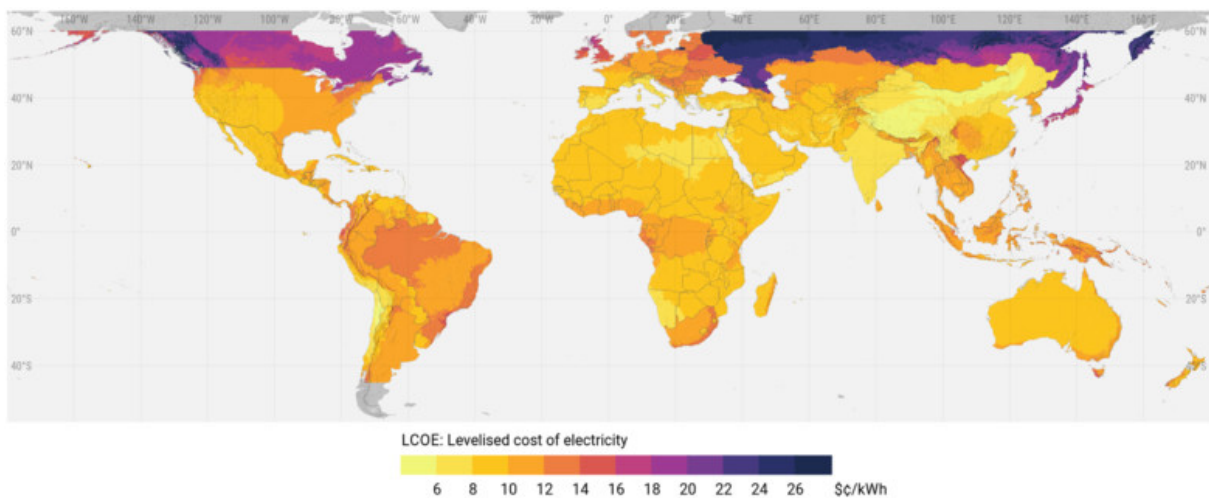


Figura 1.15: Costo nivelado de energía global [11][13]

El potencial fotovoltaico económico se evalúa por medio del costo nivelado de energía (LCOE), este costo permite conocer cuanto cuesta producir una unidad de energía y comparar la energía solar con otras tecnologías de generación [13].

El valor $LCOE$ en 2018, globalmente oscilo entre $0,06USD$ hasta $0,26USD$ por kWh con un promedio de $0,12USD$, esto tomando como suposiciones simplificada de costo de construcción y operación de una planta de energía fotovoltaica montada a tierra, con una vida útil de 25 años [13].

La orientación de los paneles solares es un factor crucial para optimizar su rendimiento y maximizar la producción de energía solar. La orientación ideal de los paneles solares depende principalmente de la ubicación geográfica en la que te encuentres. En [14] utilizan cinco modelos matemáticos para estimar la radiación total recibida por una superficie plana, para estos modelos se utilizan variables meteorológicas como la radiación global, directa, difusa y reflejada, estos modelos estimadores corresponden a (Modelo Difuso Isotrópico MDI, Liu & Jordán L&J, Temps & Coulson T&C, Klucher K y Pérez et al. P). Los datos climáticos fueron obtenidos de dos estaciones ubicadas en la ciudad de Cuenca, que pertenecen a la Universidad Politécnica Salesiana, para el estudio fueron tomados los datos desde el año 2014 hasta el año 2017.

En la siguiente figura 1.16 se observa el resultado de la aplicación del modelo difuso isotrópico aplicando diferentes ángulos de inclinación y orientación, construyendo así una figura tridimensional, estos modelos son aplicados para cada una de las 8760 horas del año. Según los resultados de los modelos matemáticos aplicados se recomienda que en la ciudad de Cuenca la ubicación más adecuada es a una orientación de 35° con respecto al norte (NNE), con un ángulo de inclinación de 15° [14].

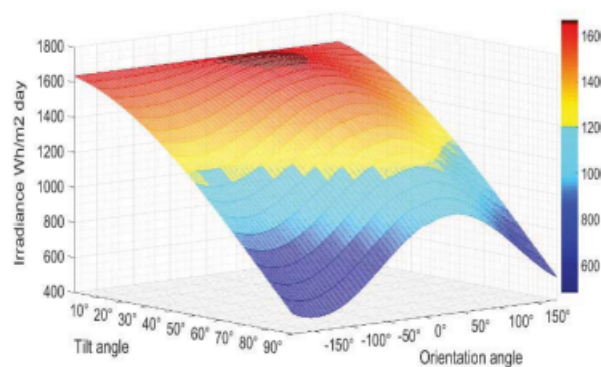


Figura 1.16: Simulación del modelo difuso isotrópico en perspectiva 3D [14].

Las ciudades más pobladas del Ecuador como Quito, Guayaquil, Cuenca, Loja, Machala, Santo Domingo, Portoviejo y Ambato, son consideradas para realizar un caso de estudio que determina los ángulos óptimos de inclinación y orientación de superficies planas, para incrementar la captura de la radiación solar, basada en modelos matemáticos ya existentes [15]. Para la realización de este caso de estudio se utilizó el software MATLAB ya que ofrece herramientas y funciones especializadas para el procesamiento y análisis de señales e imágenes, también ofrece una amplia variedad de funciones y herramientas para el análisis y visualización de datos.

En la figura 1.17 se observa los resultados de la irradiancia según el modelo Klucher (izquierda) y el modelo de Liu y Jordan (derecha) en la ciudad de Cuenca- Ecuador, en donde se puede apreciar que los resultados son semejantes, por lo tanto para una superficie plana la orientación de 34° con respecto al norte y a un ángulo de inclinación de 16° son los más óptimos para obtener una insolación más significativa [15].

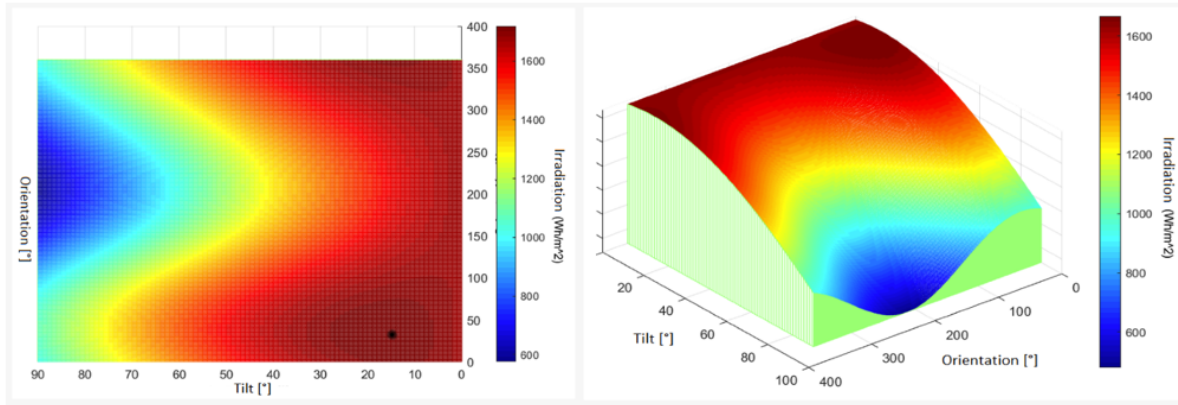


Figura 1.17: Resultados de la aplicación en el software Matlab de los modelos Klucher (izquierda) Liu y Jordan (derecha) [15].

Capítulo 2

CAPITULO 2: Dimensionamiento Del Sistema Agrovoltaico

2.1. Diseño del sistema Fotovoltaico

En este capítulo se describe el desarrollo del FV autónomo en la parte rural de la ciudad de Azogues, específicamente en el sector de Zhigshiqín con las coordenadas -2.7385 y -78.858. En base al atlas solar del año 2019 se obtuvo los datos de la irradiación global horizontal del sector, para obtener datos de irradiación a distintos ángulos se utilizó el software PVGIS que dispone una base de datos meteorológicas del lugar en la siguiente tabla se muestran los resultados:

IRRADIACIÓN GLOBAL ($kWh/m^2/dia$)				
	°0	°10	°15	° 20
Enero	4.72	4.59	4.44	4.27
Febrero	4.9	5.15	5.02	4.87
Marzo	4.3	4.032	3.99	3.93
Abril	4.5	4.4	4.41	4.39
Mayo	4.3	4.61	4.66	4.68
Junio	3.9	3.66	3.71	3.75
Julio	4.5	4.25	4.31	4.35
Agosto	4.3	3.77	3.79	3.79
Septiembre	4.8	4.72	4.69	4.63
Octubre	5.1	4.69	4.6	4.49
Noviembre	5.1	4.95	4.78	4.59
Diciembre	4.9	4.68	4.49	4.29

Tabla 2.1: Datos obtenidos de irradiación Global

En la Tabla 2.2 consta la demanda energética que debe ser cubierta por el sistema FV.

Equipo	Pot. inst (W).	Cantidad	Tiempo (h)	Fact. simultaneidad	Potencia (W)	Energía (Wh/día)
Programador	12	1	24	1	12	288
Electroválvula	1.5	1	1	1	1.5	1.5
Bomba de agua	372.85	1	1	1	372.85	372.85
				TOTAL	386.85	662.35

Tabla 2.2: Determinación de la demanda.

Con base en los datos obtenidos anteriormente, se calcula el número de paneles, banco de baterías, regulador de carga y el inversor, considerando que el valor de la irradiación solar a ser aplicado para el presente proyecto es de $3,66kW/m^2da$, dato correspondiente al mes de junio y a una inclinación de 10 grados, dicho mes es considerado el mes más crítico en la zona.

2.1.1. Cálculo del número de paneles

Con la Ecuación 2.1.1, indicada a continuación, se calcula el número de paneles fotovoltaicos requeridos, teniendo en cuenta que para el presente proyecto se utilizan unidades de 75 Watts.

$$N_{\text{mero}}_{\text{módulos}} = \frac{\text{Energía necesaria}}{\text{Potencia}_{\text{módulo}} \times \text{Rendimiento}_{\text{campo}} \times \text{radiación solar}} \quad (2.1)$$

NÚMERO DE MÓDULOS		
Potencia	W	75
Radiación Solar	kWh/m^2dia	3.66
Voltaje de trabajo del panel solar	V	12
Rendimiento campo	%	0.8
Intensidad	A	15.0808
Número Paneles		3.01

Tabla 2.3: Cálculo de número de paneles requeridos

2.1.2. Cálculo de la capacidad del banco de baterías en Ah

Para el cálculo del banco de baterías del sistema se consideró 3 días de autonomía, tensión nominal del sistema 12V, esto debido a que la potencia instalada es menor a 1500W, adicionalmente para el diseño se utilizó una profundidad de descarga de 0.7. Resultando en 2 baterías de 150 Ah.

$$\text{Baterias} = \frac{\text{Energía necesaria} \times \text{días autonomía}}{\text{Voltaje} \times \text{Profundidad descarga}} \quad (2.2)$$

CAPACIDAD DE BATERÍAS		
Días de autonomía	día	3
Profundidad de descarga	DoD	0.7
Voltaje	V	12
Energía Necesaria	Wh/día	662.35
Capacidad	Ah	236.55
Número baterías 150Ah		2

Tabla 2.4: Cálculo de la capacidad del banco de baterías

DEMANDA ELÉCTRICA EN AH		
Demanda en AC+DC	Wh/d	662.35
Voltaje del sistema en DC	Vdc	12
Amperios hora	Ah	55.19
Degradación del sistema	%	5
Ah efectivo	Ah	58.10
Total Ah carga	Ah/día	58.10

Tabla 2.5: Capacidad del banco de baterías diario

2.1.3. Capacidad del Inversor y Regulador de carga

Para el cálculo del regulador en primer lugar se determinó la corriente máxima que circula por este dispositivo, para asegurar un correcto funcionamiento del equipo se considero un 125% de la corriente máxima calculada, conforme se detalla en la Tabla 2.6, dando como resultado un regulador de 30A.

$$\text{Regulador} = \text{Porcentaje seguridad} \times \text{corriente max} \times \text{número paneles} \quad (2.3)$$

REGULADOR DE CARGA		
Número de paneles	u	4
Corriente max. módulo	A	4.74
Porcentaje seguridad	%	1.25
Imax regulador	A	23.7
Comercial	A	30
Número regulador 30A		1

Tabla 2.6: Cálculo de capacidad del regulador

El inversor, deberá ser capaz de soportar un 25% más de la potencia de la carga total de

CA; por lo tanto, su capacidad se determina de la siguiente manera:

$$Inversor = 1,25 \times \frac{Demanda}{Eficiencia\ inversor} \quad (2.4)$$

INVERSOR		
Carga instalada en AC	W	386.85
Factor demanda	%	100
Demanda	W	386.85
Eficiencia del inversor	%	95
Capacidad calculada	W	406.68
Porcentaje de seguridad	%	1.25
Capacidad nominal		500

Tabla 2.7: Cálculo de capacidad del inversor

Sin embargo, debido a las corrientes pico durante el arranque de la bomba, se consideró un inversor de 800 W.

2.1.4. Esquema eléctrico del sistema Fotovoltaico.

A continuación se detalla el esquema eléctrico del sistema FV resultante de los cálculos.

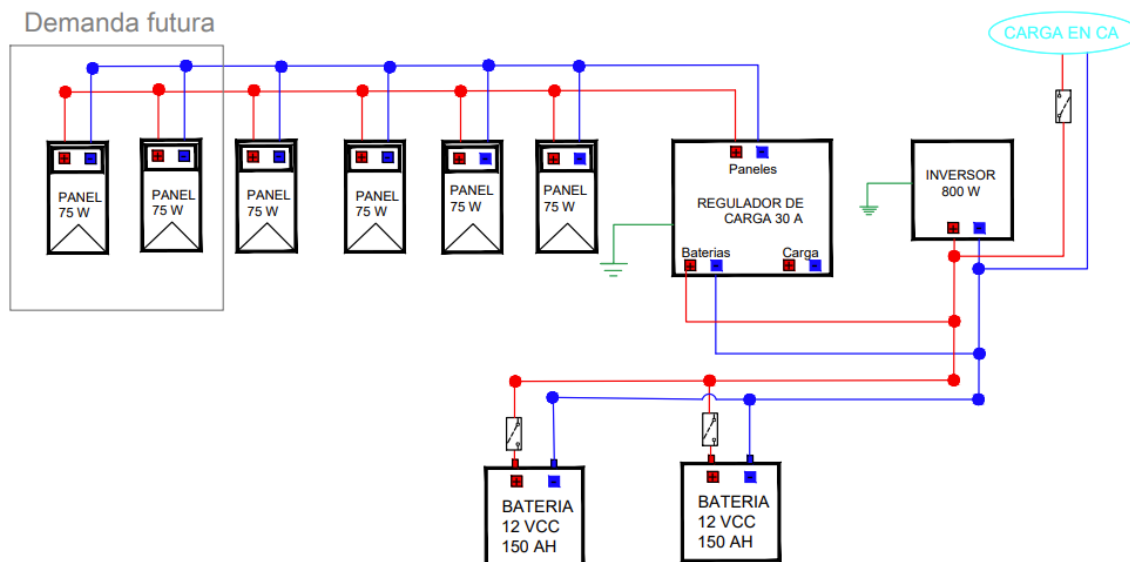


Figura 2.1: Diagrama del FV implementado

2.2. Diseño del sistema de bombeo

Dada la ubicación en dónde se implementó este proyecto, por las situación climatológica, fue necesario un sistema de bombeo de agua para riego del cultivo de lechugas, tanto en su fase de germinación y crecimiento de la hortaliza. La bomba de agua se energiza con el sistema fotovoltaico, para este proyecto se bombea el agua en la mañana y en la tarde. Para controlar este sistema de bombeo se utiliza un programador de riego, un embalse de agua, tubería y electroválvula.

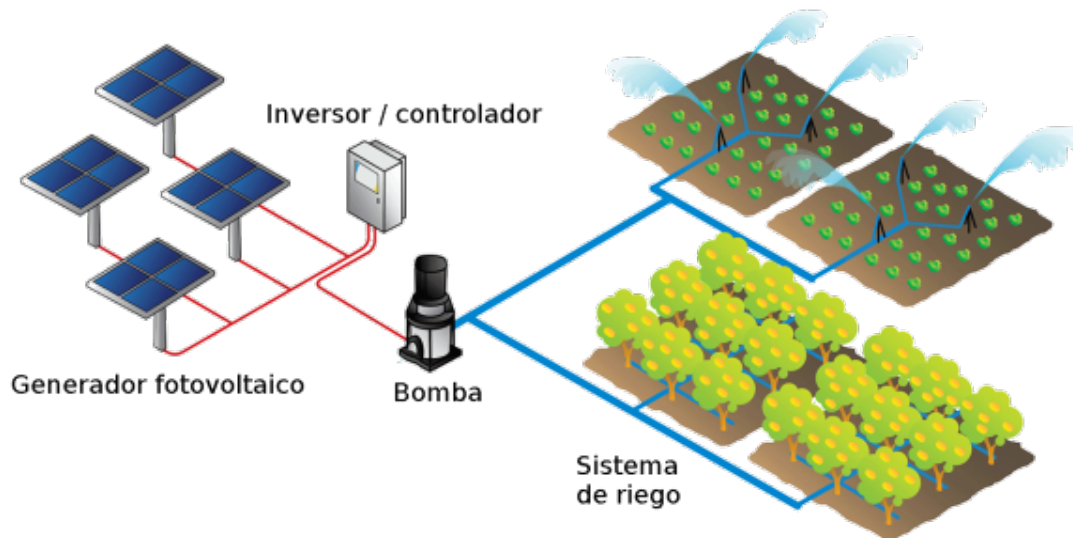


Figura 2.2: Sistema de bombeo de superficie [16].

2.2.1. Dimensionamiento del sistema de bombeo

Es necesario conocer algunas características técnicas al momento de diseñar un sistema de bombeo, tales como: el caudal, potencia de la bomba, altura del deposito, velocidad a la que llega el agua, pérdidas por fricción y accesorios, entre otros.

Por medio del **caudal** se conoce el volumen del agua [43].

$$Q = \frac{V_o}{T_B} \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad (2.5)$$

$Q \rightarrow$ caudal (m^3/s)

$V_o \rightarrow$ volumen (m^3)

$T_B \rightarrow$ tiempo de bombeo (s)

La **masa** (m) se puede determinar con la siguiente ecuación [43].

$$\gamma = \frac{m}{V_o} \left[\frac{N}{m^3} \right] \quad (2.6)$$

$\gamma \rightarrow$ *Peso específico del agua* (N/m^3)
 $m \rightarrow$ *masa* (kg)
 $V_o \rightarrow$ *volumen* (m^3)

La **energía potencial almacenada** se determina por medio de esta ecuación [43]:

$$E_p = \frac{m \cdot g \cdot h_3}{3600000} [kWh] \quad (2.7)$$

$E_p \rightarrow$ *energía potencial* (kWh)
 $g \rightarrow$ *gravedad* (m/s^2)
 $h_3 \rightarrow$ *altura del depósito inferior al superior* (m)

La **potencia de la bomba** se puede determinar a partir de la siguiente ecuación [43]. Para este caso se asume un rendimiento del sistema de 80 %.

$$P_b = \frac{Q \cdot g \cdot \rho \cdot h_b}{746 \cdot \eta} [hp] \quad (2.8)$$

$P_b \rightarrow$ *potencia de la bomba* (hp)
 $h_b \rightarrow$ *cabeza neta de la bomba* (m)
 $\eta \rightarrow$ *rendimiento de la bomba*
 $\rho \rightarrow$ *densidad del agua* (kg/m^3)

Al conocer la **cabeza neta de la bomba** [43], se determina el drenaje de agua en el tubo, se hace uso de la ecuación de balance de energía mecánica de fluidos [43]. Enunciado matemático representado como ecuación de Bernoulli[44] [43].

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + \frac{P_1^2}{\mu} + h_b = h_3 + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} + \frac{P_3^2}{\mu} + hf_{13} \quad (2.9)$$

$h_{13} \rightarrow$ *carga de altura del nivel de referencia* (m)
 $V_{13} \rightarrow$ *carga de velocidad de escurrimiento* (m/s)
 $hf_{13} \rightarrow$ *pérdidas por fricción* (m)
 $P_{13} \rightarrow$ *carga de presión atmosférica del nivel de referencia* (pa)

El valor de h_1 y V_1 se intuye como 0, esto por que en un inicio no hay altura de bombeo Por tal motivo la velocidad (V_1) en un pozo constantemente llenándose también se considera 0 [43]. La presión (P) tanto para la zona 1 como zona 3 es atmosférica[43].

Considerando estos datos la ecuación simplificada se representa como:

$$h_b = h_3 + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} + hf_{13} [m] \quad (2.10)$$

$V_3 \rightarrow$ *velocidad del fluido en el deposito superior* (m/s)

Para establecer la **altura** del depósito de almacenamiento de agua, inferior al superior se usa la siguiente ecuación [43].

$$h_3 = h_{PB} + h_{BD} [m] \quad (2.11)$$

$h_3 \rightarrow$ carga de altura de nivel de referencia zona superior (m)

$h_{PB} \rightarrow$ altura del pozo o tanque a la bomba (m)

$h_{BD} \rightarrow$ altura de la bomba a depósito superior (m)

Se determina la **velocidad** a la que el agua llega a la entrada del depósito superior por medio del caudal y el diámetro o área transversal de la tubería [43].

$$V_3 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{Q}{A} [m/s] \quad (2.12)$$

$D \rightarrow$ diámetro de la tubería (m)

$A \rightarrow$ área transversal de la tubería (m²)

Las **pérdidas por fricción** dentro de la tubería, pérdidas primarias, se determina por Darcy-Weisbach [43].

$$hf_{13} = F \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_3^2}{2 \cdot g} [m] \quad (2.13)$$

El diámetro de la tubería de succión y drenado es de 20mm, las pérdidas secundarias influyen accesorios en la tubería de 20mm de diámetro, dichas pérdidas se presenta con la siguiente ecuación.

$$hf_{13} = F \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_3^2}{2 \cdot g} + K_a \cdot \frac{V_3^2}{2 \cdot g} [m] \quad (2.14)$$

$K_a \rightarrow$ coeficiente de accesorio

Las pérdidas por cargas localizadas para este caso contiene valores de K_a [45]. Para 4 codos de 90°, acople reductor 5 y 1 unión T.

$$K_a = K_{a90} + K_{ar} + K_{aT} \quad (2.15)$$

El **coeficiente de fricción**, se determina por medio de Reynolds y rugosidad relativa[43][45]. La rugosidad varía de acuerdo al material de la tubería, para este caso la rugosidad es de $3,0 \times 10^{-7}$.

$$F = \frac{1,325}{\left[\text{Log} \left(\frac{1}{3,7 \cdot \frac{D}{\varepsilon}} + \frac{5,74}{N_R^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (2.16)$$

$F \rightarrow$ coeficiente de fricción

$N_R \rightarrow$ número de Reynolds

$D \rightarrow$ diámetro de la tubería(m)

$\varepsilon \rightarrow$ rugosidad relativa de la tubería

El **coeficiente de Reynolds** para establecer el comportamiento del fluido se determina por medio de la siguiente ecuación [43] [45], $\rho = 998 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ y $\mu = 1,02 \times 10^{-6} \text{ (Pa} \cdot \text{s)}$ [45], se toma de valores normalizados a una temperatura de 20°C :

$$N_R = \frac{\nu \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{\nu \cdot D}{V} \quad (2.17)$$

$\nu \rightarrow$ velocidad del fluido (m/s)

$D \rightarrow$ diámetro interno de la tubería(m)

$\rho \rightarrow$ densidad del agua(kg/m³)

$\mu \rightarrow$ viscosidad dinámica del fluido (Pa · s)

$V \rightarrow$ viscosidad cinemática del fluido (m²/s)

2.2.2. Características de dimensionamiento de la bomba de agua.

Dimensionamiento de la bomba de agua										
Evento [%]	Caudal [m ³ /s]	D [m]	V ₃ [m/s]	N _R	F	h ₃ [m]	hf13 [m]	hb [m]	Pb [Hp]	Pb [kW]
100 %	0.000803	0.02	2.5578	1005.3526	0.012	2.5	6.4432	41.0346	0.54	0.4043
90 %	0.000723	0.02	2.3021	904.8174	0.012	2.5	5.2206	33.7146	0.40	0.2990
60 %	0.000482	0.02	1.5347	603.2116	0.012	2.5	2.3203	16.3732	0.13	0.0968
50 %	0.000401	0.02	1.2789	502.6763	0.012	2.5	1.6113	12.1341	0.08	0.0598
30 %	0.000241	0.02	0.7674	301.6058	0.012	2.5	0.5801	5.9683	0.02	0.0176
20 %	0.000160	0.02	0.5116	201.0705	0.012	2.5	0.2578	4.0415	0.01	0.0080

Tabla 2.8: Datos obtenidos para el dimensionamiento del sistema de bombeo.

Especificaciones de la bomba:

Se necesita conocer la potencia de la bomba, la energía del sistema, la capacidad máxima (L/min), su altura máxima de succión independientemente si se utiliza un tipo de bomba sumergible o bomba de superficie.

Para este caso de estudio y validación de datos se usa la bomba centrífuga de superficie marca Century, modelo QB60, que tiene una potencia de 0.5 hp (0.373 kW) como se observa en la Figura 2.3, la misma contendrá características de fabrica representadas en la Tabla 2.9 y Figura 2.4.



Figura 2.3: Bomba Centrífuga Century QB60.

- Especificaciones: (110V-250V/60Hz 3450 R.P.M)

Modelo	Capacidad max.(Lpmin)	Presión max.(m)	Altura máx.de succión (m)	Potencia (hp)	Diámetro descarga (1")
CENTURY	35	31	8	0.5	1.25"x1"

Tabla 2.9: Especificaciones de la bomba.

CENTURY			
Modelo:QB60		No. Serie:	
H. máx. 31m		Q. máx. 35 lpm	
110V	60Hz	4.3 A	0.5HP
3,450 r/min	Succión máx. m	20μF/250V	
CLASE: B	IP44	S1	1.25"X1"

Figura 2.4: Placa de característica del la bomba de agua.

2.2.3. Esquema y plano del sistema de bombeo:

Como se observa en la figura 2.5 esta contiene características básicas, como la bomba, el tanque de reserva, tuberías, válvula, electroválvula, filtro y un programador de riego, implementos necesarios para este sistema de bombeo de agua vinculado a la producción de lechugas. En la figura 2.6 se puede apreciar el área y el sistema de distribución empleado.

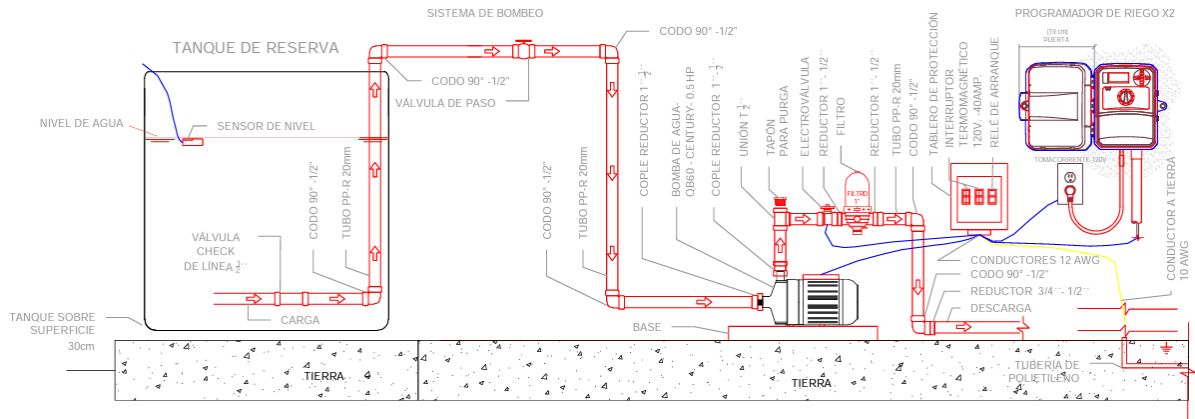


Figura 2.5: Esquema del sistema de bombeo de agua.

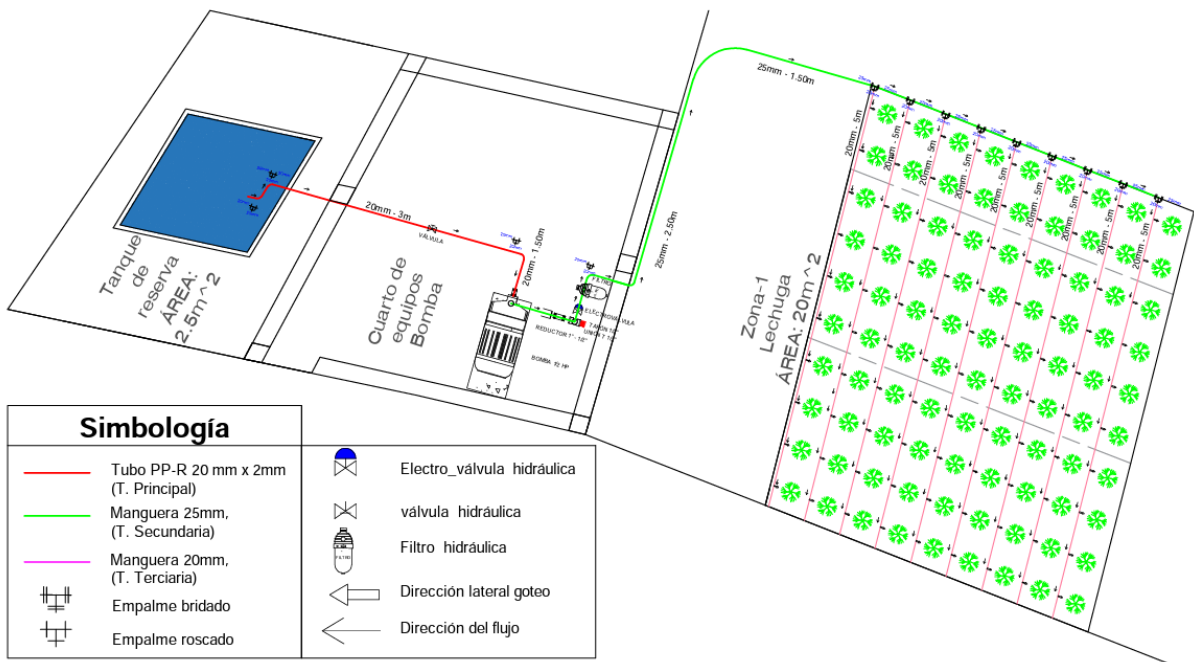


Figura 2.6: Plano del sistema de bombeo de agua.

Capítulo 3

CAPITULO 3: Operatividad y estudio económico

3.1. Montaje de los equipos del SAV

Los paneles FV deben estar por al menos 8 horas diarias libres de sombras, a fin de asegurar la energía requerida. Los módulos fotovoltaicos se instalaron en una estructura metálica de 4 metros de altura como se muestra en la figura 3.1, para evitar las sombras y permitir la libre accesibilidad a los trabajos agrícolas. Los paneles solares están orientados hacia el norte con una inclinación de 10 grados, para que el agua de la lluvia realice el trabajo de limpieza [46]. La estructura donde están colocados los paneles solares esta fijada al suelo con una base de hormigón para dar una mayor estabilidad.



Figura 3.1: Izado de la estructura de los paneles solares.



Figura 3.2: Montaje de los paneles solares.

Para un correcto funcionamiento, tanto de los equipos electrónicos y las baterías del sistema FV se ubicó en un lugar seco y con abundante ventilación. Para una mejor funcionalidad de las baterías en paralelo se instaló lo más cercano posible como se presenta en la Figura 2.4.

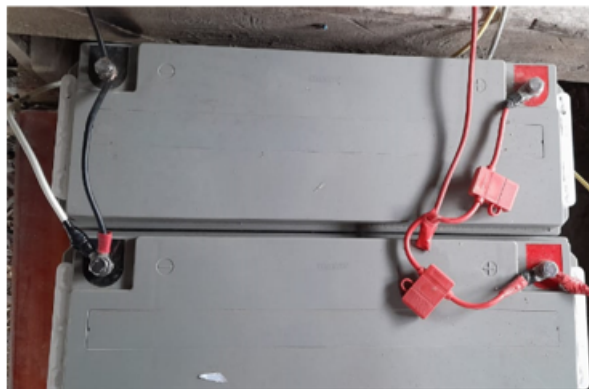


Figura 3.3: Instalación del banco de baterías.

El regulador de carga utilizado en el proyecto se presenta en la Figura 3.4, es el que inspecciona constantemente el estado de carga de las baterías y ajusta la corriente proveniente de los paneles solares según sea necesario. Cuando las baterías están completamente cargadas, el regulador de carga limita la corriente que fluye desde los paneles solares hacia las baterías para evitar la sobrecarga, esto ayuda a prolongar la vida útil de las baterías y protegerlas contra daños.



Figura 3.4: Instalación del regulador de carga del sistema.

El inversor de carga, que para el proyecto se utilizó un inversor de 800W, ya que debe ser capaz de soportar las corrientes de pico que se presenta al momento de encender la bomba en la Figura 3.5 se ilustra el inversor que ya se encuentra operando.



Figura 3.5: Montaje y conexión del inversor.

Con la finalidad de automatizar el riego se utiliza un programador de marca HUNTER (Figura 3.6), se incorpora un módulo WAND para Wi-Fi, este dispositivo permite gestionar automáticamente mediante el Software Hydrawise. Se configuró para que el riego sea automático en dos horarios 6am y 6pm con una duración de 5 minutos cada uno. Las ventajas principales de utilizar este equipo es su flexibilidad para gestionar 6 estaciones conocidas como zonas, facilitando el control de riego en línea [5].

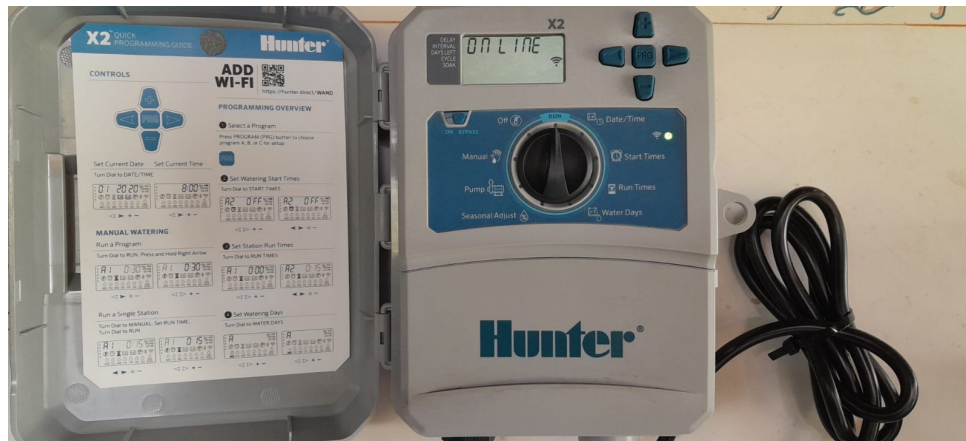


Figura 3.6: Montaje del programador HUNTER X2TM.

La aplicación hydrawise utilizada para el programador Hunter permite programar y controlar el riego por medio de un teléfono móvil como se observa en la Figura 3.7.

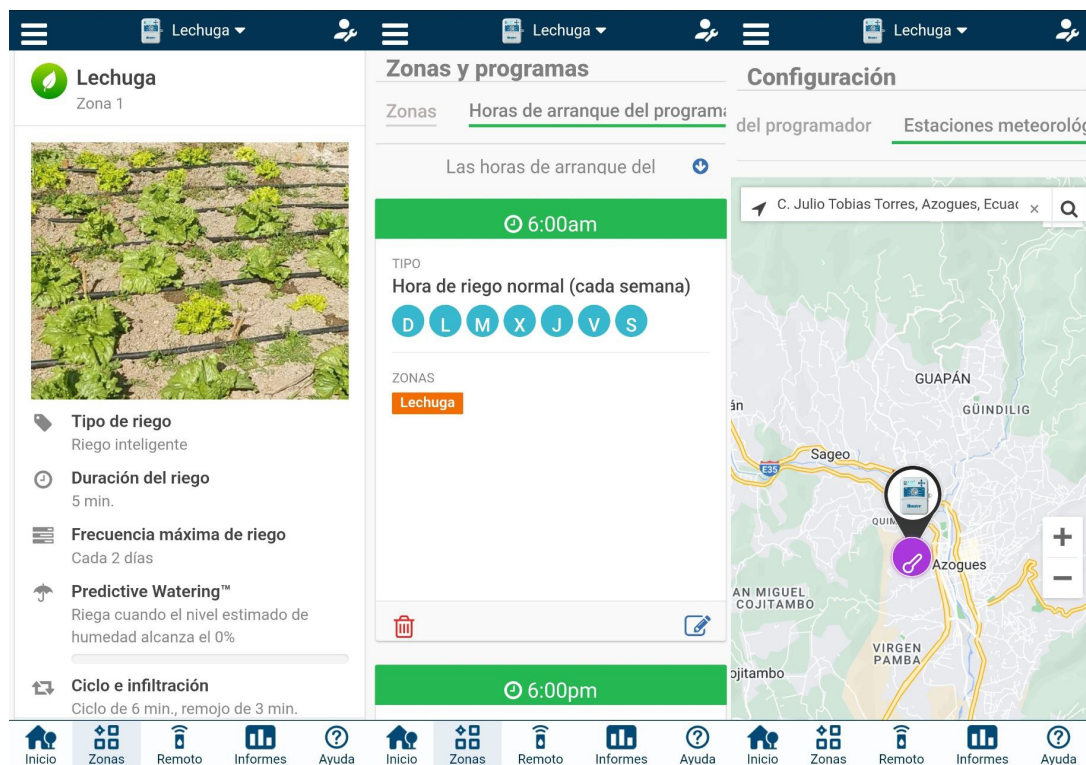


Figura 3.7: Configuración del programador HUNTER X2TM.

Como parte del sistema de riego, la bomba de 0.5 hp es la encargada de extraer el agua del tanque de reserva, junto a ella se encuentra una electroválvula cuya principal función es de permitir o no el paso del agua, también se ha incorporado un filtro para prevenir cualquier impureza y de esa manera evitar obstruir la tubería como se ilustra en la Figura 3.8.

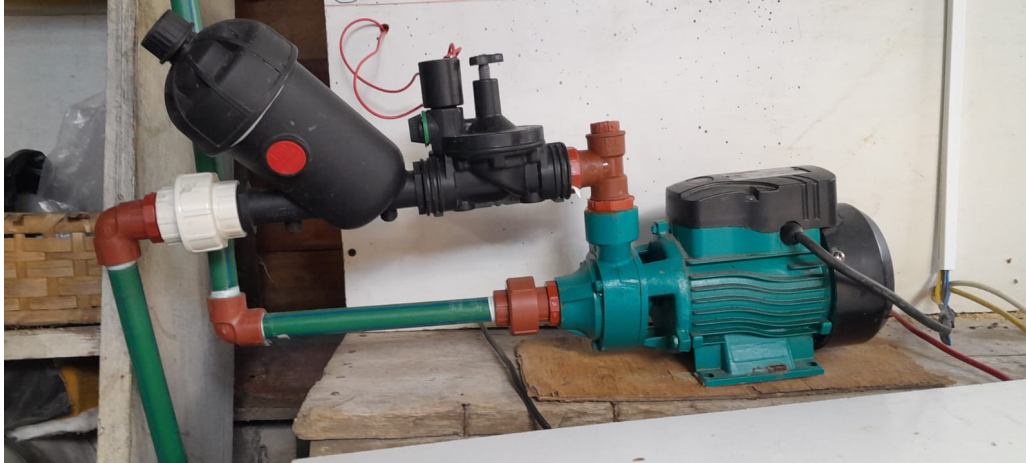


Figura 3.8: Conexión de la electroválvula y la bomba de 0.5 hp.

El sistema de riego implementado sirve para suministrar el agua requerida por el tipo de lechuga utilizada, que corresponde a la ICEBERG, una característica de esta lechuga es que son resistentes a las bajas temperaturas presentes en la zona, para este proyecto fueron sembradas alrededor de 125 plantas distribuidas a 30 cm de distancia de cada una. Adicionalmente para asegurar una buena producción se colocó abono orgánico y los respectivos fertilizantes orgánicos para hortalizas. En la Figura 3.9 se ilustra la disposición del abono en el cultivo de lechugas.



Figura 3.9: Colocación del abono orgánico a las plantas de lechuga.

En el proceso del desarrollo de las plantas de lechuga, el sistema de riego empleado utiliza

el método del goteo, el mismo que fue implementado en 10 filas con una sola matriz, proveyendo de esta manera el agua requerida para el desarrollo óptimo de la plantación. A continuación en la Figura 3.10 se indica la distribución del sistema de riego implementado.



Figura 3.10: Distribución del sistema de riego a las plantas de lechuga.



Figura 3.11: Riego por goteo programado aplicado en lechugas.

En la Figura 3.12 se presenta el cultivo de lechugas de la manera tradicional, claramente se observa que en tiempos de sequía las plantas se ven seriamente afectadas, ya que son cultivos que requieren de riego constante para mantener a humedad en el suelo, en este tipo de cultivo es común usar el riego por aspersión y de inundación, lo que puede resultar en

un consumo de agua muy alto en comparación con técnicas más modernas y eficientes. En el cultivo tradicional las plantas se encuentran expuestas en el suelo sin ninguna protección adicional, existe una mayor probabilidad de sufrir daños por enfermedad y de esa manera se presenta mayor riesgo de pérdida. Es importante destacar que estas desventajas del cultivo tradicional pueden mitigarse o superarse con prácticas agrícolas mejoradas y técnicas más modernas, como la agricultura de precisión, el uso de invernaderos, sistemas de riego eficientes y la aplicación del sistema agrovoltaico.



Figura 3.12: Producción de lechugas de la manera tradicional.

3.2. Producción obtenida con la aplicación del SAV.

Para poder realizar un análisis comparativo en la siguiente figura 3.13 se tomaron dos muestras, la una correspondiente al cultivo tradicional (derecha) y la otra al sistema agrovoltaico, donde se observa que las lechugas producidas por el SAV aumentaron en tamaño y también su tiempo de maduración fue menor, debido a que las lechugas del cultivo tradicional tardan por tres meses en estar listas para el consumo, mientras que las del SAV se desarrollaron en dos meses. En los mercados locales las lechugas sembradas tradicionalmente se comercializan a $0,30USD$, ahora las que fueron producidas por el SAV se están comercializando a $0,50USD$. Anteriormente en la misma parcela de terreno se producía 60 plantas donde el agricultor obtenía $18USD$ con la venta de su producción, con la implementación del SAV su productividad aumento a 125 plantas, ahora el mismo agricultor obtiene $62,50USD$ con la venta de las lechugas en los mercados locales, obteniendo así una ganancia de $44,50USD$ que significa un buen ingreso.



Figura 3.13: La producción obtenida según el tipo de cultivo.

3.3. Evaluación técnica económica

Dentro de la evaluación económica se consideran dos casos de estudio, el primero corresponde a la implementación de paneles solares para el sistema de riego y control, mientras que en el segundo se considera una implementación de una extensión de red de distribución eléctrica aérea. Estos resultados económicos permiten conocer la factibilidad del proyecto agrovoltaico.

3.3.1. Análisis de resultados con implementación de paneles solares.

1. Evaluación con implementación de paneles solares

Una vez realizados los cálculos, es necesario establecer los costos de los dispositivos que van a conformar el sistema fotovoltaico, obteniendo así los siguientes valores:

Equipo	Marca	Modelo	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Regulador	EPSOLAR	LS3024B	1	120	120
Inversor	POWEST	SP-700	1	300	300
Batería	NPP	NPP NPG12-150Ah 12V	2	230	460
Panel Solar	KOMAES SOLAR	KOMAES SOLAR KM75	6	140	840
				SUBTOTAL	1720

Tabla 3.1: Costos referenciales de los equipos utilizados.

Estructura metálica	1	130	130
Interruptor magnético de 40 A	1	9	9
Interruptor magnético de 6 A	1	7	7
Conductor número 10	100 mts	0.51	51
Varilla puesta a tierra 1.20m	1	9	9
Materiales varios			30
		SUBTOTAL	236

Tabla 3.2: Costos referenciales de los materiales.

Transporte	1	100
Mano de obra	1	185
Otros gastos	1	150
	SUBTOTAL	435

Tabla 3.3: Subtotal de mano de obra y otros gastos.

El costo total del sistema incluido el IVA es de 2,391USD, en este sistema aislado se debe tener en cuenta la vida útil de las baterías las que pueden estar entre los 5 y 8 años con su debido mantenimiento, para el análisis se toma el caso más crítico que

es 5 años. Teniendo en cuenta la vida útil del sistema que corresponde a los 25 años entonces significaría que se debe realizar el cambio de 5 veces en ese tiempo.

En la Tabla 3.4 se observan los resultados económicos, donde el valor del VAN resulta ser positivo, es decir, que se va a recuperar la inversión en 9.09 periodos y de igual manera el valor del TIR llega a superar la tasa de interés de 8.2%, con esto podemos concluir que el proyecto es económicamente viable. Es importante señalar que en el flujo de caja positivo se considera la productividad generada, y los precios de la energía del sistema fotovoltaico.

VAN	728.14
TIR	% 11
PR	9.09

Tabla 3.4: Indicadores económicos del proyecto VAN Y TIR.

En la gráfica 3.14 se ilustra los flujos de efectivo generados por un proyecto a lo largo de los 25 años. En el eje horizontal se representa el tiempo en años, en el eje vertical se representa el flujo de caja efectivo en ese período de tiempo.

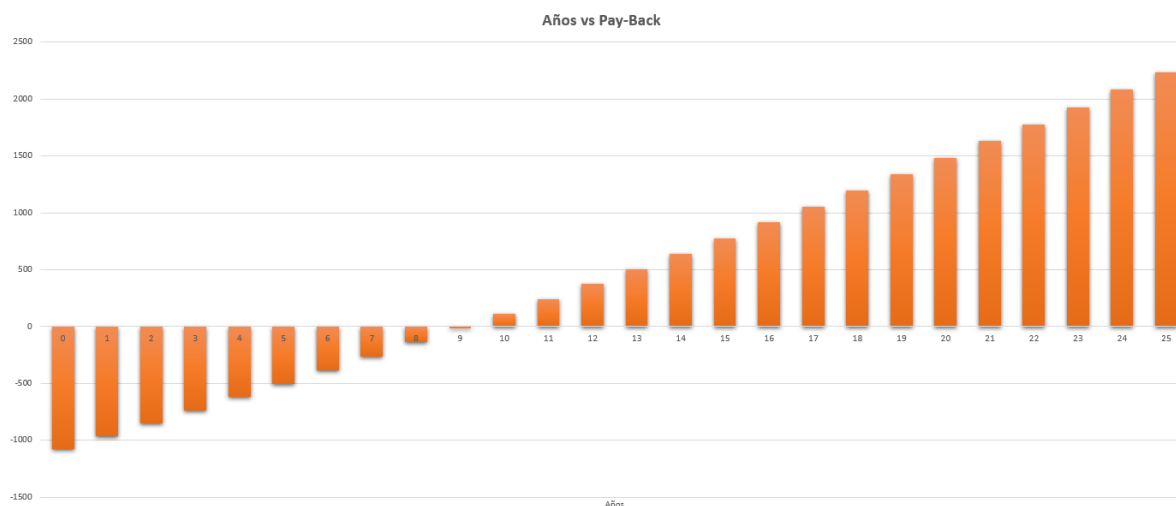


Figura 3.14: Representación gráfica del valor actual neto.

El TIR también se representa mediante la Figura 3.15 que muestra los flujos de efectivo generados por un proyecto a lo largo de los 25 años. En el eje vertical se representa el flujo de efectivo, es decir, los ingresos o egresos monetarios. En el eje horizontal se representa el tiempo en años.

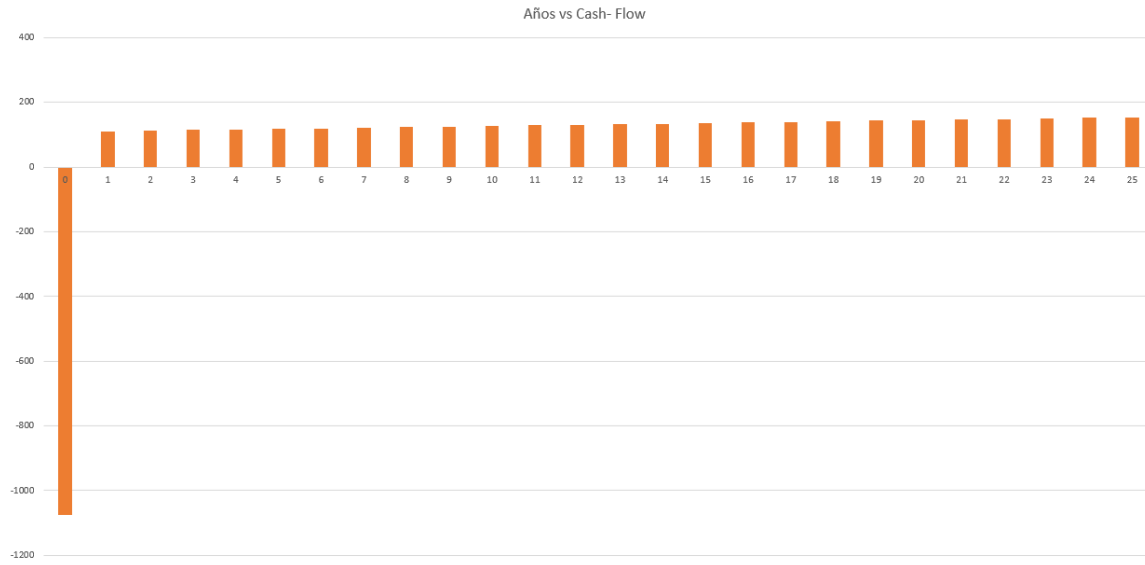


Figura 3.15: Representación gráfica de la tasa interna de retorno.

El coste nivelado de energía (LCOE) permite calcular el coste por kilovatio hora en cada estructura de generación eléctrica durante su ciclo de vida, en la energía solar. El LCOE para este proyecto y sus características se representa en la siguiente tabla.

Potencia (MW)	0.000387
Costo capital	\$2,391.00
M&O	\$12.94
Costo de vida (n)	25
Combustible (año)	0
Tasa (r)	% 8.5
Factor de capacidad (cf)	%22
Factor de recuperación de Capital (CFR)	7.687
Generación anual (MWh)	0.746
LCOE (MWh)	24669.435

Tabla 3.5: Indicadores coste LCOE.

3.3.2. Análisis de resultados con extensión de red de distribución eléctrica aérea

2. Evaluación con extensión de red de distribución eléctrica aérea

Cerca del sitio intervenido para el proyecto, ubicado en el punto denominado Zhigshiquin de la ciudad de Azogues perteneciente a la provincia de Cañar, se encuentra instalado un transformador monofásico en poste, con una potencia de $25kVA$, correspondiente al alimentador A0123 y perteneciente a la Empresa Eléctrica Azogues (EEA), a partir de aquel transformador se proyecta una extensión de red eléctrica aérea hacia el sitio.

Esta extensión consta de una distancia aproximada de 127m lineales, la cual contendrá una red en baja tensión (BT) con postes circulares de hormigón armado de 12m de altura y carga mínima de diseño de 500kg. Además cuenta con sus respectivas estructuras de soporte y materiales eléctricos para el tendido de la red.

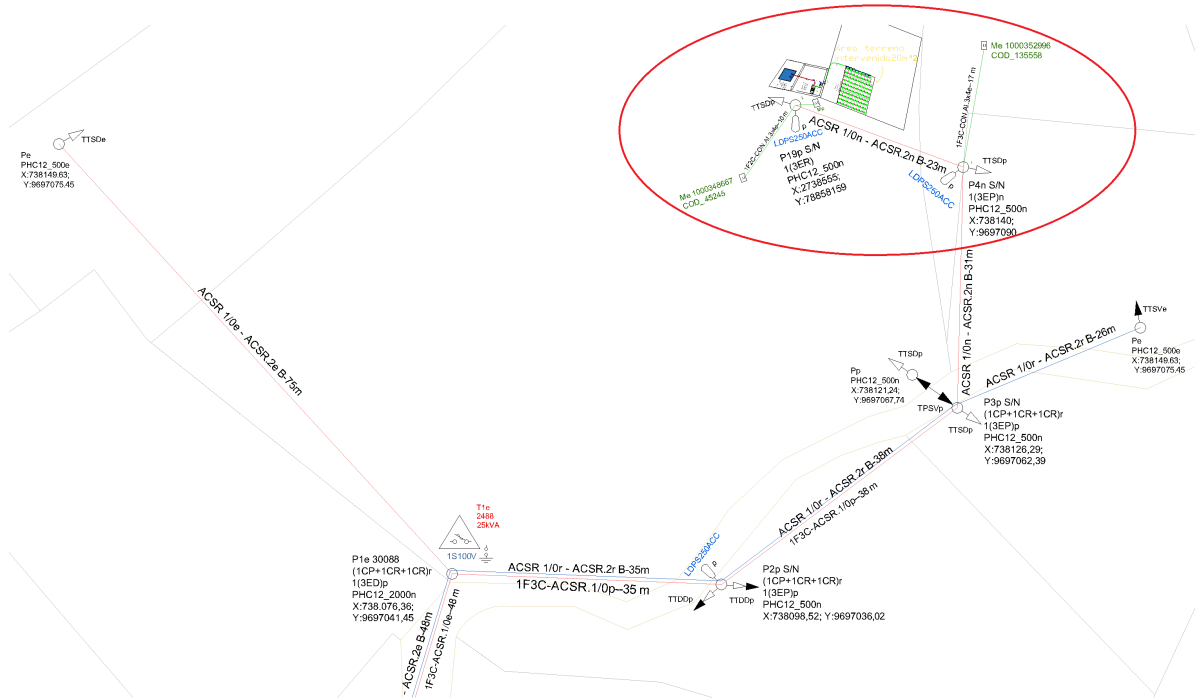


Figura 3.16: Extensión de red aérea proyectada.

Las tablas representadas 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 son referencias de las hojas técnicas de la Empresa Eléctrica Azogues (EEA).

El presupuesto de los materiales secundarios engloba: aisladores, conductores y cables, conectores, herrajería, postería y preformados.

Para el resumen presupuestario se tomo en cuenta los materiales, mano de obra calificada, mano de obra no calificada y transporte. El costo total de la obra incluido IVA ronda los 3,841.03 USD. En las tablas 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 se muestran los presupuestos y costos de materiales mientras que en la Tabla 3.10 se aprecia los valores del informe técnico económico con detalle.

PRESUPUESTO DE MATERIALES: SECUNDARIOS

Obra: DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA VIVIENDA DEL SR. MATUTE CÁRDENAS JAIME REINALDO Fecha: mayo-23

Orden:

Cód. Item	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Uni dad	Total Material	PRECIO Unitario	Total
-----------	--------------------------	---------	----------------	------------------------	--------------

PRESUPUESTO DE MATERIALES: S E C U N D A R I O S

CAPITULO 1: AISLADORES					1
A07	Aislador tipo ROLLO (spool), ANSI 53-2.	u	18	0.50	9.00
A04	Aislador tipo NUEZ (retenida), ANSI 54-3.	u	3	2.03	6.09
CAPITULO 2: CONDUCTORES Y CABLES					2
Cc01	Cable de acero galvanizado de ϕ 3/8".	m	114	0.89	101.46
Cc64	Conductor desnudo cableado Al. ACSR # 2	m	127	0.59	74.93
Cc63	Conductor desnudo cableado Al. ACSR # 1/0	m	254	0.83	210.82
CAPITULO 3: CONECTORES					3
C05	Conector Perno hendido, Cu-Al, 1/0 AWG	u	3	3.13	9.39
CAPITULO 5: HERRAJERÍA					5
H03	Abrazadera doble sujección, rango ϕ 5 1/2 6 1/2"	u	1	5.18	5.18
H07	Abrazadera simple sujección, rango ϕ 6 1/2 7 1/2"	u	10	4.69	46.90
H10	Bastidor de h.g. de 3 vías	u	6	7.98	47.88
H16	Bloque de anclaje, de H.A., tipo tronco cónico.	u	6	5.49	32.94
H43	Guardacabo para cable de acero de ϕ 3/8"	u	8	0.55	4.40
H83	Tuerca de ojo de h.g. para perno de 5/8"	u	1	1.64	1.64
H84	Varilla de anclaje, ϕ 5/8"x1.80m, tuerca y arand.	u	6	9.17	55.02
CAPITULO 7: POSTERÍA					7
P07	Poste de H.A., Long.: 12m, Res.Rot.: 500kg.	u	4	254.99	1,019.96
CAPITULO 8: PREFORMADOS					8
Pr04	Cinta de armar de Al. de 0.05 x 0.30	m	24	0.54	12.96
Pr20	Retención pref. p' cond. Al, # 2 AWG (DG-4542)	u	6	1.55	9.30
Pr19	Retención pref. p' cond. Al, # 1/0 AWG (DG-4544)	u	12.0	2.66	31.92
Pr24	Retención pref.p'cable de acero ϕ 3/8"(GDE-1107)	u	15	3.60	54.00
CAPITULO 1: AISLADORES					15.09
CAPITULO 2: CONDUCTORES Y CABLES					387.21
CAPITULO 3: CONECTORES					9.39
CAPITULO 4: EQUIPO DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA.					
CAPITULO 5: HERRAJERÍA					193.96
CAPITULO 6: LUMINARIAS					
CAPITULO 7: POSTERÍA					1,019.96
CAPITULO 8: PREFORMADOS					108.18
CAPITULO 9: TRANSFORMADORES					
CAPITULO 10: SISTEMAS DE MEDICIÓN					

PRESUPUESTO DE MATERIALES: S E C U N D A R I O S

**COSTO TOTAL DE LOS
MATERIALES**
1,733.79

 Tabla 3.6: Presupuesto de materiales secundarios extensión de red BT.

En la Tabla 3.7 del presupuesto de materiales por etapas se resume el valor de los materiales secundarios seleccionados para la extensión de red, alumbrado público y sistema de medición.

PRESUPUESTO DE MATERIALES: T O T A L E T A P A S

Obra: DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA VIVIENDA DEL SR. Fecha: mayo-23
 MATUTE CÁRDENAS JAIME REINALDO
Orden:

Cód.	DESCRIPCIÓN	Uni	Total	PRECIO	Total
Item	DEL MATERIAL	dad	Material	Unitario	
CAPITULO 1: AISLADORES					
A07	Aislador tipo ROLLO (spool), ANSI 53-2.	u	18	0.50	9.00
A04	Aislador tipo NUEZ (retenida), ANSI 54-3.	u	3	2.03	6.09
A05	Aislador tipo OJO Triplepato	u	1	1.43	1.43
CAPITULO 2: CONDUCTORES Y CABLES					
Cc01	Cable de acero galvanizado de ϕ 3/8".	m	114	0.89	101.46
Cc02	Cable de aluminio, sólido, 600V, TW, #10 AWG, homologado	m	21	0.41	8.61
Cc30	Cond. Aisl. Cab. de Pot. 600V, Triplex Al 3x6 AWG	m	15	1.00	15.00
Cc64	Conductor desnudo cableado Al. ACSR # 2	m	181	0.59	106.79
Cc63	Conductor desnudo cableado Al. ACSR # 1/0	m	362	0.83	300.46
CAPITULO 3: CONECTORES					
C05	Conector Perno hendido, Cu-Al, 1/0 AWG	u	9	3.13	28.17
CAPITULO 5: HERRAJERÍA					
H03	Abrazadera doble sujeción, rango ϕ 5 1/2 6 1/2"	u	1	5.18	5.18
H07	Abrazadera simple sujeción, rango ϕ 6 1/2 7 1/2"	u	10	4.69	46.90
H10	Bastidor de h.g. de 3 vías	u	6	7.98	47.88
H16	Bloque de anclaje, de H.A., tipo tronco cónico.	u	6	5.49	32.94
H43	Guardacabo para cable de acero de ϕ 3/8"	u	8	0.55	4.40
H83	Tuerca de ojo de h.g. para perno de 5/8"	u	1	1.64	1.64

PRESUPUESTO DE MATERIALES: T O T A L E T A P A S					
H84	Varilla de anclaje, $\phi 5/8$ "x1.80m, tuerca y arand.	u	7	9.17	64.19
CAPITULO 6: LUMINARIAS					6
L08	Lumin. cer. Na CF, W/220V, 250 DNP brazo/foco	u	3	158.94	476.82
CAPITULO 7: POSTERÍA					7
P07	Poste de H.A., Long.: 12m, Res.Rot.: 500kg.	u	4	254.99	1019.96
CAPITULO 8: PREFORMADOS					8
Pr04	Cinta de armar de Al. de 0.05 x 0.30	m	24	0.54	12.96
Pr20	Retención pref. p' cond. Al, # 2 AWG (DG-4542)	u	6	1.55	9.30
Pr19	Retencion pref. p' cond. Al, # 1/0 AWG (DG-4544)	u	12	2.66	31.92
Pr24	Retención pref.p'cable de acero ϕ 3/8"(GDE-1107)	u	15	3.60	54.00
CAPITULO 10: SISTEMAS DE MEDICIÓN					10
AM08	Medidor Bifásico Electrónico 2F3C 10-100A	u	1	31.20	31.20
AM24	Tablero Metálico para 1 Medidor Bifásico	u	1	18.05	18.05
AM17	Sello de Seguridad	u	2	0.24	0.48
AM30	Tacos Fisher #8	u	8	0.10	0.80
AM15	Pernos 3/8"x1/2"	u	8	0.32	2.56
AM01	Abrazaderas metálicas de 1/2"	u	3	0.14	0.42
CAPITULO 1: AISLADORES					16.52
CAPITULO 2: CONDUCTORES Y CABLES					532.32
CAPITULO 3: CONECTORES					28.17
CAPITULO 4: EQUIPO DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA.					
CAPITULO 5: HERRAJERÍA					203.13
CAPITULO 6: LUMINARIAS					476.82
CAPITULO 7: POSTERÍA					1019.96
CAPITULO 8: PREFORMADOS					108.18
CAPITULO 9: TRANSFORMADORES					
CAPITULO 10: SISTEMAS DE MEDICIÓN					53.51
COSTO TOTAL DE LOS MATERIALES					2438.61

Tabla 3.7: Presupuesto total de materiales por etapas.

En la Tabla 3.8 del volumen y costo de la mano de obra calificada se detalla el montaje y desmontaje de materiales y equipos a mas del transporte de materiales, precio que corresponde a 718.71 USD.

VOLUMEN Y COSTO DE LA MANO DE OBRA CALIFICADA

OBRA: DISEÑO ELÉCTRICO PARA
LA VIVIENDA DEL SR.
MATUTE CÁRDENAS
JAIME REINALDO

ORDEN:

C A P I T U L O 1 : M A N O D E O B R A C A L I F I C A D A

Código	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	Uni	Canti	PRECIO	TOTAL
Rubro	MONTAJE - DESMONTAJE	dad	dad	UNITARIO	
M O N T A J E					
106	Parada y retacada de postes H.A. hasta 12m. con máquina.	u	4	33.83	135.32
122	Vestido de Estructura tipo ESV-1CP	u	2	7.01	14.02
115	Vestido de estructura tipo ESV-1CA	u	1	8.20	8.20
126	Vestido de estructura tipo ESV-1CR	u	4	5.95	23.80
388	Vestido de estructura tipo ESD-3EP	u	3	7.33	21.99
401	Vestido de estructura tipo ESD-3ER	u	1	7.80	7.80
387	Vestido de estructura tipo ESD-3ED	u	1	9.00	9.00
531	Tendido, calibración y amarre conductor ACSR # 2	km	0.115	290.81	33.44
528	Tendido, calibración y amarre conductor ACSR # 1/0	km	0.230	335.46	77.16
600	Levantamiento de punto GPS luminaria, proyector y digitalización GIS	u	3	2.60	7.80
604	Montaje e inst. de Luminaria de Na hasta 250 W	u	3	17.50	52.50
803	Instalación y montaje de acometida, 1 medidor bifásico 2f3c. (incluye instalación de breakers, accesorios). Informe y reporte	u	1	21.26	21.26
902	Dirección de plantada de postería de hormigón armado hasta 12m	u	4	0.50	2.00

VOLUMEN Y COSTO DE LA MANO DE OBRA CALIFICADA

903	Levantamiento de punto GPS poste y digitalización GIS	u	4	4.15	16.60
905	Pintado de código en Poste (reutilizados o existentes que no tengan numeración)	u	4	3.14	12.56
1212	Montaje de tensor tipo TAV- ϕ TD	u	2	17.88	35.76
1211	Montaje de tensor tipo TAV- ϕ PS	u	1	12.41	12.41
1207	Montaje de tensor tipo TAD- ϕ TS	u	3	12.41	37.23
1204	Colocación y retacado de anclas (no incluye piedra)	u	2	12.18	24.36
533	Tendido, calibración y amarre conductor XLPE 2X50+N50 MM2	km	0.050	300.00	15.00

D E S M O N T A J E**SUBTOTAL 1 (MANO DE OBRA
CALIFICADA - MONTAJE)****2****568.21****SUBTOTAL 2 (MANO DE OBRA
CALIFICADA - DESMONTAJE)**

Etapa 2.1 - PRIMARIOS	TipoR de Obra	0.50
Etapa 2.2 - TRANSFORMADORES	TipoR de Obra	0.10
Etapa 2.3 - SECUNDARIOS	TipoR de Obra	0.30
Etapa 2.4 - ALUMBRADO PÚBLICO	TipoR de Obra	0.10
Etapa 2.5 - ACOMETIDAS Y MEDIDORES	TipoR de Obra	

**SUBTOTAL MANO DE
OBRA CALIFICADA
MONTAJE Y
DESMONTAJE****568.21**

Etapa 2.1 - PRIMARIOS	284.10
Etapa 2.2 - TRANSFORMADORES	56.82

VOLUMEN Y COSTO DE LA MANO DE OBRA CALIFICADA

Etapa 2.3 - SECUNDARIOS				198.87	
Etapa 2.4 - ALUMBRADO PUBLICO				28.41	
Etapa 2.5 - ACOMETIDAS Y MEDIDORES					
FACTOR DISTANCIA	1 Km		Fd=		<i>1.42</i>
			1.003		
SUBTOTAL INCLUIDO					<i>569.63</i>
FACTOR DISTANCIA					
IVA 12%					<i>68.36</i>
TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA					<i>637.99</i>
C A P I T U L O 2 : T R A N S P O R T E					
Código	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	Uni	Canti	PRECIO	
Rubro	MONTAJE - DESMONTAJE	dad	dad	UNITARIO	TOTAL
101	Carga, transporte y descarga de postes H.A. hasta 12m	u	4	20.13	<i>80.52</i>
SUBTOTAL TRANSPORTE					<i>80.52</i>
FACTOR DISTANCIA	1 Km		Fd=		<i>0.20</i>
			1.003		
SUBTOTAL INCLUIDO FACTOR DISTANCIA					<i>80.72</i>
TOTAL TRANSPORTE					<i>80.72</i>
TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA Y TRANSPORTE					<i>718.71</i>

 Tabla 3.8: Volumen y Costo de la mano de obra calificada.

En la Tabla 3.9 del volumen y costo de la mano de obra no calificada, se detalla la descripción del rubro en cuanto a excavación para poste y anclaje y además recolección de piedra, su costo total rodea los 381.39 USD.

VOLUMEN Y COSTO DE LA MANO DE OBRA NO CALIFICADA					
OBRA: DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA VIVIENDA DEL SR. MATUTE					
CÁRDENAS JAIME REINALDO					
ORDEN:			FECHA: mayo-23		
Código	DESCRIPCION DEL RUBRO	Uni	Canti	PRECIO	
Rubro	MONTAJE - DESMONTAJE	dad	dad	UNITARIO	TOTAL
	M O N T A J E.				1
1504	Excavación para poste de hasta 12 metros y recolección de piedra	u	4.00	35.78	143.12
1502	Excavación para anclaje y recolección de piedra	u	6.00	32.76	196.56
SUBTOTAL MANO DE OBRA NO CALIFICADA - MONTAJE					339.68
F A C T O R D I S T A N C I A		1 Km		<i>Fd= 1.003</i>	<i>0.85</i>
SUBTOTAL					<i>340.53</i>
IVA 12%					<i>40.86</i>
TOTAL MANO DE OBRA NO CALIFICADA					381.39

Tabla 3.9: Costo de la mano de obra no calificada.

En la Tabla 3.10 del informe técnico económico se resume tanto el valor de materiales, mano de obra calificada, mano de obra no calificada, transporte y el costo total de la obra.

PROYECTO No 1



**INFORME TÉCNICO - ECONÓMICO
PROYECTOS DE DISTRIBUCIÓN**

**CARACTERÍSTICAS
GENERALES:**

Nombre Proyecto: **DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA VIVIENDA DEL SR. MATUTE CÁRDENAS JAIME REINALDO**

Descripción breve:

Orden Trab. No. *Carpeta No.* **1**

Ubicación del Proyecto *Tipo de Proyecto:* **N U E V O**

<i>Provincia:</i>	CAÑAR	Tipo de Obra	
<i>Cantón:</i>	AZOGUES	<i>Diseño:</i>	X
<i>Parroquia:</i>	ZHIGSHIQUIN	<i>Replanteo:</i>	
<i>Localidad:</i>	ZHIGSHIQUIN	<i>Construcción:</i>	
<i>Distancia (Km):</i>	1	<i>Factor</i>	1.00
		<i>Distancia:</i>	

<i>Ing. Diseñador:</i>	ING. JUAN PERALTA.	<i>Abonados</i>	18
<i>Ing. Fiscalizador:</i>	EEA	<i>Población Servida:</i>	81

**CARACTERÍSTICAS
TÉCNICAS:**

Líneas Primarias	Transformación
<i>Tensión:</i> 12.7	<i># Trafos 1Ø instalad.</i> 1

PROYECTO No 1		
<i>#fases / #Conduc- tor: km de Línea:</i>	1F2C	<i># Trafos 3ø instalad. # Bancos instalad. Total kVA 25 Instalados:</i>
Redes Secundarias		Alumbrado Público
<i>Tensión: #fases / #Conduc- tor: km de Línea:</i>	240/120 V 1F-2;3 0.053	<i>Número 3 Luminarias: Potencia Total 0.8 (kW): Tipo:</i>
RESUMEN PRESUPUESTARIO:		
1	MATERIALES:	2,438.61
2	MANO DE OBRA CALIFICADA:	569.63
3	MANO DE OBRA NO CALIFICADA:	340.53
4	INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN:	
5	TRANSPORTE SUBTOTAL	80.72 3,429.49
	IVA.	411.54
	COSTO TOTAL DE LA OBRA:	3,841.03

Tabla 3.10: Informe técnico - económico.

Capítulo 4

CAPÍTULO 4: Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

Los SAV representan una forma innovadora y sostenible de aprovechar tanto el espacio agrícola como la energía solar. La combinación de la producción de alimentos y la generación de energía renovable en un solo sistema ofrece numerosos beneficios. Brinda la oportunidad de diversificar los ingresos agrícolas al generar electricidad y venderla a la red eléctrica. Esto puede ser un apoyo para los agricultores al ofrecer una fuente adicional de ingresos y reducir su dependencia de los ingresos agrícolas tradicionales. La generación de energía solar proporciona una fuente de electricidad independiente de la red eléctrica tradicional, lo que permite a los agricultores mantener el funcionamiento de sus equipos incluso en situaciones de interrupción del suministro eléctrico.

El cultivo esta conectado a través de aplicaciones móviles (Software Hydrawise) , lo que permite a los usuarios monitorear y controlar su huerto desde cualquier lugar, esto facilita el seguimiento del progreso de las plantas, la detección temprana de problemas. Los cultivos inteligentes representan una forma prometedora de cultivar alimentos de manera eficiente, sostenible y accesible para las personas. A medida que la tecnología avanza, es probable que aumente su popularidad y su acogimiento, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y la autosuficiencia en un mundo cada vez más urbano.

Es importante tener en cuenta que tanto el cultivo tradicional como el agrovoltaico tienen sus ventajas y desventajas. La elección entre ellos dependerá de diversos factores, como la ubicación geográfica, los recursos disponibles, la escala de producción y los objetivos del agricultor. Ambos enfoques tienen como objetivo final garantizar la producción de alimentos de manera sostenible y eficiente.

4.2. Recomendaciones

Para efectuar ensayos en el SAV las baterías de carga debe ser conectado al regulador y usadas cuando estas estén cargadas con el propósito de evitar fluctuaciones en el uso de la carga eléctrica y daños en el funcionamiento de los equipos.

Al momento de dimensionar los equipos y elementos considerar los valores máximos de voltaje y corriente a igual que las características en fichas técnicas, esto evita fallas en el SAV.

Realizar periódicamente el mantenimiento del SAV, verificar el estado de carga de las baterías, limpiar los paneles solares ante agentes externos como el polvo debido a que podrían disminuir el rendimiento, revisar el estado y unión de tuberías ante posibles fugas u obstrucciones para evitar pérdida de presión en el sistema de bombeo.

Para futuras investigaciones se recomienda implementar este sistema con paneles solares transparentes ya sean total o parcialmente transparentes, con el propósito de efectuar análisis de sombras y como estas influyen en el SAV.

Capítulo 5

Bibliografía

- [1] R. Teodor, P. Moraru, and O. Mintas, “Influence of environmental and nutritional factors on the development of lettuce (*lactuca sativa* l.) microgreens grown in a hydroponic system: A review,” *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, vol. 49, p. 12427, 09 2021.
- [2] M. Molina-García and C. MELCHOR-HERNÁNDEZ, “Prototipo de un sistema fotovoltaico autónomo,” *Volumen 3, Número 8–Julio–Septiembre-2016*, p. 9, 2016.
- [3] M. J. Blanco Muriel, N. Hanrieder, A. Kujawa, and S. Wilbert, “Situación actual de la agrivoltaica en España, Europa y el mundo-opportunidades y desafíos,” 2023.
- [4] B. Willockx, C. Lavaert, and J. Cappelle, “Geospatial assessment of elevated agrivoltaics on arable land in Europe to highlight the implications on design, land use and economic level,” *Energy Reports*, vol. 8, pp. 8736–8751, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484722012185>
- [5] H. Industries™, “X2™ | Hunter Industries,” 2023. [Online]. Available: <https://www.hunterindustries.com/es/product/x2tm>
- [6] Amazon, “Happybuy Bomba solar para piscina, motor potente de 900 W 92 GPM, cabeza máxima de 72 V CC de 62 pies, con controlador MPPT y cable de polvo de 9.8 pies para seguridad, apto para parques/piscinas acuáticas subterráneas,” 2023. [Online]. Available: https://www.amazon.com/-/es/Happybuy-bomba-piscina-en-tierra/dp/B08ZS7Q55R?th=1https://m.media-amazon.com/images/G/01/apparel/rcxgs/tile._CB483369110_.gif
- [7] D. Vaca Revelo and F. Ordóñez, *Mapa Solar del Ecuador 2019*, 01 2020.
- [8] J. Jara Alvear, “Potencial solar fotovoltaico para complementar la energía hidroeléctrica en Ecuador: un marco de análisis basado en SIG,” *Tesis de Maestría en Ciencias de la Información Geográfica*, 2018.
- [9] D. G. Vaca Revelo, “Validación de datos satelitales de radiación solar utilizando mediciones terrestres para el Ecuador,” B.S. thesis, Quito, 2018., 2018.

- [10] O. A. Hernandez and T. M. Peralta, “La radiación solar global en la región sur de ecuador. aproximación a partir de modelos teóricos,” *Revista Tecnológica-ESPOL*, vol. 28, no. 4, 2015.
- [11] Solar resource data © 2022 Solargis, “Global Solar Atlas,” 2023. [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/download/ecuador>
- [12] © 2017 The World Bank, “Mapas de recursos solares y datos GIS para más de 180 países | Solargis,” 2023. [Online]. Available: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/ecuador>
- [13] Solar resource data © 2022 Solargis, “Global Solar Atlas,” 2023. [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study>
- [14] X. Serrano-Guerrero, D. Alvarez-Lozano, and S. F. L. Romero, “Influence of local climate on the tilt and orientation angles in fixed flat surfaces to maximize the capture of solar irradiation : A case study in cuenca-ecuador,” in *2019 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)*, 2019, pp. 1–6.
- [15] X. Serrano-Guerrero, E. Cantos, J.-J. Feijoo, A. Barragán-Escandón, and J.-M. Clairand, “Optimal tilt and orientation angles in fixed flat surfaces to maximize the capture of solar insolation: A case study in ecuador,” *Applied Sciences*, vol. 11, no. 10, p. 4546, 2021.
- [16] “Bombeo solar,” 2019. [Online]. Available: https://www.helioesfera.com/wp-content/uploads/2019/01/Esquema_bombeo_solar_3-600x316.png<https://www.helioesfera.com/bombeo-solar/>
- [17] F. y. E. T. Barolli, Leonard y Hussain, *Redes y aplicaciones de información avanzadas: Actas de la 36.ª Conferencia internacional sobre redes y aplicaciones de información avanzadas (AINA-2022), Volumen 1*. Naturaleza Springer, 2022, vol. 449.
- [18] A. GOETZBERGER and A. ZASTROW, “On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation,” *International Journal of Solar Energy*, vol. 1, no. 1, pp. 55–69, 1982. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/01425918208909875>
- [19] M. S. Munir, I. S. Bajwa, A. Ashraf, W. Anwar, and R. Rashid, “Intelligent and smart irrigation system using edge computing and iot,” *Complexity*, vol. 2021, 2021.
- [20] S. Khriji, D. El Houssaini, I. Kammoun, and O. Kanoun, “Precision irrigation: an iot-enabled wireless sensor network for smart irrigation systems,” in *Women in precision agriculture*. Springer, 2021, pp. 107–129.
- [21] R. Rayhana, G. Xiao, and Z. Liu, “Internet of things empowered smart greenhouse farming,” *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*, vol. 4, no. 3, pp. 195–211, 2020.
- [22] M. B. y. P. S. Roy, Pankaj Kumar y Roy, *Avances en la Gestión de Recursos Hídricos para un Uso Sostenible*. Springer, 2021.
- [23] E. Formación, *Energía solar fotovoltaica*. FC Editorial, 2007.

- [24] A. Sánchez, “Generación solar fotovoltaica, en la provincia de morona santiago, como un mecanismo de desarrollo limpio,” *Revista Técnica.energía*, vol. 7, no. 1, pp. 87–90, 2011.
- [25] S. Amaducci, X. Yin, and M. Colauzzi, “Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production,” *Applied energy*, vol. 220, pp. 545–561, 2018.
- [26] Q. A. Acton, *Advances in Ecology Environment and Conservation Research and Application: 2012 Edition*. ScholarlyEditions, 2012.
- [27] P. d. S. Trevizan, “Viabilidade, potencial e características do sistema agrovoltaico,” 2022.
- [28] M. Trommsdorff, J. Kang, C. Reise, S. Schindele, G. Bopp, A. Ehmann, A. Weselek, P. Högy, and T. Obergfell, “Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in germany,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 140, p. 110694, 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032120309783>
- [29] S. Schindele, M. Trommsdorff, A. Schlaak, T. Obergfell, G. Bopp, C. Reise, C. Braun, A. Weselek, A. Bauerle, P. Högy *et al.*, “Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications,” *Applied Energy*, vol. 265, p. 114737, 2020.
- [30] U. Jamil, A. Bonnington, and J. M. Pearce, “The agrivoltaic potential of canada,” *Sustainability*, vol. 15, no. 4, p. 3228, 2023. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/4/3228>
- [31] N. C. Giri and R. C. Mohanty, “Design of agrivoltaic system to optimize land use for clean energy-food production: a socio-economic and environmental assessment,” *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 24, no. 8, pp. 2595–2606, jun 2022.
- [32] *Advances in Water Resources Management for Sustainable Use*. Springer Nature Singapore, Apr. 2021. [Online]. Available: https://www.ebook.de/de/product/41241164/advances_in_water_resources_management_for_sustainable_use.html
- [33] U. S. y. P. J. M. Malu, Prannay R y Sharma, “Potencial agrovoltaico en fincas de uva en india,” *Evaluaciones y tecnologías de energía sostenible*, 2017.
- [34] H. Marrou, J. Wéry, L. Dufour, and C. Dupraz, “Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels,” *European Journal of Agronomy*, vol. 44, pp. 54–66, 2013.
- [35] L. Lucero, D. Lucero, E. Ormeno-Mejia, and G. Collaguazo, “Automated aeroponics vegetable growing system. case study lettuce,” in *2020 IEEE ANDESCON*, 2020, pp. 1–6.
- [36] J.-A. V. Magsumbol, M. G. B. Palconit, L. C. Garcia, M. A. Rosales, A. A. Bandala, and E. P. Dadios, “Multigene genetic programming model for temperature optimization to improve lettuce quality,” in *2021 IEEE 13th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM)*, 2021, pp. 1–5.

- [37] T. Okamoto, Y. Sakane, T. Koide, A. Ogawa, M. Komine, C. Sone, Y. Kaneta, Y. Yaji, K. Toyofuku, T. Kamata, K. Kimura, Y. Ishikawa, T. Kasama, W.-P. Bula, Y. Endo, and R. Miyake, “An image analysis method for lettuce leaf and root growth analysis in hydroponic culture,” in *TENCON 2018 - 2018 IEEE Region 10 Conference*, 2018, pp. 0467–0470.
- [38] B. Y. S. S. Murthy, C. B. K. Reddy, S. Jilani, and M. Sindhvani, “Smart irrigation system,” in *2022 1st International Conference on Sustainable Technology for Power and Energy Systems (STPES)*, 2022, pp. 1–4.
- [39] Tubegar DG, “Programadores de riego de Tubegar DG,” 2022. [Online]. Available: <https://www.tubegar.es/es/producto/programadores-de-riego/>
- [40] Riegopro, “Programadores de Riego,” 2022. [Online]. Available: <https://riegopro.com/programador-de-riego/>
- [41] J. Enciso and M. Mecke, *Utilizando energía renovable para bombear agua*. Cooperativa de Texas Extensión, El Sistema Universitario Texas A & M, 2004.
- [42] J. P. Muñoz-Vizhñay, M. V. Rojas-Moncayo, and C. R. Barreto-Calle, “Incentivo a la generación distribuida en el ecuador,” *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, no. 19, pp. 60–68, 2018.
- [43] J. P. Calle Calle, “Estudio de un sistema híbrido hidro-solar: acumulación de energía generada por un sistema fotovoltaico a través de una pico central hidroeléctrica reversible.” B.S. thesis, 2022.
- [44] E. P. González, J. O. Medel, and F. M. González, “Historia del teorema de bernoulli,” *Acta Universitaria*, vol. 17, no. 1, pp. 39–45, 2007.
- [45] R. L. Mott, J. A. Untener, J. E. M. Murrieta, and R. H. Cárdenas, “Mecánica de fluidos,” 2006.
- [46] G. G. Gonzales Peñafiel, J. C. Zambrano Manosalvas, and E. F. Estrada Pulgar, “Estudio, diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna puerto roma de la isla mondragon del golfo de guayaquil, provincia del guayas.” B.S. thesis, 2014.

Capítulo 6

ANEXOS

6.1. Manual de equipos y Guía de usuario

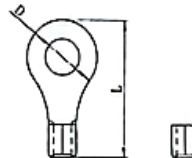
POWEST®

La conexión de la batería

Precaución: Para la operación de seguridad y cumplimiento de la normativa, se pide instalar un DC independiente protector de sobre corriente o dispositivo de desconexión entre la batería y el inversor. No podrá ser solicitado tener un dispositivo de desconexión de algunas aplicaciones, sin embargo, es todavía pidió tener instalada la protección de sobre corriente. Consulte típico de amperaje en la tabla a continuación como exige el tamaño de fusible o disyuntor.
Terminal de anillo:

¡Advertencia! Todo el cableado debe ser realizado por personal calificado.

¡Advertencia! Es muy importante para la seguridad del sistema y el funcionamiento eficiente de utilizar cable adecuado para la conexión de la batería. Para reducir el riesgo de lesiones, utilice el cable recomendado correcto y tamaño del terminal como se indica a continuación.



Cable de batería recomendado y tamaño del terminal:

Modelo	Amperaje típico	Capacidad de baterías	Tamaño el cable	Terminal			Torque
				cable mm ²	dimensiones		
					D(mm)	L(mm)	
1 kva 48V	20A	100AH	1*1 AWG	2	6.4	21.8	2-3 Nm
1 kva 24V, 2 KVA 48V	33A	100AH	1*10 AWG	5	6.4	22.5	2-3 Nm
3 kva 48V	50A	100AH	1*8 AWG	8	6.4	23.8	2-3 Nm
1 kva 12V 2 kva 24V	66A	100AH	1*6 AWG	14	6.4	29.2	2-3 Nm
		200AH	2*10 AWG	8	6.4	23.8	
3 kva 24V	100A	100AH	1*4 AWG	22	6.4	33.2	2-3 Nm
		200AH	2*8 AWG	14	6.4	29.2	
4 kva	120A	200AH	1*2 AWG	38	6.4	39.2	2-3 Nm
			2*6 AWG	28	6.4	33.2	
5 kva	120A	200 AH	1*2 AWG	30	6.4	39.2	2-3 Nm
			2*6 AWG	28	6.4	33.2	

Por favor, siga los siguientes pasos para implementar la conexión de la batería:

1. Montaje de la batería basada en terminal de anillo y el cable de la batería recomendada tamaño del terminal.
2. Conecte las baterías como unidades requiere. Se recomienda conectar al menos 100 Ah de capacidad de la batería
1-3KVA modelo y al menos 200 Ah de capacidad de batería 4KVA/modelo 5KVA.
3. Inserte el terminal de anillo del cable de la batería al conector de batería rotundamente del Inversor y asegúrese de que los tornillos están apretados con un par de apriete de 2-3 Nm.

Asegúrese de que la polaridad de la batería y el Inversor/cargo está correctamente conectado y

Figura 6.1: Cable de batería recomendado y tamaño de terminal.

POWEST

Conexión de entrada/salida de CA

Precaución! Antes de conectar la fuente de alimentación de entrada de AC, instale un disyuntor de AC independiente entre el Inversor y la fuente de alimentación de entrada de AC. Esto asegurará que el Inversor puede ser desconectado de forma segura durante el mantenimiento y completamente protegido del exceso de corriente de entrada de AC. Las especificaciones recomendadas de AC breaker es 10A de 1KVA, 20A de 2KVA, 32A de 3KVA, 40A de 4KVA y 50A de 5KVA.

Precaución! Hay dos bloques terminales con "IN" y "OUT" de marcado. Por favor verifique que los conectores de entrada y salida estén bien polarizado y conectados en la posición correcta.

¡Advertencia! Todo el cableado debe ser realizado por personal calificado.

¡Advertencia! Es muy importante para la seguridad del sistema y el funcionamiento eficiente de utilizar cable adecuado para la conexión de entrada de AC. Para reducir el riesgo de lesiones, utilice por favor el buen tamaño de cable recomendado como se indica a continuación.

Cable sugerido requisito para cables de AC

Modelo	Calibre	El valor del par
1KVA	16 AWG	0.5~ 0,6 Nm
2KVA 230VCA	14 AWG	0.8~ 1,0 Nm
2KVA 120VCA 3KVA	12 AWG	1.2~ 1,6 Nm
4KVA	10 AWG	1.4~ 1.6Nm
5KVA	8 AWG	1.4~ 1.6Nm

Figura 6.2: Cable sugerido para conexión de entrada y salida de CA.

POWEST

5. Asegúrese de que los cables estén bien conectados.

Precaución: Importante

Asegúrese de conectar los cables de AC con la polaridad correcta. Si los cables L y N están conectados Inversamente, puede causar un cortocircuito de utilidad cuando estos Inversores se trabajó en el funcionamiento en paralelo.

Precaución: Los aparatos como el aire acondicionado son necesarias al menos 2~3 minutos para reiniciar porque es necesario disponer de suficiente tiempo para equilibrar el gas refrigerante dentro de los circuitos. Si se produce una escasez de energía y se recupera en un corto período de tiempo, se dañará el los aparatos conectados. Para prevenir este tipo de daño, por favor compruebe el fabricante de aire acondicionado si está equipado con la función de retardo de tiempo antes de la Instalación. De lo contrario, este Inversor/cargador se sobrecarga trig fallo y cortar la salida para proteger su dispositivo pero a veces todavía provoca daños internos en el acondicionador de aire.

Conexión de PV

Precaución: Antes de realizar la conexión a los módulos fotovoltaicos, instale un disyuntor de DC por separado entre el inversor y módulos fotovoltaicos.

¡Advertencia! Todo el cableado debe ser realizado por personal calificado.

¡Advertencia! Es muy importante para la seguridad del sistema y el funcionamiento eficiente de utilizar el cable apropiado para PV

Conexión del módulo. Para reducir el riesgo de lesiones, utilice por favor el buen tamaño de cable recomendado como se indica a continuación.

Modelo	Amperaje	Cable	Torque
1KVA 12V	40A	10 AWG	1.2~1.6 Nm
1KVA 24V / 2KVA 24V/ 3KVA 24V	25A	12 AWG	1.2~1.6 Nm
1KVA 48V / 3KVA 48V	18A	14 AWG	1.2~1.6 Nm
2KVA 24V Plus 3KVA 24V Plus 2KVA 48V Plus 3KVA 48V Plus	60A	8 AWG	1.4~1.6 Nm
4KVA / 5KVA	80A	6 AWG	1.4~1.6 Nm

Selección de módulos FV:

Cuando la selección adecuada de los módulos fotovoltaicos, por favor asegúrese de considerar por debajo de los parámetros:

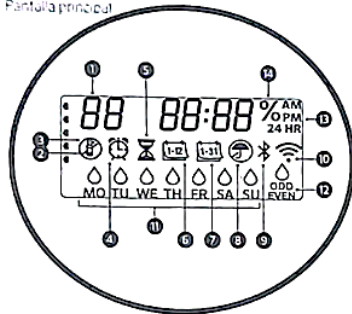
1. Tensión de circuito abierto (Voc) de módulos PV no supera el máximo. Matriz PV voltaje de circuito abierto de Inversor.
2. Tensión de circuito abierto (Voc) de módulos fotovoltaicos mínima debe ser superior a la tensión de la batería.

Figura 6.3: Cable sugerido para conexión de PV.

GUÍA RÁPIDA DE PROGRAMACIÓN DEL PROGRAMADOR DE RIEGO X2™

Hunter®

Pantalla principal



Las funciones del dial y de los botones del X2 se desactivan al activarse el Wi-Fi, así como la configuración y el programa existentes. Toda la programación se gestiona desde el software online Hydrowise™. En el programador se pueden activar la estación manual y el programa manual, y comprobar todas las estaciones.

- | | |
|-------------------------------|----------------------------------|
| ① Indicador de programa | ⑧ Sensor de lluvia activo/anular |
| ② Estación en funcionamiento | ⑨ Bluetooth® activado |
| ③ Días sin riego | ⑩ Wi-Fi activado |
| ④ Símbolo de hora de arranque | ⑪ Días de la semana |
| ⑤ Símbolo de tiempo de riego | ⑫ Días Impares/pares/intervalos |
| ⑥ Símbolo de mes | ⑬ Formato de hora (AM/PM/24 h) |
| ⑦ Símbolo de día | ⑭ Ajuste estacional (%) |

La marca nominativa y los logotipos de Bluetooth® son marcas comerciales registradas propiedad de Bluetooth SIG Inc. y cualquier uso de tales marcas por Hunter Industries es bajo licencia.

AÑADIR
WI-FI

https://hunter.direct/WAND

El dial debe encontrarse en la posición RUN para que el riego sea automático

Configuración de fecha y hora actuales

1. Gire el dial hasta la posición FECHA/HORA.
2. El año actual estará parpadeando. Utilice los botones + y - para cambiar el año. Pulse el botón ▶ para pasar a configurar el mes.
3. El mes estará parpadeando. Use los botones + y - para cambiar el mes. Pulse el botón ▶ para pasar a configurar el día.
4. El día estará parpadeando. Use los botones + y - para cambiar el día del mes. Pulse el botón ▶ para pasar a configurar la hora.
5. Aparecerá el tipo horario. Use los botones + y - para seleccionar AM, PM o 24 h para que la hora se muestre en modo 24 horas.
6. Pulse el botón ▶ para pasar a las horas. Use los botones + y - para cambiar la hora que aparece en la pantalla.
7. Pulse el botón ▶ para pasar a los minutos. Use los botones + and - para cambiar los minutos que aparecen en la pantalla.

Gire el dial a la posición RUN. La fecha y la hora ya están fijadas.

Configuración de las horas de arranque de los programas

1. Gire el dial hasta la posición HORAS DE ARRANQUE.
2. Pulse el botón PRG para seleccionar A, B o C.
3. Use los botones + y - para cambiar la hora de arranque. La hora de arranque avanza en incrementos de 15 minutos.
4. Pulse el botón ▶ para añadir otra hora de arranque, o el botón PRG para fijar una hora de arranque para el siguiente programa.

Eliminación de una hora de arranque del programa

Con el dial en la posición START TIMES (horas de arranque), pulse los botones + y - hasta llegar a las 12:00 AM (medianoche). A partir de esa posición, pulse el botón - una vez para llegar a la posición "OFF" de apagado.

Configuración de los tiempos de riego de las estaciones

1. Gire el dial hasta la posición Tiempos de riego.
2. Use el botón PRG para seleccionar el programa (A, B o C).
3. Use los botones + y - para cambiar el tiempo de riego de la estación en la pantalla. Puede establecer los tiempos de riego de cada estación desde 1 minuto hasta 6 horas.
4. Pulse el botón ▶ para pasar a la siguiente estación.
5. Repita el proceso para cada estación.

Establecer los días de riego

1. Gire el dial hasta la posición DÍAS DE RIEGO.
2. En la pantalla se mostrará el último programa seleccionado (A, B o C). Cambie a otro programa pulsando el botón PRG.
3. El puntero de la parte inferior de la pantalla muestra el día de la semana seleccionado actualmente. Pulse + o - para seleccionar los días de riego ◊ o sin riego ◀.

Selección de días pares o impares de riego

1. Pulse ▶ para pasar todos los días de la semana hasta ODD (Impares) o EVEN (Pares).
2. Pulse + para seleccionar o - para cancelar ODD o EVEN.

Selección de riego por intervalos

1. Pulse ▶ pasando ODD y EVEN hasta INT.
2. Pulse + o - para configurar los intervalos de días.
3. Pulse + o - para establecer el número de días hasta el próximo riego.

Bomba (P/MV)

Pulse ▶ para seleccionar las estaciones. Pulse + o - para establecer la salida de P/MV (bomba/válvula maestra) ON u OFF de la estación. P/MV normalmente está en ON (activada) para todas las estaciones.

Ajuste estacional

Modifica todos los tiempos de riego en un porcentaje según las condiciones locales. Pulse + o - para cambiar del 10 % al 200 % los tiempos de riego originales.

Estación manual

1. Gire el dial a la posición Manual.
2. Pulse ▶ para seleccionar la estación. Use + o - para fijar el tiempo de riego manual.
3. Gire el dial a la posición Run para empezar inmediatamente.

Programa manual

1. Gire el dial a la posición RUN.
2. Mantenga presionado el botón ▶ durante tres segundos.
3. Pulse el botón PRG para seleccionar un programa.
4. Suelte el botón durante dos segundos. El programa comenzará a funcionar.
5. Pulse ▶ para pasar a otra estación dentro del programa.

Programa de prueba

Hace funcionar todas las estaciones durante un tiempo de prueba determinado.

1. Mantenga pulsado el botón PRG durante tres segundos.
2. Aparecerá la estación 1. Pulse + o - para introducir el tiempo de riego.
3. Espere dos segundos, cada estación empezará a funcionar para probar el tiempo de riego.

Apagar sistema

Gire el dial a la posición OFF de sistema apagado. Con el dial en esta posición no habrá riego.

Parada por lluvia programable

1. Gire el dial a la posición OFF de sistema apagado y espere a que OFF deje de parpadear.
2. Pulse + o - para indicar el número de días que debe seguir desactivado.
3. Vuelva a girar el dial a la posición RUN. En la pantalla aparecerá el número de días que quedan con el riego desactivado, y el riego se reiniciará cuando el recuento de días "Off" llegue a 0. Para cancelar "Rain Off" (apagado por lluvia), gire el dial a OFF, espere a que OFF deje de parpadear y vuelva a girar el dial a la posición Run.

Ignorar sensor

Anula el apagado del sensor para permitir el riego.

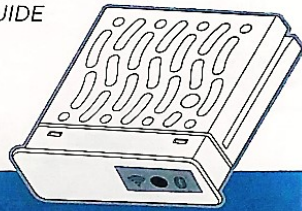
1. Mueva el interruptor BYPASS del sensor a la posición BYPASS (OMITIR).
2. Cambie el interruptor a ACTIVE (activo) para permitir el apagado del sensor.

Figura 6.4: Guía rápida de programación del programador de riego X2™.

WAND MODULE FOR X2™ CONTROLLERS

QUICK START GUIDE

hydrawise.com
hunterindustries.com



Thank You for Purchasing a Hydrawise Compatible Device

The WAND Module allows your X2 Controller to connect to the internet via your Wi-Fi router. Once connected, you can access and manage the controller with your smartphone, tablet, or computer.

Need more helpful information about your product?



Step 1: Check the Wi-Fi signal

Use your smartphone to check the signal strength for the desired Wi-Fi connection at the controller location. If the strength is poor, the connection will not work. In this case, move the controller or router to improve the signal.



Important: Obstructions such as interior walls and landscaping can block the signal.

Need help? Run the Wi-Fi Wizard App.



ES Gracias por comprar un dispositivo compatible con Hydrawise

El módulo WAND permite que el programador X2 se conecte a Internet a través de su router Wi-Fi. Una vez conectado, puede acceder y administrar el programador con su teléfono móvil, tableta u ordenador.

¿Necesita más información sobre el producto? Encuentre consejos de instalación, programación y más.

¿Necesita ayuda? Ejecute la aplicación Wi-Fi Wizard.

https://hunter.help/wandhelp

Paso 1: Compruebe la señal de Wi-Fi

Use su teléfono móvil para comprobar la fuerza de la señal Wi-Fi deseada en la ubicación del programador. Si la señal es demasiado débil, no funcionará la conexión. En ese caso, mueva el programador o el router para mejorar la señal.

¿Necesita ayuda? Ejecute la aplicación Wi-Fi Wizard.

https://hunter.direct/wifiwizardIOS

https://hunter.direct/wifiwizardAndroid

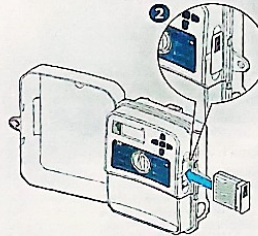
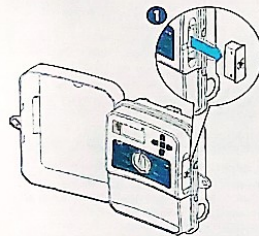
⚠ Importante: Las obstrucciones como las paredes interiores y algunos elementos del paisaje pueden bloquear la señal.

Product Installation

Step 2: Installing the WAND Module

1. Remove the Wi-Fi cover from the X2 Controller.

2. Insert the WAND Module.



When installed, the WAND Module disables the X2 Controller's dial and button functions, the existing schedule, and settings.

Manual operation functions such as Start/Stop Station and Test All Stations can still be activated from the controller.

All programming is now managed via cloud-based Hydrawise Software from a smartphone, tablet, or desktop browser.

ES Instalación del producto

Paso 2: Instalación del módulo WAND

1. Quite la cubierta de la Wi-Fi del programador X2.

Quando está instalado, el WAND deshabilita las funciones de dial y botones del programador, así como el programa y los ajustes actuales.

Las operaciones manuales como Encendido/Apagado de Estación y Probar Todas las Estaciones se pueden activar desde el programador.

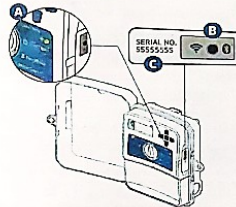
2. Inserte el módulo WAND.

Toda la programación se maneja a través del software Hydrawise basado en la nube desde el navegador de un teléfono móvil, una tableta o un ordenador.

Step 3: Navigating WAND with X2

Locate the following:

- A. Wi-Fi status LED
- B. Wi-Fi setup button
- C. WAND serial number



ES Resumen del producto

Paso 3: Manejo de WAND con X2

Localice lo siguiente:

- A. LED de estatus de Wi-Fi
- B. Botón de configuración Wi-Fi
- C. Número de serie del WAND

El número de serie se utiliza para habilitar la gestión del módulo WAND por Hydrawise. Se le pedirá que introduzca el número de serie durante el proceso de configuración en línea al añadir el programador a su cuenta de Hydrawise.

Deje el módulo WAND instalado con el dial en la posición RUN durante la configuración para permanecer conectado al software Hydrawise.

Si se quita el WAND, el programador volverá a los programas y a la configuración introducidos mediante el dial y los botones.

Para asegurarse de que el programador X2 funcione con Hydrawise, debe tener el dial en la posición Run. El programador no funcionará a distancia si el dial se encuentra en otra posición.

Step 4: Access Hydrawise Software

Download the Hydrawise App from the Apple® App Store or Google Play™ Store, or log on to hydrawise.com.



ES Configuración de Hydrawise

Paso 4: Acceda al software Hydrawise

Descargue la aplicación Hydrawise de la App Store de Apple® o de la Google Play™ Store o inicie sesión en hydrawise.com.

https://hunter.info/hydrawiseIOS

https://hunter.info/hydrawiseAndroid

Paso 5: Añadir su programador

Nueva cuenta de usuario de Hydrawise:

1. Regístrese para obtener una nueva cuenta en su aplicación o en hydrawise.com.
2. Después de registrarse, haga clic en el botón "Empezar" en el correo electrónico enviado a su cuenta.
3. Vuelva a hacer clic en el botón "Empezar" en la aplicación o en la pantalla del sitio web Hydrawise.
4. Siga todos los pasos para añadir el programador X2 a su cuenta de Hydrawise y conectarse a la Wi-Fi.

Figura 6.5: Módulo WAND para programador de riego X2™.