



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TITULO:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOSUSTENTABLE SOLAR PARA LA
PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN EL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN
AGROECOLOGÍA CINCA PROVINCIA DE PICHINCHA”.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero/a en
Electromecánico.

Autores:

Guachamin Farinango Omar Santiago

Tutor:

Ing. Ms.C. Cristian Fabian Gallardo Molina

Latacunga – Ecuador

Marzo 2021



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Guachamin Farinango Omar Santiago** portador de cédula de ciudadanía **1724848104**, declaro ser autor del presente proyecto “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOSUSTENTABLE SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN EL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN AGROECOLOGÍA CINCA PROVINCIA DE PICHINCHA**” siendo Ing. Ms.C. Cristian Fabian Gallardo Molina tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que la ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, marzo 2021

.....
Guachamin Farinango Omar Santiago

1724848104



AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Director de la propuesta Tecnológica sobre el título **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOSUSTENTABLE SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN EL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN AGROECOLOGÍA CINCA PROVINCIA DE PICHINCHA”**, de Santiago Guachamin, de la carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos – técnicos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo del 2021

.....

Ing. MsC. Cristian Fabian Gallardo Molina

Tutor de la Propuesta Tecnológica



AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, se aprueba el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto al postulante: Guachamin Farinango Omar Santiago, con el trabajo titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOSUSTENTABLE SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN EL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN AGROECOLOGÍA CINCA PROVINCIA DE PICHINCHA”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo del 2021

Para constancia firman:

.....

Lector 1 (Presidente)

PHD. Enrique Torres Tamayo

175712194-0

.....

Lector 2

MsC. Cruz Panchi Luis Rolando

050259517-6

.....

Lector 3

MsC. Moreano Martínez Edwin Homero

050260750-0



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, que me ha dado esta oportunidad de poder ayudar a mi familia, por darme fuerzas siempre que quise rendirme, por levantarme cada vez que he caído. Gracias a mis padres Santiago y Teresa que han hecho de mí una persona de bien y aunque sin riquezas, siempre me han apoyado y me han motivado a seguir adelante siguiendo los valores de la vida. Agradezco a mi tutor que en cierto modo ha estado presente y guiando mi tesis.

Santiago Guachamin



DEDICATORIA

A mis padres por haberme formado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los cuales se incluye este, por si fuera poco, considero mencionar a alguien muy importante también que siempre me apoyo, siempre estuvo en los momentos ya sean buenos o malos ayudándome con mis tareas universitarias dándome todo su apoyo incondicional Evelyn C gracias por coincidir en mi vida, recuerdo que juntos iniciamos nuestra vida universitaria y por razones del destino nos separamos pero siempre guardare tu esencia y recordare que por ti estoy aquí gracias por haber sido parte de mi vida.

Santiago Guachamin

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	I
AVAL DE TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	II
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA.....	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
RESUMEN.....	XI
1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA.....	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica.....	2
2.2. Tipo de propuesta alcance.....	2
2.3. Área de conocimiento	2
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	3
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	3
2.5.1. Objeto de estudio	3
2.5.2. Campo de acción.....	3
2.6. Situación problemática y problema	3
2.6.1. Situación problemática	3
2.6.2. Problema	4
2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica.....	4
2.8. Objetivos	4
2.8.1. Objetivo general.....	4
2.8.2. Objetivos específicos	4
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	4
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. Análisis de trabajos procedentes	5
3.2. Normativas vigentes	5
3.3. Instalaciones fotovoltaicas.....	6
3.3.1. Instalaciones aisladas de la red	6
3.3.2. Instalaciones conectadas a la red	6

3.4.	Sistema fotovoltaico	7
3.4.1.	Panel solar, generador o modulo fotovoltaico	7
3.4.2.	Fenómeno fotovoltaico.....	9
3.4.3.	Rendimiento de un panel fotovoltaico	10
3.4.4.	Posición y orientación de los paneles.....	10
3.4.5.	Paneles policristalinos y monocristalinos.....	11
3.4.6.	Inversor fotovoltaico	12
3.4.7.	Regulador de carga	12
3.4.8.	Tipos de reguladores de carga	13
3.4.9.	Batería o acumuladores	13
3.5.	Sistema de riego automático	15
3.5.1.	Elementos generales de un sistema de riego automático	15
3.6.	Producción de plántulas	17
4.	METODOLOGÍA	19
4.1.	Método de dimensionamiento de la potencia de la bomba.....	19
4.2.	Método de dimensionamiento de cargas en el sistema de riego	24
4.2.1.	Determinación de carga de equipos eléctricos de riego.....	24
4.2.2.	Cálculo de consumo	24
4.3.	Método de dimensionamiento y selección de los equipos del sistema fotovoltaico.....	25
4.3.1.	Rendimiento global de un sistema fotovoltaico.....	28
4.3.2.	Paneles Solares	29
4.3.3.	Selección del tipo de panel.....	30
4.3.4.	Controlador	30
4.3.5.	Selección del tipo de controlador	32
4.3.6.	Configuración del regulador MPPT	32
4.3.7.	Inversor	33
4.3.8.	Acumulador o baterías.....	33
4.3.9.	Selección de acumulador.....	34
4.3.10.	Cálculo de conductores para la instalación fotovoltaica	35
4.3.11.	Cálculo de protecciones del sistema fotovoltaico	37
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
5.1.	Análisis de radiación.....	39
5.2.	Datos del consumo del sistema de riego	43
5.3.	Datos del cálculo del panel solar	44
5.4.	Datos del cálculo del inversor	44

5.5.	Cálculo del acumulador	45
5.6.	Cálculo del controlador.....	46
6.	PRESUPUESTO.....	47
6.1.	Impactos	47
6.1.1.	Impacto Ambiental	47
6.1.2.	Impacto Económico	47
6.1.3.	Cálculo de VPN y el TIR para el proyecto fotovoltaico	47
6.1.4.	Impacto Social.....	48
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
7.1.	Conclusiones	48
7.2.	Recomendaciones	49
8.	REFERENCIAS.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.	Sistema aislado a la red.....	6
Figura 3.2.	Sistema conectado a la red	7
Figura 3.3.	Estructura del panel fotovoltaico	8
Figura 3.3.	Curva característica I-V	8
Figura 3.4.	Efecto fotoeléctrico	9
Figura 3.5.	Invidencia en un electrón.....	9
Figura 3.6.	Dependencia de la corriente en función del voltaje.....	10
Figura 3.7.	Captación solar	11
Figura 3.8.	Célula monocristalina	11
Figura 3.9.	Célula policristalina.....	12
Figura 3.9.	Inversor fotovoltaico.....	12
Figura 3.13.	Estructura de un sistema de riego	16
Figura 3.14.	Tuberías de un sistema	16
Figura 3.15.	Germinación de plántulas en invernadero.....	17
Figura 4.1.	Nebulizador	19
Figura 4.2.	Demanda de diseño y curva de bombas	23
Figura 4.3.	Bomba centrífuga	24
Figura 4.4.	Controlador X-Core.....	24
Figura 4.5.	Datos geográficos y de ubicación	28
Figura 4.6.	Panel Fotovoltaico	30

Figura 4.7. Controlador TS-MPPT	32
Figura 4.8. Configuración de paneles solares.....	33
Figura 4.7. Inversor PST 2000	33
Figura 4.9. Batería Master 105AH.....	34
Figura 4.10. Configuración de conexión de baterías.....	35
Figura 5.1 Análisis de radiación en un día soleado	39
Figura 5.2. Análisis de radiación en un día nublado	39
Figura 5.3 Análisis de radiación en un día de lluvia	40
Figura 5.4. Análisis de hora solar pico.....	40
Figura 5.5. Análisis de radiación mes de septiembre.....	41
Figura 5.6. Análisis de radiación mes de octubre	41
Figura 5.7. Análisis de radiación mes de noviembre.....	42
Figura 5.8. Análisis de radiación mes de diciembre	42
Figura 5.9. Análisis de radiación mes de enero	43
Figura 5.10. Demanda de consumo	43
Figura 5.11. Valores de simulación de paneles	44
Figura 5.12. Valores de simulación de baterías.....	45
Figura 5.13. Valores de simulación del regulador	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1. Tabla de valores para selección de bombas	23
Tabla 4.2. Cálculo de resultado de consumo	25
Tabla 4.3. Valores de radiación solar sobre m2, en un día soleado.....	26
Tabla 4.4. Valores de radiación solar sobre m2, en un día nublado	26
Tabla 4.5. Valores de radiación solar sobre m2, en un día soleado.....	26
Tabla 4.6. Valores de radiación solar por los meses establecidos	27
Tabla 4.7. Representación de valores promedio de hora solar	28
Tabla 4.8. Representación de valores promedio de hora solar	28
Tabla 4.9. Valores de trabajo de voltaje en función del número de celdas	30
Tabla 4.10. Tecnología del regulador en base a voltaje y número de celdas	31

Tabla 4.11. Valores para determinar las especificaciones de las baterías	34
Tabla 4.11. Valores de sección de conductores	36
Tabla 5.1. Valores del panel calculado	44
Tabla 5.2. Valores del inversor calculado	45
Tabla 5.3. Valores de la batería	45
Tabla 5.4. Valores del acumulador.....	46



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTADA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOSUSTENTABLE SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN EL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN AGROECOLOGÍA CINCA PROVINCIA DE PICHINCHA”

Autores:

Guachamin Farinango Omar Santiago

RESUMEN

A nivel mundial los recursos renovables existentes en el planeta no han sido aprovechados en su totalidad para la transformación de energías como una alternativa para producir electricidad, el Ecuador al estar ubicado en la línea equinoccial posee un potencial energético adecuado para ser utilizado en la generación de energía eléctrica, con bajos niveles de contaminación ayudando a conservar los recursos hídricos que cada vez son menos en el país. El presente proyecto se enfoca al uso de una de esta energías renovables como es la fotovoltaica, aprovechando la radiación incidente en nuestro país para transformarla en energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico autónomo para energizar un sistema hídrico de nebulización para un invernadero de producción de plántulas en el centro de capacitación en agroecología CINCA, el sistema esta diseñado para cubrir la demanda energética del sistema hídrico, como son bomba, controlador hídrico que son los elementos que consumirán una potencia de 584 watts/ hora, el sistema está diseñado para un ciclo de riego de 3 veces al día a través de un controlador que guardara la programación del riego, obteniendo una demanda máxima del sistema de 2226 watts al día, el sistema tendrá una potencia máxima de 3500 watts y una nominal de 2000 watts, aportando así al agro con la utilización de recursos y tecnologías existentes en nuestro país que pueden ser implementadas para la generación de electricidad.

Palabras clave: fotovoltaica, nebulización, potencial energético, radiación



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "DESIGN OF A SOLAR SELF-SUSTAINABLE IRRIGATION SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF SEEDLINGS AT THE CINCA AGROECOLOGY TRAINING CENTER, PROVINCE OF PICHINCHA"

Authors:

Guachamin Farinango Omar Santiago

ABSTRACT

Worldwide, the renewable resources existing on the planet have not been fully used for the transformation of energy as an alternative to produce electricity, Ecuador being located on the equinoctial line has an adequate energy potential to be used in the generation of electricity, with low levels of pollution helping to conserve water resources that are less and less in the country. This project focuses on the use of one of these renewable energies such as photovoltaics, taking advantage of the incident radiation in our country to transform it into electrical energy through an autonomous photovoltaic system, to energize a water mist system for a seedling production greenhouse. At the CINCA agroecology training center, the system is designed to meet the energy demand of the water system, such as a pump, water controller, which are the elements that will consume a power of 584 watts / hour, the system is designed for one cycle irrigation 3 times a day through a controller that will maintain the irrigation schedule, obtaining a maximum system demand of 2226 watts per day, the system will have a maximum power of 3500 watts and a nominal power of 2000 watts, thus contributing to the agriculture with the use of resources and technologies existing in our country that can be implemented for the generation of electricity.

Keywords: photovoltaics, fogging, energy potential, radiation



Ingeniería
Electromecánica



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: GUACHAMIN FARINANGO OMAR SANTIAGO**, cuyo título versa **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOSUSTENTABLE SOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN EL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN AGROECOLOGÍA CINCA PROVINCIA DE PICHINCHA”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, Marzo del 2021

Atentamente,

M.Sc. ERIKA CECILIA BORJA SALAZAR
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
0502161094

1803027935 Firmado digitalmente por
1803027935 VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
Fecha: 2021.03.10

1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR

Nombre: Guachamin Farinango Omar Santiago

Correo: omar.guachamin@utc.edu.ec

TEMA APROBADO:

Diseño de un sistema de riego autosustentable solar para la producción de plántulas en el centro de capacitación en agroecología CINCA provincia de Pichincha.

CARRERA

Ingeniería Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Ing. M.Sc. Cristian Fabian Gallardo Molina

EQUIPO DE TRABAJO

Ing. M.Sc. Cristian Fabian Gallardo Molina

LUGAR DE EJECUCIÓN

Región: Sierra

Provincia: Pichincha

Cantón: Pedro Moncayo

Parroquia: La Esperanza

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA

10 meses

FECHA DE ENTREGA DE LA PROPUESTA

Marzo del 2021

LÍNEAS Y SUBLIMAS DE INVESTIGACIÓN

Línea 5 de la Universidad: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Línea 3 de la carrera de electromecánica. Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

TIPO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

El desarrollo tecnológico de los sistemas fotovoltaicos enfocados a la generación de electricidad permitirá desarrollar esta propuesta y poder aprovechar el potencial energético que tenemos en el país para utilizar en sistemas de riego.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

Diseño de un sistema de riego autosustentable solar para la producción de plántulas en el centro de capacitación en agroecología CINCA provincia de Pichincha.

2.2. Tipo de propuesta alcance

Productivo: Debido a que el sistema en general servirá para que la población de la localidad pueda emprender huertos familiares.

Desarrollo: El proyecto está enfocado en el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente.

2.3. Área de conocimiento

Área:

Ingeniería industria y construcción. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES, 2019)

Subárea:

52 de ingeniería y profesiones a fines (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES, 2019)

También se hace referencia dentro de la carrera de ingeniería en electromecánica, al área de conocimiento en asignaturas como: electrónica, fluidos, energías renovables, resistencia de materiales, control industrial.

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

Este proyecto será de gran interés debido a que el diseño se contempla en el dimensionamiento de los equipos fotovoltaicos para sistemas de riego en plántulas que establece la generación eléctrica a través de un sistema autosustentable solar, debido a que el Cinca es un centro de capacitación en agroecología que se encuentra a las afueras del casco rural, que no cuenta con energía eléctrica a su vez la necesidad de contar con una pilonera para la producción de plántulas y dotar de insumos a la ciudadanía para que puedan implementar sus huertos familiares, venta de este tipo de productos enfocado a emprendimientos y producción, una vez finalizado se pretende presentar el diseño a la cooperación internacional que apoya el CINCA como proyecto de soberanía alimentaria para buscar inversión extranjera y que puedan implementar los estudiantes de carrera en próximos semestres.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Es la transformación de energía para sistemas de riego autosustentable.

2.5.2. Campo de acción

Utilización de energías alternativas para sistemas de riego.

2.6. Situación problemática y problema

2.6.1. Situación problemática

El presente proyecto se basa en la problemática que se tiene en el centro de capacitación intercultural en agroecología “CINCA”, donde se realizan capacitaciones de producción y cultivos agroecológicos, que al estar ubicado a las afueras del casco rural no cuenta con suministro eléctrico en ese sentido no se ha podido implementar el sistema de riego del invernadero.

Es importante mencionar que esta actividad lo vienen realizando desde años atrás como una alternativa de producción saludable como lo establece la ley orgánica de soberanía alimentaria (art. 14), el estado estimulara la producción agroecológica, orgánica y sustentable a través de mecanismos de fomento, sin embargo, no cuentan con la dotación de insumos y herramientas esto conlleva a los productores a no continuar con este tipo de producción.

2.6.2. Problema

La falta de suministro energético para el sistema de riego en un invernadero enfocado a la producción de plántulas.

2.7. Hipótesis o formulación de pregunta científica

El dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico permitirá energizar el sistema de riego para plántulas en el centro de capacitación en agroecológica CINCA en la provincia de Pichincha.

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de riego autosustentable solar para suplir la necesidad de energía eléctrica de los equipos de riego en el centro CINCA, mediante el dimensionamiento fotovoltaico.

2.8.2. Objetivos específicos

- Recopilación de datos teóricos y técnicos que conforman el sistema híbrido de riego
- Determinar el consumo de energía del sistema de riego automático
- Dimensión y selección de los equipos de generación fotovoltaica
- Análisis e interpretación de resultados

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

OBJETIVOS	TAREAS
-Recopilación de datos teóricos y técnicos que conforman el sistema.	1. Revisión bibliográfica de sistema fotovoltaico y sistemas de riego.
	2. Estudio del proceso de germinación de plántulas.
-Determinar el consumo de energía del sistema de riego	1. Realización de cálculos de estimación de carga.

automático	<ol style="list-style-type: none"> 2. Determinación de controlador y bomba
-Dimensión y selección de los equipos de generación fotovoltaica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estructurar condiciones de climatología 2. Determinación de ecuaciones para el dimensionamiento
-Validación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estructuración y presentación de resultados 2. Comparación y validación del diseño con programa

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Análisis de trabajos precedentes

En su trabajo de grado Ramos J. y Ramos Carvajal J. “Diseño y construcción de un prototipo automatizado de un sistema de bombeo de agua para riego pecuario y consumo humano utilizando energía” en el cual consideran la deficiencia de aplicación de sistemas fotovoltaicos en riego automatizado en las zonas altas andinas, para lo cual se estableció el estudio poblado donde se iba a implementar, la metodología de cálculo potencial del cultivo, eficiencia de caudal accesorios y principalmente el cálculo de paneles, concluyeron que el uso de energía limpia da un aspecto positivo para una familia rural y es viable a nivel de costos. [1]

En su trabajo de titulación Álvarez A. “Análisis de un sistema de riego automático alimentado por energía fotovoltaica utilizando PLC” establece que el del sistema de riego entra en función captando la energía necesaria mediante los paneles fotovoltaicos establecidas en esa área, con el uso del plc determina niveles de agua a través de los sensores de nivel que están localizados en el tanque, una electroválvula da apertura al sistema de riego del cultivo, mismo que se estableció en lazo cerrado usando el programa wincc para monitorearlo. [2]

En el trabajo de tesis de grado Juárez E. “Estudio de sistema automatizado de riego por goteo por medio de energía solar para invernadero”, utilizó la elevada radiación solar de la zona a través de paneles solares el objetivo principal es automatizar con la energía producida el sistema de riego por medio de un micro controlador (Arduino). [3]

3.2. Normativas vigentes

Según la constitución de la república en su art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua. [4]

Según LORSA en el art. 13 literal d) Promoverá la reconversión sustentable de procesos productivos convencionales a modelos agroecológicos y la diversificación productiva para el aseguramiento de la soberanía alimentaria. [5]

3.3. Instalaciones fotovoltaicas

Las instalaciones fotovoltaicas están divididas en dos grandes grupos dependiendo en tipo de configuración y necesidad de diseño, en el cual pueden entregar energía a una red o solo dimensionar el sistema para un diseño autónomo.

3.3.1. Instalaciones aisladas de la red

Se emplean en localidades que no tienen acceso a la red pública, para suplir la demanda de cualquier tipo de carga ya sea doméstica, industrial, e iluminarias en ese sentido este tipo de instalaciones posibilitan dos tipos de suministro, el descentralizado que consiste en una instalación individual para cubrir una necesidad ya sea de una vivienda o de un sistema de carga, por otro lado está el sistema centralizado que tiene como finalidad cubrir una serie de cargas o de un gran número de usuarios. [6]

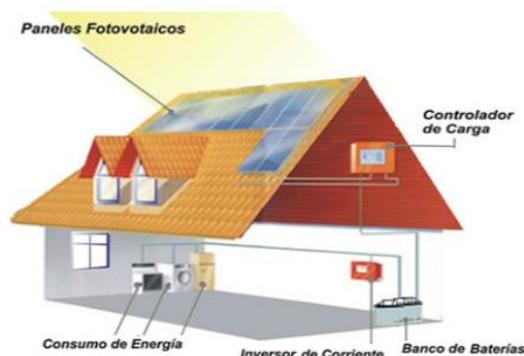


Figura 3.1. Sistema aislado a la red

Fuente: [7]

3.3.2. Instalaciones conectadas a la red

Funcionan como centrales de generación, en este caso la generación fotovoltaica que suministra energía a la red, misma que actúa como un disipador de energía infinita que acepta

toda energía disponible, sin embargo, no requiere del mismo diseño en comparación de los sistemas aislados debido que no necesita un subsistema de almacenamiento y el controlador solo cumple la función de indicador de energía disponible al inversor. [6]

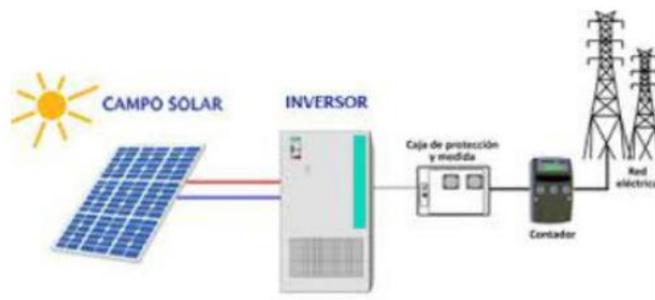


Figura 3.2. Sistema conectado a la red

Fuente: [7]

3.4.Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es la agrupación y trabajo en conjunto de ciertos componentes eléctricos para lograr la transformación de la energía solar en energía eléctrica utilizable para cualquier aparato o dispositivo eléctrico convencional, una casa, un negocio o dentro del área de la industria. El funcionamiento de un sistema fotovoltaico es posible gracias a los paneles solares, a través del efecto fotoeléctrico, la energía solar se convierte en energía eléctrica de corriente continua. [8]

3.4.1. Panel solar, generador o modulo fotovoltaico

Son dispositivos formados por metales sensibles a la luz, una panel solar es un elemento que en cierta forma utiliza la energía que provienen del sol y la trasforma en energía eléctrica, estos elementos están estructurados por celdas solares de material silicio cristalino, que puede convertir la luz del sol en electricidad, es por ello que mientras mayor captación de energía solar exista a través del panel solar, es decir mientras más grande sea el panel receptor, mayor captación de energía solar recibirá y continuamente mayor será la cantidad de generación de energía eléctrica. [9]

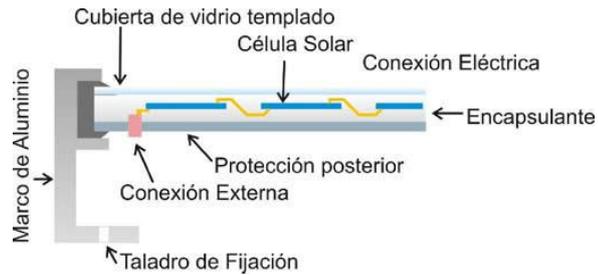


Figura 3.3. Estructura del panel fotovoltaico

Fuente: [10]

Los paneles solares se estructuran para un promedio de 20 años de durabilidad, sin embargo, muchos de los factores que afectan su funcionalidad son: la rotura de la celda, la de laminación del encapsulante que en cierto modo permite la entrada de humedad y la rotura de las interconexiones de las celdas de panel fotovoltaico. [3]

Los paneles solares se caracterizan mediante la curva de corriente y voltaje que determina la tensión a circuito abierto según la configuración del sistema sabiendo definir condiciones estándares de manejo y de referencia que determina que bajo estas condiciones las cantidades de corriente de cortocircuito “ISC”, voltaje de circuito abierto “VOC”, la potencia máxima “Pmax” entregada por el módulo. [3]

Irradiación: 1000 w/m²

Temperatura normal de incidencia en la celda: 25°C

Distribución espectral: AM 1.5

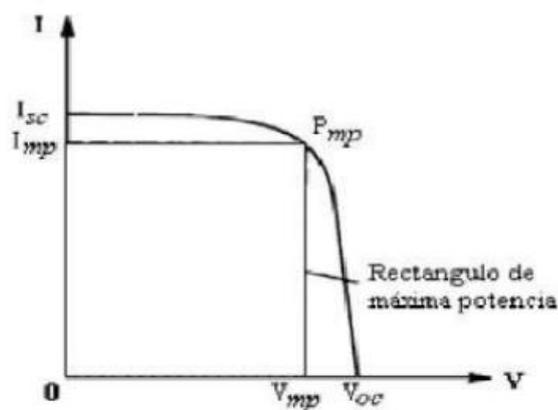


Figura 3.3. Curva característica I-V

Fuente: [3]

3.4.2. Fenómeno fotovoltaico

El efecto fotovoltaico se produce cuando un fotón impacta con un electrón de la última órbita de un átomo de silicio, este último electrón se denomina como electrón de valencia, el cual recibe la energía con la que viaja el fotón, mismo que es una partícula de luz radiante. Si dicha energía que adquiere el electrón supera la fuerza de atracción del núcleo, este sale de su órbita y queda libre del átomo y por lo tanto puede viajar a través del material, es importante mencionar que cada material semiconductor tiene una energía mínima que permite liberar electrones de sus átomos, sin embargo no todos los fotones logran separar electrones, debido a que atravesar un material implica que siempre existe una cierta pérdida energética misma que en el momento de la colisión estos fotones ya han perdido demasiada energía para desplazar un electrón. [11]

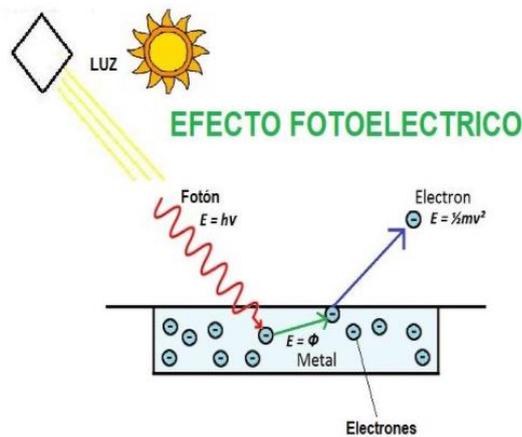


Figura 3.4. Efecto fotoeléctrico

Fuente: [12]

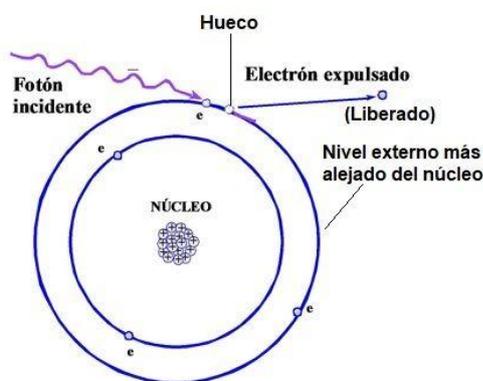


Figura 3.5. Inidencia en un electrón

Fuente: [12]

3.4.3. Rendimiento de un panel fotovoltaico

Los paneles fotovoltaicos presentan una serie de incidencias que influyen directamente en su rendimiento esto debido a que existe tantos parámetros ambientales, de la fabricación de equipos y las condiciones del lugar donde se va a implementar que determinan un criterio de influencia entre ellos se destacan: [3]

Energía de los fotones incidentes

Perdidas por flexión parcial

Perdidas por efecto de sombra

Efecto de la temperatura

Uno de los efectos de mucha incidencia, es la temperatura de operación de las celdas debido a que la corriente aumenta en función de la temperatura, pero el voltaje disminuye en una cantidad mayor y por lo tanto la potencia de generación también disminuye en un porcentaje mayor como se muestra en la curva característica, sin embargo, se considera una temperatura optima de eficiencia de 25°C.

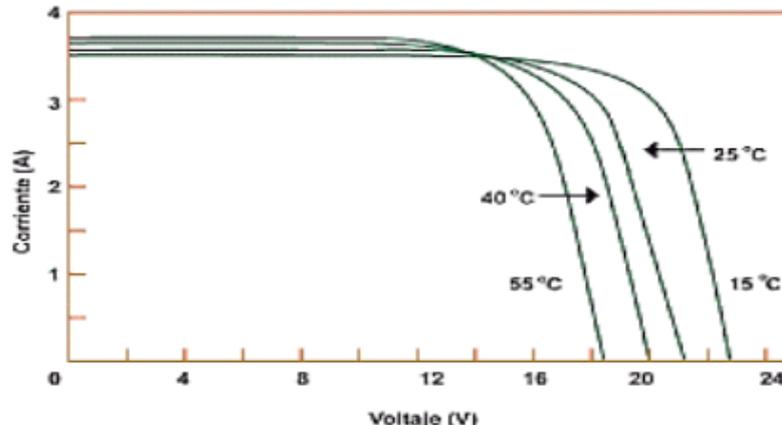


Figura 3.6. Dependencia de la corriente en función del voltaje

Fuente: [3]

3.4.4. Posición y orientación de los paneles.

La posición y orientación de los paneles fotovoltaicos dependerá del lugar donde se van a implementar debido a la estructuración de la forma de la tierra, en el cual la latitud como longitud determinaran el ángulo de posición de los paneles para que estos tengan una mayor captación solar, así mismo durante ciertas etapas de año pueden entrar en una nueva posición dependiendo incluso la estación, pero en muchos casos y en diferentes aplicaciones, la

ubicación de los paneles es de manera fija, pero el objetivo principal es que estén orientados hacia el sol en una posición perpendicular, para que los paneles solares tenga una máxima efectividad, sin embargo como anteriormente se manifestó la mayoría de instalaciones de paneles solares tiene posición fija. [3]



Figura 3.7. Captación solar

Fuente: [3]

3.4.5. Paneles policristalinos y monocristalinos

Los paneles monocristalinos contienen placas solares monocristalinas que a simple vista se pueden diferenciar por su color negro y esquinas recortadas tipo chaflanado, este tipo de paneles tienen un mejor rendimiento y eficiencia en comparación a los paneles policristalinos sin embargo son más costosos, su composición interna comprende un lingote de un único cristal de silicio. [13]



Figura 3.8. Célula monocristalina

Fuente: [13]

Los paneles policristalinos están compuestos por células policristalinas, que utilizan obleas de silicio como sustrato para la obtención de este tipo de células es menos costoso en relación a las monocristalinas, pero por el mismo proceso son menos eficientes.



Figura 3.9. Célula policristalina

Fuente: [13]

3.4.6. Inversor fotovoltaico

Los inversores fotovoltaicos son dispositivos que mediante su estructura interna tienen el fin de transformar la energía generada por la instalación fotovoltaica, misma que se transmite en forma de corriente continua a corriente alterna, energía común para ser utilizada por cualquier tipo de carga que obviamente se encuentre dentro del rango moderado de consumo que genere el sistema solar. [14]

Tipos de inversores

- Inversores de onda sinusoidal
- Onda senoidal modificada
- Inversores de conexión a red y de batería
- Inversores monofásicos y trifásicos



Figura 3.9. Inversor fotovoltaico

Fuente: [15]

3.4.7. Regulador de carga

Es un dispositivo conocido también como controlador de carga es el elemento que forma parte de un sistema de generación fotovoltaica, cuya función es de dirigir y controlar la energía que circula entre la batería y los módulos solares fotovoltaicos, en pocas palabras este equipo evita

que de cierto modo se produzca sobre descargas de las baterías, evitando el desgaste de las misma y garantizando mayor vida útil. [16]

3.4.8. Tipos de reguladores de carga

Regulador de carga PWM. Con este tipo de regulador los módulos solares realizan su función a la tensión en la que se encuentre cargada la batería, lo cual se traduce a pérdida de energía, en cuanto la batería llega a la tensión señalada, comienza a impedir el contacto entre los módulos y la batería, de esta manera evitar una sobrecarga. [16]

Regulador de carga MPPT. Este tipo de regulador es conocido como maximizador debido a que cuando entra en funcionamiento tienen la mejor eficiencia en aprovechar la máxima producción de energía del panel solar para la carga de la batería, este equipo corta el paso de la corriente hacia la batería cuando se encuentra cargada e internamente ajusta el voltaje que siempre es mayor al requerido por la batería al voltaje necesario con una gran eficiencia en la conversión obteniendo mayor intensidad mientras se conserva la producción total de potencia. [16]



Figura 3.10. Inversor fotovoltaico

Fuente: [16]

3.4.9. Batería o acumuladores

Son parte del sistema solar cuya función es la más importante dentro del sistema ya que en el momento en el que no se cuenta con radiación solar, su función es cubrir el suministro durante ese periodo de tiempo garantizando la continuidad del servicio eléctrico. [11]

Tipos de acumuladores:

- Acumuladores estacionarios
- Acumuladores de arranque

- Acumuladores de tracción

Parámetros principales de un acumulador:

La capacidad máxima de almacenamiento, que se refiere a la cantidad de electricidad que puede almacenar expresada en amperios hora “Ah” con notación de descarga C5, C25 que hace referencia al tiempo de descarga (C5= Descarga en 5 horas).



Figura 3.11. Representación de profundidad de descarga y ciclos

Fuente: [17]

Profundidad de descarga, es el porcentaje sobre la capacidad máxima del acumulador que se puede extraer de la misma en condiciones nominales.

Vida útil, determina la cantidad de un proceso completo de carga y descarga en ciclos.

Auto descarga, es un efecto en el cual la batería por condiciones o causas diversas se descarga muy lentamente de manera continua, aunque no exista una carga o conexión a un circuito.

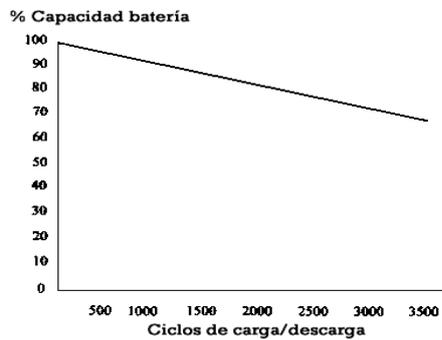


Figura 3.12. Representación de la vida útil de la batería

Fuente: [17]

3.5.Sistema de riego automático

Los sistemas de riego automáticos son un conjunto de elementos que proveen de agua a los cultivos considerando variables ambientales para garantizar las condiciones de producción en el cultivo, con el transcurso del tiempo son cada vez más eficientes, más avanzados y ofrecen una variedad de beneficios entre ellos el más importante que es el ahorro de agua ya que las condiciones las da el equipo y no empíricamente como lo hacía el agricultor. [18]

Tipos de sistemas de riego

- Riego por goteo
- Riego por aspersión
- Riego hidropónico
- Riego nebulización
- Riego por microaspersión

3.5.1. Elementos generales de un sistema de riego automático

Embalse de regulación: Esta parte del sistema permite regular el suministro del recurso hídrico y acumular suficiente agua para garantizar la continuidad del mismo. En los embalses de regulación se deben cuidar especialmente el correcto diseño de la entrada y salida de agua. [19]

Cabezal del riego: Es un conjunto de equipos y accesorios que tienen la finalidad de bombear el recurso hídrico desde el embalse hasta la red de distribución del riego cumpliendo los procesos de tratamiento que cumplirá las expectativas del cultivo. [20]

Componentes de un cabezal de riego

- Equipo de bombeo
- Equipo de filtrado
- Equipo de inyección de fertilizantes
- Equipo de control

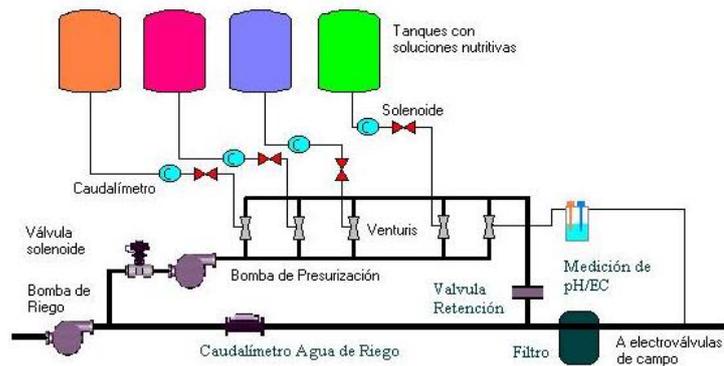


Figura 3.13. Estructura de un sistema de riego

Fuente: [21]

Red de distribución de tuberías: Es la red de distribución desde la salida del agua filtrada hacia el área del regadío, consta de dos partes fundamentales la de canalización hacia el área de riego y la de distribución dentro del área de riego, es decir de la línea principal de distribución se adjuntarán ramales para cubrir el área de riego ya sea por nebulización, goteo, aspersion o microaspersion.

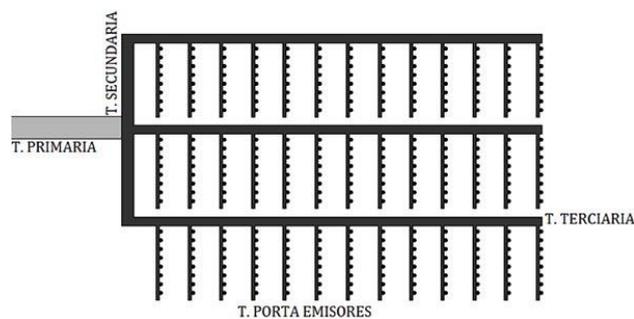


Figura 3.14. Tuberías de un sistema

Fuente: [7]

Emisores: Son elementos encargados de aplicar el agua a las plantas y que van insertados en los ramales donde ya está el direccionamiento directo con el cultivo.

Tipos de emisores de riego

- Goteros
- Cintas o tuberías perforadas
- Micro aspersores
- Aspersores

Controladores: Son todos los elementos y equipos que en conjunto nos ayuda a controlar todo el proceso del riego, desde los temporizadores hasta la activación y desactivación de electroválvulas, todos estos elementos están dentro de un diseño estándar que maneja variables referenciales determinadas para dar el correcto funcionamiento al sistema de riego y mantener un control diversificado en el área del riego. [7]

3.6. Producción de plántulas

La plántula es un término para nombrar a las primeras etapas de desarrollo de la planta, desde que germina la semilla hasta que adquiere sus primeras hojas verdaderas. Para garantizar un mejor crecimiento, se realiza este periodo de crecimiento en condiciones controladas en un invernadero, colocando las semillas dentro de bandejas de germinación o almácigos. [22]

Vivero o semillero: En el caso de referirse a vivero o semillero, define la obtención de la plántula con su correcto tamaño y fuerza en sus raíces, que permita una implantación de manera sobresaliente en el lugar de cultivo, en este lugar la plántula adquiere las características necesarias y deberá cumplir todos los lineamientos para garantizar que en el trasplante no padezca, ni muera y continuamente continúe su crecimiento. [23]



Figura 3.15. Germinación de plántulas en invernadero

Fuente: [7]

Condiciones ambientales para la producción de plántulas

El clima es un factor fundamental para el desarrollo de la planta más que cualquier otro es por ello que casi en todos los viveros se implementa un serie de sistemas que ayudan a controlar variables ambientales del espacio y lugar donde se germina plántulas, obteniendo el control de la humificación, ventilación, calefacción, plantas térmicas y de sombreo, todos estos parámetros con el objetivo de permitir un ambiente lo más controlado posible para garantizar una planta de calidad, sabiendo mencionar que lo más importante es la calidad con que sale del vivero hacia el área destinada para la etapa de cultivo. [23]

Sistema de riego

Según la página Llevaría “Hydraulic Sollutions” menciona que el sistema de riego por nebulización es el mejor recomendado e instalado en invernaderos y para la producción de plántulas debido a que este tipo de irrigación través de sus sistema permite que las gotas de agua salgan pulverizadas a un tamaño muy reducido hasta llegar a formar una pequeña neblina durante unos segundos, estas gotas de agua se estrellan contra una pared cóncava que las reparte por toda la superficie y al evaporarse le temperatura ambiente baja y se refresca en interior del invernadero dando la posibilidad de controlar la temperatura interna del mismo. [24]

Germinación de plántulas

La germinación de plántulas conlleva una serie de etapa que básicamente engloban todo el proceso, para nuestro caso realizaremos un enfoque a los lineamientos y características técnica que nos ayudaran para el diseño del sistema de riego dentro del invernadero que esta designado para esta actividad.

Para que las semillas germinen y den lugar a una nueva planta, debe existir hidratación, esto se consigue manteniendo el terreo o área lo suficientemente húmedo y a un determinado grado de humedad constante para que la semilla absorba mejor la humedad en la tierra así mismo la semilla debe estar a una profundidad proporcional a la de la semilla para que pueda extenderse y abrirse a través de las partículas del suelo. [25]

Duración de germinación de las semillas

- 1 y 3 días: Berro, rábanos y rabanitos
- 4 y 6 días: Achicoria, belga, alubia, calabaza, cebolla, diente de león, escarola, espinaca, guisante, haba, lechuga, lenteja, maíz, mostaza, nabo, pepino, puerro.
- 7 y 10 días: Acedera, acelga, alcachofa, alquequenje, berenjena, berro, borraja, cardo, cebollino francés, col, canónigos, mejorana, melón, orégano, perifollo, pimiento, remolacha, romero, salsifi, sandía, tomate, zanahoria.
- Mas de 10 días: Ajedrea, albahaca, anís, cilantro, eneldo, escorzonera, espárrago, hinojo, perejil, salvia, tetrágona.

Profundidad de siembra:

- 0.1 y 0.3 cm: Albahaca, apio, berro, perejil y zanahoria.

- 0.5 y 1 cm: Acedera, achicoria, ajedrea, alquequenje, anís, berenjena, borraja, cebolla, col, eneldo, escarola, estragón, flor del nabo, canónigos, hierba gatera, lechuga, mostaza, nabo, perifollo, pimienta, puerro, rábano, rabanito, tomate.
- 1 y 2 cm: Acelga, alcachofa, cardo, diente de león, escorzonera, espinaca, hinojo, hisopo, melisa, oca, orégano, remolacha, romero, salsifí, tanaceto, tetrágona, tomillo.

Temperatura optima de germinación

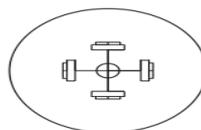
- Baja (15 y 20 °C): Espinacas, guisantes (chícharos), perejil
- Media (20 y 25 °C): Achicoria, anís, apio, cardillo, cilantro, diente de león, eneldo, escorzonera, hinojo, lechuga, rábano, rabanito, salsifí, tetrágona, tomate.
- Alta (25 y 30 °C): Acelga, berenjena, calabaza, cebolla, col, colinabo, chirivía, escarola, espárrago, haba, lenteja, maíz, melón, nabo, pimienta, puerro, remolacha, repollo, zanahoria.

4. METODOLOGÍA

Los métodos utilizados a continuación nos permitieron determinar parámetros fundamentales para el desarrollo del diseño del sistema de riego autosustentable solar enfocado a la producción de plántulas debido a que la germinación de las mismas se realizara en canasta dentro del invernadero no se considera la humedad del suelo ni condiciones de calidad de suelo ya que la preparación para la siembra de la semilla es individual dentro de cada área de germinación es por ello que solo se consideró temperaturas de germinación ciclos de germinación y área de producción para su correcto funcionamiento.

4.1. Método de dimensionamiento de la potencia de la bomba

Diámetro de alcance 3 metros
Caudal nominal 48 l/h
Presión 0.3 a 0.5 bar
Configuración 4 boquillas en cruz



NEBULIZADOR COLNEET PRO

Figura 4.1. Nebulizador

Fuente: Autores

a) Área del cultivo

$$a = l * l = m^2 \quad (4.1)$$

Donde:

$a_{cultivo}$: área del cultivo

l : Lado

$$a = 21 * 21 = 441m^2$$

b) Numero de nebulizadores

$$a_{nebulizador} = \pi r^2 = m^2 \quad (4.2)$$

Donde:

$a_{nebulizador}$: área que cubre el nebulizador

π : constante

r^2 : radio que cubre el nebulizador

$$a_{nebulizador} = \pi(1.5^2) = 7.068m^2$$

$$N_{nebulizadores} = \frac{a_{cultivo}}{a_{nebulizador}} \quad (4.3)$$

Donde:

$N_{nebulizadores}$: Número de nebulizadores para cubrir el área del cultivo

$$N_{nebulizadores} = \frac{441}{7.068} = 62.39$$

c) Caudal requerido

$$Q_{T.requerido} = Q_{nebulizador} * N_{nebulizadores} \quad (4.4)$$

Donde:

$Q_{T.requerido}$: Es el caudal requerido total para que entren en funcionamiento todos los nebulizadores (litro/min)

$$Q_{T.requerido} = 48 \frac{\text{litros}}{h} * 63 = 3024 \frac{\text{Litros}}{h}$$

Al ser un sistema de diseño básicamente las fórmulas presentadas dan a fin conocer todas los cálculos de ser necesarios pero existen elecciones o variantes ya establecidas que dan lugar a una comparación de valores, debido a que la elección de las tuberías que conforman el diseño tienen el objetivo de limitar en lo posible las pérdidas de carga originadas debido a la fricción y rozamiento que existe entre el agua y las paredes internas de la tubería, el argumento de realizar esta selección de manera correcta establece que la velocidad que alcance el flujo de agua en el interior de la tubería se encuentre entre los rangos de 0.5 a 3.5 m/s, esto debido a que velocidades mayores a 3.5 m/s dan lugar a ciertos inconvenientes al momento de implementar el sistema como arrastres, ruidos y fenómenos abrasivos en las paredes interiores que de cierto modo pueden provocar daños en las tuberías. [19]

d) Diámetro de tubería

$$D = \sqrt{\frac{4000Q}{\pi V}} \quad (4.5)$$

Donde:

D : Diámetro de la tubería

Q : Caudal requerido “litros/s”

V : Velocidad del fluido considerado “3.5m/s”

$$D = \sqrt{\frac{4000(0.84 \frac{\text{litro}}{\text{s}})}{\pi(3.5 \frac{\text{m}}{\text{s}})}} = 17.48 \text{ mm}$$

Existe una serie de parámetros que debemos considerar al momento de la fricción del fluido con la tubería, así como accesorios de conducción del fluido para nuestro caso utilizaremos la ecuación de Hazen Williams.

e) Pérdidas de energía

$$h = 10.674 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.78}} * L \quad (4.6)$$

Donde:

h: Perdidas de energía del sistema

Q: Caudal requerida

D: Diámetro de la tubería

L: Longitud del sistema

C: Coeficiente de rugosidad para tubería plástica

Como resultado obtenemos una pérdida de energía de 1.81 metros

f) Altura geométrica del sistema

$$H_g = H_{aspiracion} + H_{impulsion} \quad (4.7)$$

$$H_g = 5.181 + 6 = 11.181 \text{ metros}$$

Donde:

H_g: Altura geométrica del sistema

H_{aspiracion}: Altura manométrica de aspiración “4 metros”

H_{impulsion}: Altura manométrica de impulsión “2 metros”

$$H_{impulsion} = H_I + P_{ci} \quad (4.8)$$

$$H_{impulsion} = 4 + 2 = 6 \text{ metros}$$

Donde:

H_I: Altura de impulsión “4 metro”

P_{ci}: Perdida de carga en la impulsión considerado en nuestro sistema “1.181”

$$H_{aspiracion} = H_a + P_{ca} \quad (4.9)$$

$$H_{aspiracion} = 4 + 1.181 = 5.181$$

Donde:

H_a : Altura de aspiración “4 metros “

P_{ca} : Pérdida de carga en la aspiración considerado en nuestro sistema “1.181 metros”

Una vez obtenidos los datos que requerimos para realizar la presentación de la curva característica de la red, precedemos a realizar a determinar la curva característica de la bomba obteniendo una bomba monofásica HF50A que cumple con los requerimientos de nuestro sistema.

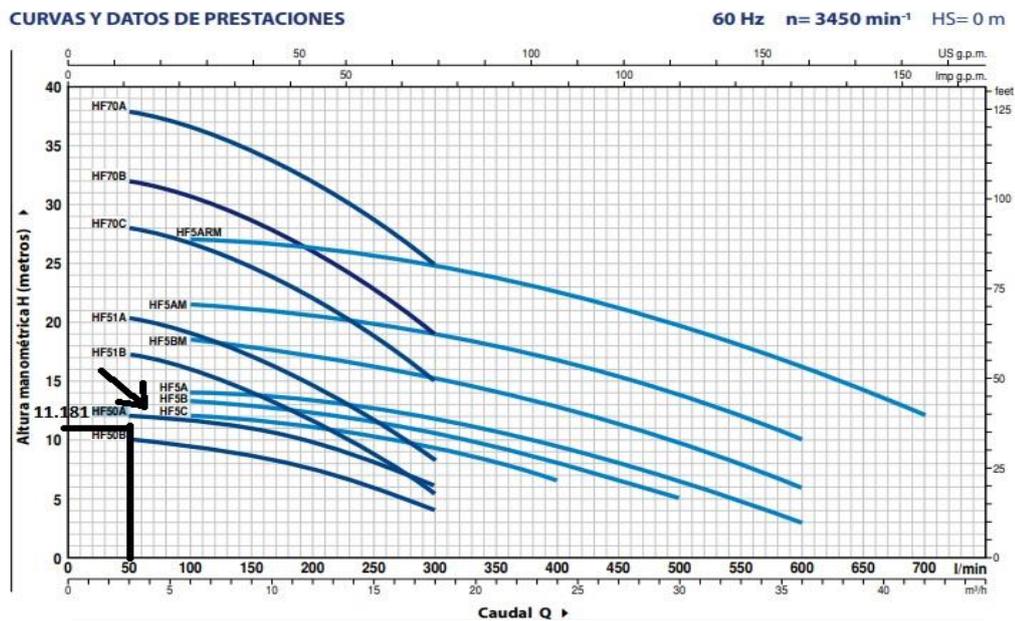


Figura 4.2. Demanda de diseño y curva de bombas

Fuente: Ficha técnica bombas PEDROLLO [27]

Tabla 4.1. Tabla de valores para selección de bombas

MODELO		POTENCIA (P ₂)		IE	Q	m ³ /h											
Monofásica	Trifásica	kW	HP			0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42
HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50	IE2	50	10	10	9.5	8.5	7.5	6	4					
HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75			12	12	11.5	11	9.6	8	6					
HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85	IE3	100	18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4					
HFm 51A	HF 51A	0.75	1			21.2	20.2	19	17	14.5	11.6	8.4					
HFm 70C	HF 70C	1.1	1.5	IE3	150	29	28	26.5	24.5	22	18.5	15					
						30	28	26.5	24.5	22	18.5	15					

Fuente: Ficha técnica bombas PEDROLLO [27]

4.2. Método de dimensionamiento de cargas en el sistema de riego

4.2.1. Determinación de carga de equipos eléctricos de riego

Los equipos así como elementos eléctricos del sistema de riego que consideramos son, la bomba eléctrica y el controlador x-core, debido a que los demás accesorios como las electroválvulas, los sensores y demás accesorios del riego están netamente alimentados desde el controlador, sabiendo argumentar que son cargas internas del mismo y por otra parte los contactores y protecciones tampoco se considera debido a que no son elementos que consumen potencia pero que sin embargo se detallan en los anexos como un dimensionamiento estimado, por ello solo se estableció los requerimientos para poder accionar la bomba y el controlador que son las cargas del sistema.

Equipos	Bomba centrífuga
 Figura 4.3. Bomba centrífuga	Potencia: ¾ HP 550 watts Tipo: Centrífuga Alimentación: 120 VCA – 60 Hz Monofásica Calidad Máximo: 50 L/Min Potencia Del Motor: 3/4 HP Altura Máxima: 12 M

Equipos	Controlador modelo X-Core-x00
 Figura 4.4. Controlador X-Core	Entrada al transformador: 120 Vca- 60 Hz Salida del transformador: 24 Vca Corriente: 1 amperio Potencia calculada: 24 watts

4.2.2. Cálculo de consumo

Se determinó la potencia necesaria según las especificaciones del diseño de riego y las características técnicas de los equipos de la bomba y del controlador debido a que los demás

elementos son sensores y electroválvulas que están conectadas al controlador.

Tabla 4.2. Cálculo de resultado de consumo

Aparato/carga	Cantidad	Potencia Watts	Voltaje	Hora de uso diario	Consumo diario watt/día	Demanda máxima watts
Bomba hidráulica	1	550	120	3	1650	1650
controlador	1	24	120	24	576	24
Total(KW)					2,226	1,674

Fuente: Autores

4.3. Método de dimensionamiento y selección de los equipos del sistema fotovoltaico.

Una vez que se determinó el consumo eléctrico de las cargas del sistema se procedió a realizar los cálculos de requerimientos de los equipos del sistema de energía fotovoltaica para poder alimentar los equipos del sistema de riego y continuamente controlar las variables que influyen en el control del riego como temperatura interna y temporización del riego. Una vez que se determinó el consumo eléctrico de las cargas del sistema se procedió a realizar los cálculos de requerimientos de los equipos del sistema de energía fotovoltaica para poder alimentar los equipos del sistema de riego y continuamente controlar las variables que influyen en el control del riego como temperatura interna y temporización del riego.

Es importante mencionar las características técnicas de incidencia para el dimensionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico, en este caso se utilizó el software solari PV que maneja una base de datos establecidos con representaciones gráficas y valores que son necesarios determinarlos, también se realizó las mediciones con el piranómetro estableciendo tres condiciones de medición como se presenta a continuación y a su vez se hace una medición de referencia en los meses de septiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero para poder determinar una hora solar pico promedio.

- a) Radiación solar en un día soleado
- b) Radiación solar en un día nublado
- c) Radiación solar en un día con lluvia

Tabla 4.3. Valores de radiación solar sobre m², en un día soleado

Día soleado	
Tiempo "Horas"	Radiación "w/m ² "
7:00	209,62
8:00	397,16
9:00	678,6
10:00	817,6
11:00	913,14
12:00	900,15
13:00	902,13
14:00	912,6
15:00	618,05
16:00	400,2
17:00	201,5

Fuente: Autores

Tabla 4.4. Valores de radiación solar sobre m², en un día nublado

Día nublado	
Tiempo "Horas"	Radiación watts/m ² "
7:00	209,62
8:00	268,19
9:00	678,6
10:00	817,6
11:00	643,78
12:00	860,45
13:00	902,13
14:00	869,39
15:00	258,15
16:00	257,45
17:00	175,48

Fuente: Autores

Tabla 4.5. Valores de radiación solar sobre m², en un día soleado

Día de lluvia	
Tiempo "Horas"	Radiación "watts/m ² "
7:00	112,17
8:00	198,14
9:00	309,16
10:00	584,09
11:00	419,56
12:00	370,24
13:00	628,43

14:00	746,28
15:00	518,27
16:00	264,15
17:00	98,18

Fuente: Autores

Tabla 4.6. Valores de radiación solar por los meses establecidos

Días	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
1	425,83	487,65	400,12	501,16	409,8
2	587,6	571,64	476,35	412,68	497,6
3	450,6	574,1	450,6	450,6	497,5
4	480,7	536,4	480,7	480,7	473,96
5	390,8	498,6	350,25	390,8	489,5
6	467,59	457,9	340,2	467,59	496,78
7	500,4	492,8	316,5	500,4	456,7
8	509,7	570,3	384,6	509,7	505,63
9	516,8	587,6	568,2	516,8	504,7
10	493,8	498,15	574,68	493,8	504,9
11	479,6	496,38	589,36	479,6	506,7
12	496,7	510,5	450,68	496,7	502,8
13	575,8	542,6	473,18	575,8	506,7
14	516,8	498,67	478,68	516,8	540,8
15	518,4	496,78	472,36	518,4	516,8
16	465,8	428,36	496,36	465,8	548,7
17	473,6	501,13	587,6	473,6	524,36
18	479,12	508,6	587,24	479,12	576,3
19	587,6	524,9	586,54	587,6	548,68
20	479,86	531,1	598,36	547,6	517,36
21	548,97	562,1	421,58	360,89	548,2
22	489,75	567,3	398,56	476,58	469,65
23	498,7	498,2	385,24	378,64	479,5
24	525,36	501,69	384,16	345,69	568,97
25	478,96	506,41	345,96	375,25	498,6
26	412,6	545,26	374,85	318,96	479,5
27	410,8	526,7	345,6	589,6	458,75
28	405,9	498,36	385,74	508,9	517,6
29	576,4	475,36	324,96	503,6	545,68
30	548,64	507,69	368,95	498,36	541,26

Fuente: Autores

Latitud [°]	0	2	26	N	0°.0406 N
Longitud [°]	78	8	41	W	78°.1447 W
Altitud [m]	2 815				

Figura 4.5. Datos geográficos y de ubicación

Fuente: Solar PV

Tabla 4.7. Representación de valores promedio de hora solar

HORAS SOLAR PICO PROMEDIO	
Septiembre	3,8
Octubre	3,88
Noviembre	3,86
Diciembre	3,74
Enero	3,69

Fuente: Autores

4.3.1. Rendimiento global de un sistema fotovoltaico

Este valor nos permitirá tener un valor aproximado del rendimiento del sistema de energía fotovoltaica para garantizar una efectividad de la instalación, para ello se consideró la tabla a continuación para determinar valores estimados para cada parámetro, sabiendo mencionar que en nuestro caso se estimó un día de autonomía y una profundada de descarga “Pd” de batería de 50% debido a que nuestro sistema no requiere de mucha demanda de energía y el tiempo de consumo diario es muy corto.

Tabla 4.8. Representación de valores promedio de hora solar

Coefficiente de pérdidas "rendimiento de acumulador"	Kb	0,05
Coefficiente de pérdidas "transmisión, efecto joule"	kv	0,05
Coefficiente de auto descarga diaria de las baterías	ka	0,02
Días de autonomía de instalación	Da	1

Fuente: [26]

a) Rendimiento global del sistema

$$R_G = (1 - kb - kv) \left(1 - \frac{ka * Da}{Pd}\right) \quad (4.10)$$

$$R_G = (1 - 0.05 - 0.05) \left(1 - \frac{0.02 * 1}{0.50}\right) = 0.864$$

$$R_G = 86.4\%$$

4.3.2. Paneles Solares

Dentro de los criterios de selección de los paneles solares la selección de trabajo del panel solar se considerará según la potencia de la carga, que en base de la misma se elige el tipo de voltaje del panel. [26]

El voltaje del sistema se elige a partir del consumo diario:

De 1 a 2000 WH de consumo diario, se recomienda hacer el sistema a 12 voltios.

De 2001 a 4000 WH de consumo diario, se recomienda hacer el sistema a 24 voltios.

De 4001 WH de consumo diario, se recomienda hacer el sistema a 48 voltios.

a) Consumo diario

$$\text{Consumo diario} = \text{carga diaria} * \text{factor de proteccion}(20\%) \quad (4.11)$$

$$\text{Consumo diario} = 2626 * 1.20 = 3151.2 \text{watts}$$

b) Potencia fotovoltaica

$$P_{fv} = \frac{\text{Consumo diario}}{Hsm * RG} \quad (4.12)$$

$$P_{fv} = \frac{3151.2}{3.69 * 0.864} = 988.40$$

La hora solar mínima se utiliza para garantizar que las baterías puedan cargarse inclusive en días nublados que según los datos establecidos.

$$Hsm = \frac{\text{energia minima promedio en un dia } (\frac{kwh}{m^2})}{1000 (\frac{w}{m^2})} \quad (4.13)$$

Donde:

Hsm: Hora solar mínima

c) Numero de módulos

$$N_{modulos} = \frac{P_{fv}}{\text{Potencia del modulo}} \quad (4.14)$$

$$N_{\text{modulos}} = \frac{988.40 \text{ watts}}{330 \text{ watts}} = 2.99$$

$$N_{\text{modulos}} = 3$$

4.3.3. Selección del tipo de panel

Equipos	Panel fotovoltaico KYL-330P KUHN
 <p data-bbox="352 981 719 1010">Figura 4.6. Panel Fotovoltaico</p>	<p>Potencia: 330 W Voltaje de trabajo: 24 voltios Tensión Máxima Potencia: 37.89V Dimensión: Largo x Ancho x Grueso (mm) 1956 x 992 x 45 mm Amperios máximos de salida IMP: 8.71 A Corriente de cortocircuito ISC: 9.36 A Voltaje en circuito abierto VOC: 46.58 V 72 celdas Tipo de Célula del Panel Solar: Policristalino</p>

4.3.4. Controlador

Para poder dimensionar el controlador ya sea PWM o MPPT según criterios de diseño está en función del voltaje de las baterías que en nuestro caso se definió 24 voltios de trabajo y el dimensionamiento de celdas del panel fotovoltaico en nuestro caso el panel que estamos utilizando es de 72 celdas. [27]

Tabla 4.9. Valores de trabajo de voltaje en función del número de celdas

Número de celdas	Tensión nominal	Tensión de circuito abierto
30 celdas	12V	18V
36 celdas	12V	21V
48 celdas	18V	30V
54 celdas	18V	33V
60 celdas	24V	36V
72 celdas	24V	42V

Fuente: [27]

Tabla 4.10. Tecnología del regulador en base a voltaje y número de celdas

Paneles y Baterías	Tipo de Regulador
Paneles de 36 celdas y Baterías 12V	MPPT
Paneles de 48 celdas y Baterías 12V/24V	MPPT
Paneles de 54 celdas y Baterías 12V/24V	MPPT
Paneles de 72 celdas y Baterías 12V/24V	MPPT
Paneles de 144 celdas y Baterías 48V	MPPT
Paneles de 30 celdas y Baterías 12V	PWM
Paneles de 60 celdas y Baterías 24V	PWM
Paneles de 120 celdas y Baterías 48V	PWM

Fuente: [27]

a) Corriente de carga

$$I_{max} = \frac{P_{totalfv}}{V_{Bat}} \quad (4.15)$$

$$(4.16)$$

$$P_{totalfv} = Potencia_{panel} * N_{modulos}$$

Donde:

I_{max} : Corriente máxima de carga

$P_{totalfv}$: Potencia total fotovoltaica

V_{bat} : Voltaje de la batería “24 voltios recomendado”

$$P_{totalfv} = 330 * 3 = 990$$

$$I_{max} = \frac{990}{24} = 41.25 A$$

Una vez obtenida la corriente optamos por un regulador de 45 amperios debido a que por catálogos no existe uno con las características calculadas sin embargo el más próximo es el anteriormente calculado.

4.3.5. Selección del tipo de controlador

Equipos	Regulador TS-MPPT-45
 <p data-bbox="328 824 746 853">Figura 4.7. Controlador TS-MPPT</p>	<p data-bbox="799 454 1246 483">Corriente máxima de batería: 45 A</p> <p data-bbox="799 495 1257 524">Entrada máxima nominal del panel:</p> <p data-bbox="799 535 1082 564">12 voltios – 600 watts</p> <p data-bbox="799 575 1098 604">24 voltios – 1200 watts</p> <p data-bbox="799 616 1098 645">48 voltios – 2400 watts</p> <p data-bbox="799 656 1358 685">Voltaje máximo del panel a circuito abierto</p> <p data-bbox="799 696 900 725">150Vcc</p> <p data-bbox="799 736 1299 766">Rango de servicio de voltaje de batería</p> <p data-bbox="799 777 938 806">8 – 72 Vcc</p>

4.3.6. Configuración del regulador MPPT

Para cualquier configuración debemos considerar que la potencia total es la potencia de cada panel por el número de paneles estos sean en serie o en paralelo la única variación que existe para realizar la configuración es el voltaje, es por ello que está en función del “voltaje máximo de tensión a circuito abierto del regulador”, que en base a este dato se realiza la configuración ya sea en serie o paralelo para no exceder el voltaje del regulador utilizando como dato el voltaje a circuito abierto del panel solar “VOC” para finalmente determinar las posibilidades de voltajes de entrada a circuito abierto hacia el regulador. [28]

Matriz 1: 1 paralelo de 3 paneles en serie

Matriz 2: 3 paralelos de 1 en serie

Configuración en serie:

Voltaje total= $v_1+v_2+v_3+\dots+v_n$

Corriente total = $I_1=I_2=I_3$

Configuración en paralelo:

Voltaje total = $v_1= v_2= v_3$

Corriente total = $I_1+I_2+I_3+\dots+I_n$

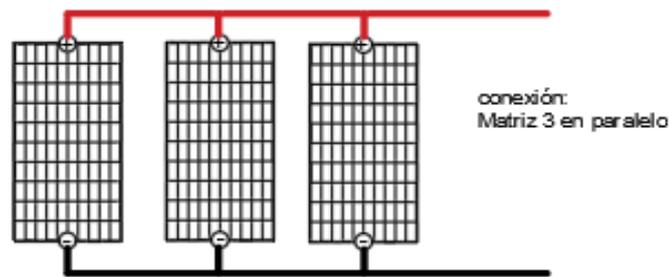


Figura 4.8. Configuración de paneles solares

Fuente: Autores

4.3.7. Inversor

Determinar el tipo de inversor conlleva determinar ciertos parámetros para la selección del equipo considerando principalmente la demanda máxima de la carga dimensionada que se va a alimentar y adicional considerar el voltaje del sistema que en criterios de diseño para sistemas de 2001 watts a 4000 watts es necesario trabajar con un voltaje de 24 voltios.

Equipos	Inversor PST-2000 – 24
 <p>Figura 4.7. Inversor PST 2000</p>	Potencia de salida: 2000 watts Potencia pico de salida :3500 watts Tensión de salida: 120 V +- 3% Frecuencia de salida: 60 Hz Voltaje nominal de entrada: 24 voltios Corriente de entrada máxima: 120A Eficiencia: 85%

4.3.8. Acumulador o baterías

Definir el tipo y conexión de acumulador dependerá de los parámetros de dimensionamiento del voltaje del sistema, consumos diarios y especialmente la eficiencia del inversor, es importante considerar la profundidad de la batería seleccionada y los días de autonomía promedio del sistema. [27]

- Voltaje del sistema “24 voltios”
- Consumo diario “

- Eficiencia del inversor

Tabla 4.11. Valores para determinar las especificaciones de las baterías

Parámetros	Valor	Unidad
Voltaje del sistema	24	voltios
Consumo diario	2,226	Kw
Eficiencia del inversor	85	%

Fuente: Autores

4.3.9. Selección de acumulador

Equipos	Batería PARTS MASTER 105AH
 <p>Figura 4.9. Batería Master 105AH</p>	Voltaje 12 Profundidad de descarga recomendado 50% Capacidad de la batería 105 Ah Dimensiones 32cm*22cm*17cm

a) Consumo de amperios hora día

$$\frac{Ah}{dia} = \frac{C_{diario}}{E_{inv} V_{sis}} \quad (4.17)$$

Donde:

C_{diario} : Consumo diario

E_{inv} : Eficiencia del inversor

V_{sis} : Voltaje del sistema “24” recomendado

$$\frac{Ah}{dia} = \frac{3151.2 \text{ watts}}{0.85 \cdot 24} = 154.47 \text{ Ah/dia}$$

b) Baterías en paralelo

$$B_{paralelo} = \frac{\frac{Ah}{dia} * D_a}{C_{Bat}} \quad (4.18)$$

Donde:

D_a : Días de autonomía “3”

C_D : Coeficiente de descarga de la batería “50%”

C_{Bat} : Capacidad de la batería

$$B_{paralelo} = \frac{154.47}{0.50} * 1 = 2.94$$

$$B_{paralelo} = 3$$

c) Baterías en serie

$$B_{serie} = \frac{\text{Voltaje de diseño}}{\text{voltaje de bateria}} \quad (4.19)$$

$$B_{serie} = \frac{24}{12} = 2$$

Una vez terminado el dimensionamiento y cálculo de las baterías, se realizó la representación gráfica que se muestra a continuación, donde se presentó la conexión de las baterías, para que las mismas estén de acuerdo a los parámetros requeridos del sistema y especialmente de los demás elementos que conforman el área de generación eléctrica.

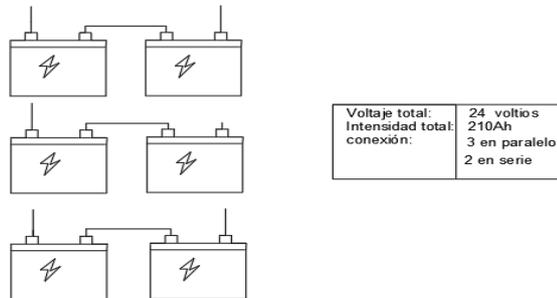


Figura 4.10. Configuración de conexión de baterías

Fuente: Autores

4.3.10. Cálculo de conductores para la instalación fotovoltaica

La mala elección de los conductores provoca daños en el sistema que en un futuro pueden verse con daños, un conductor mal dimensionado provoca aumentos de corriente y elevación de temperatura, sin embargo, consideramos ciertos criterios de caída de tensión entre equipos para lo cual consideraremos:

- Caídas de tensión entre generador y regulador/inversor: 3%.
- Caídas de tensión entre regulador y batería: 1%.
- Caídas de tensión entre inversor y batería: 1%.
- Caídas de tensión entre regulador e inversor: 1%.
- Caídas de tensión entre inversor/regulador y equipos: 3%.

a) Dimensión del generador fotovoltaico hasta el regulador

Longitud aproximada 8 metros

Corriente de cortocircuito de los paneles conectados en paralelo = 28.08 A

Caída de voltaje promedio máximo según autores del 3 % tal caída es equivalente a $24 \text{ v} * 0.03 = 0.72 \text{ v}$

K es el factor de conductividad, que varía dependiendo el tipo de material para nuestro caso el cobre con $56 \text{ m}/\Omega \text{ mm}^2$

$$S = 2 \frac{l * I}{k * v} = (\text{mm}^2) \quad (4.20)$$

$$S = 2 \frac{l * I}{k * v} = (\text{mm}^2)$$

$$S = 2 \frac{8 * 28.08}{56 * 0.72} = 11.14(\text{mm}^2)$$

Tabla 4.12. Valores de sección de conductores

Calibre AWG-MCM	Sección Real (mm ²)	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.390	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300MCM	151.000	460

Fuente: [30]

b) Dimensión del conductor desde el regulador hasta el sistema de acumulación

Longitud = 2 metros

Corriente del regulador hacia las baterías 28.08 A

Caída de voltaje entre regulador y baterías “máximo del 1%” $24\text{v} * 0.01 = 0.24 \text{ v}$

$$S = 2 \frac{2 * 28.08}{56 * 0.24} = 8.35(\text{mm}^2)$$

c) Dimensión del conductor del sistema de baterías hacia el inversor

Longitud = 2 metros

Voltaje = 24 voltios “2 baterías en serie de 12 voltios”

Corriente = 60 A “3 baterías en paralelo”

$$S = 2 \frac{2 * 60}{56 * 0.24} = 17.85(\text{mm}^2)$$

Corriente del regulador hacia las baterías 28.08 A

Caída de voltaje entre regulador y baterías “máximo del 1%” $24\text{v} * 0.01 = 0.24 \text{ v}$

d) Dimensión del conductor del inversor hasta la carga

El dimensionamiento del conductor hacia la carga está en función de la demanda máxima del sistema.

4.3.11. Cálculo de protecciones del sistema fotovoltaico

Las protecciones en los sistemas fotovoltaicos son mucha utilidad debido a que las variaciones de tensión y corriente pueden variar mucho en el transcurso del día por el nivel de radiación, en nuestro sistema se estableció estrictamente trabajar con equipos que están dentro de los márgenes establecidos y que pueden soportar tensiones y corrientes pico, sin embargo no está por demás dimensionar las protecciones por fusibles para evitar cualquier escenario que pueda provocar daños a nuestros equipos.

a) Protección para módulos fotovoltaicos

$$I_f = 1.5 * I_{sc} \tag{4.21}$$

En nuestro caso la corriente de los módulos fotovoltaicos es de 9.36 A y al estar conectados en paralelo nos da un equivalente de 28.08 A

$$I_f = 1.5 * 28.08 = 42.12 A$$

El voltaje en condiciones de circuito abierto es un equivalente según nuestros datos técnicos del panel es de 46.58 voltios.

$$V_f = 1.5 * V_{0c} \tag{4.22}$$

$$V_f = 1.5 * 46.58 = 69.87 \text{ voltios}$$

b) Protección para banco de baterías

La intensidad de corriente que circula es aproximadamente de 28.08 amperios.

$$I_f = 1.5 * I_{sc}$$

$$I_f = 1.5 * 28.08 = 42.12 A$$

c) Protección para el inversor y la carga

Según los datos técnicos de nuestro inversor la potencia máxima a entregar es de 3500 vatios y una tensión de 120 voltios en ese sentido obtenemos:

$$I = \frac{\text{potencia del inversor}}{\text{voltaje}}$$

$$I = \frac{3500}{120} = 29.16 \text{ amperios}$$

Una vez obtenida la corriente que circulara entre el inversor y la carga obtenemos la corriente para la protección:

$$I_f = 1.5 * I_{sc}$$

$$I_f = 1.5 * 29.16 = 43.74 A$$

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los condicionamientos finales del dimensionamiento del sistema en función de la carga se muestran en este capítulo, se indican algunos impactos de valores en los equipos y así mismo se validó que el sistema cumple los requerimientos necesarios para energizar los equipos de riego.

5.1. Análisis de radiación.

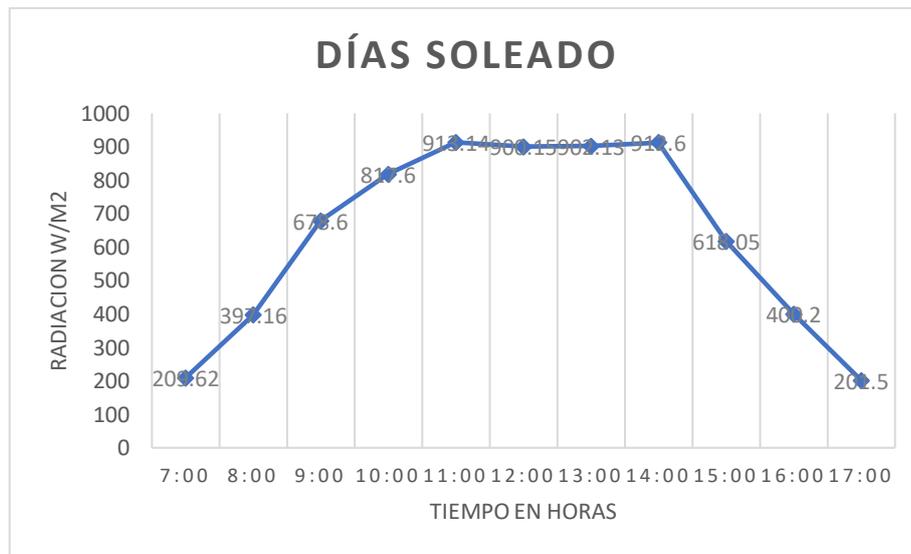


Figura 5.1 Análisis de radiación en un día soleado

Fuente: Autores

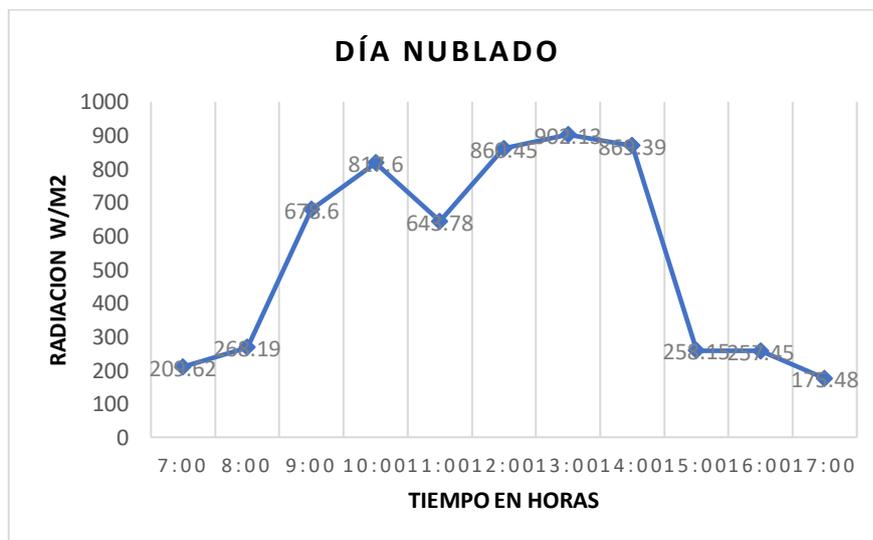


Figura 5.2. Análisis de radiación en un día nublado

Fuente: Autores



Figura 5.3 Análisis de radiación en un día de lluvia

Fuente: Autores

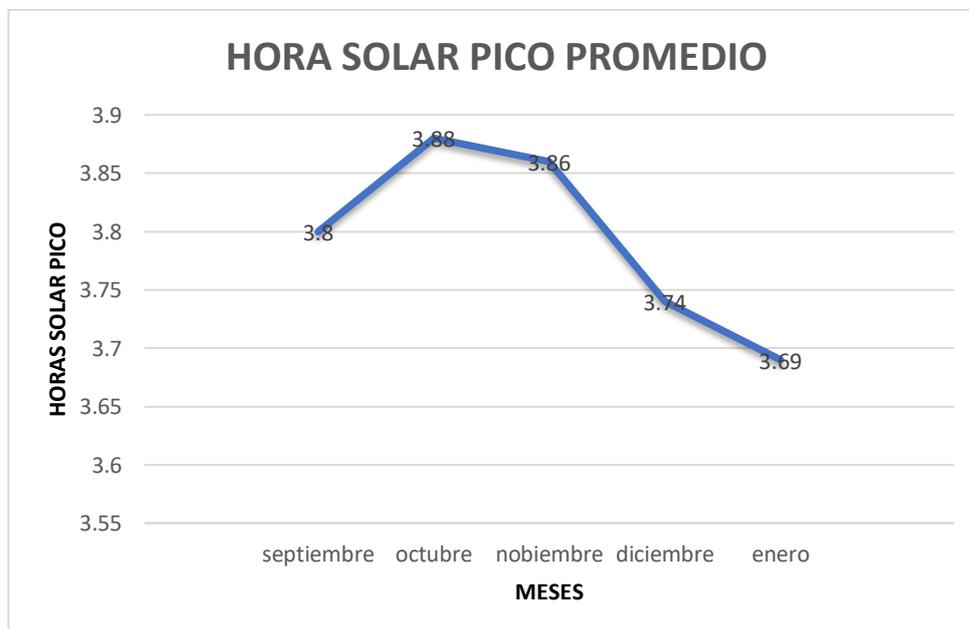


Figura 5.4. Análisis de hora solar pico

Fuente: Autores

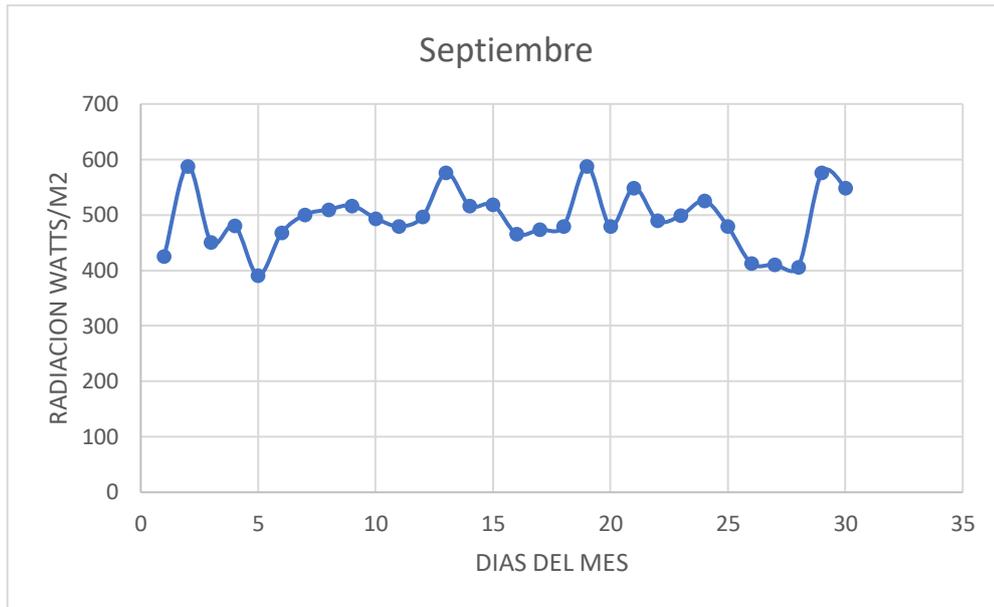


Figura 5.5. Análisis de radiación mes de septiembre

Fuente: Autores

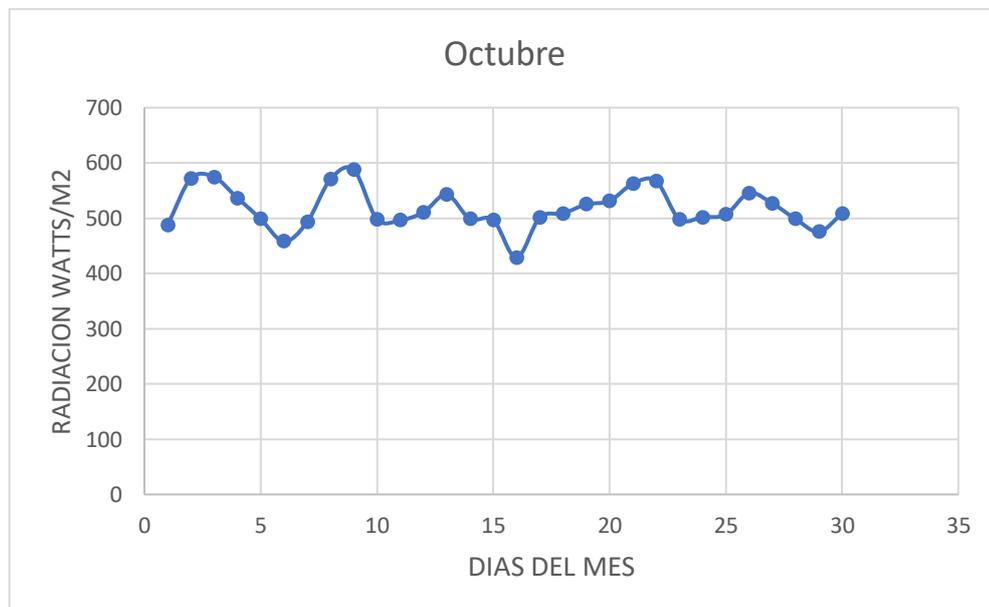


Figura 5.6. Análisis de radiación mes de octubre

Fuente: Autores

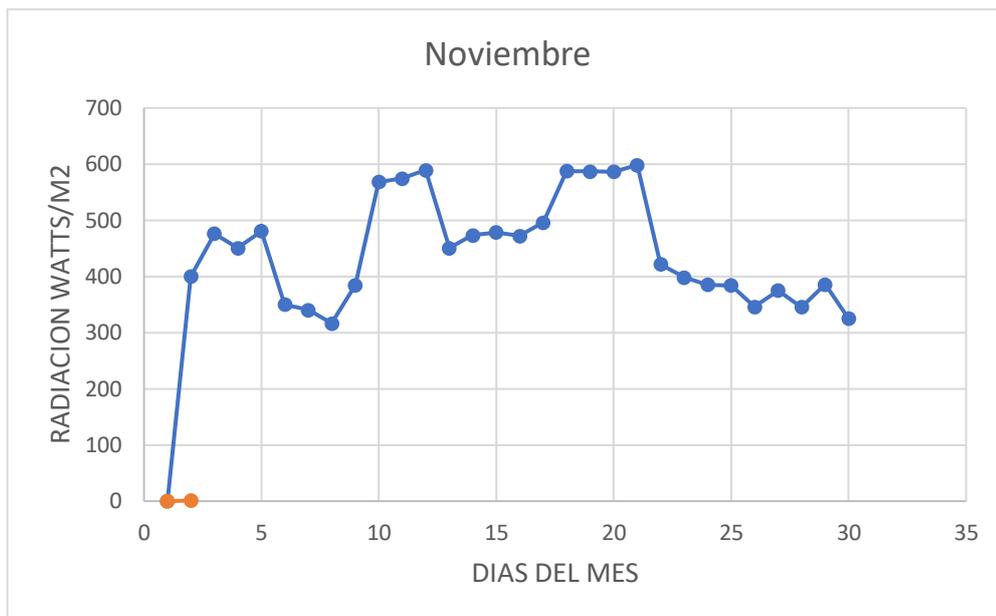


Figura 5.7. Análisis de radiación mes de noviembre

Fuente: Autores

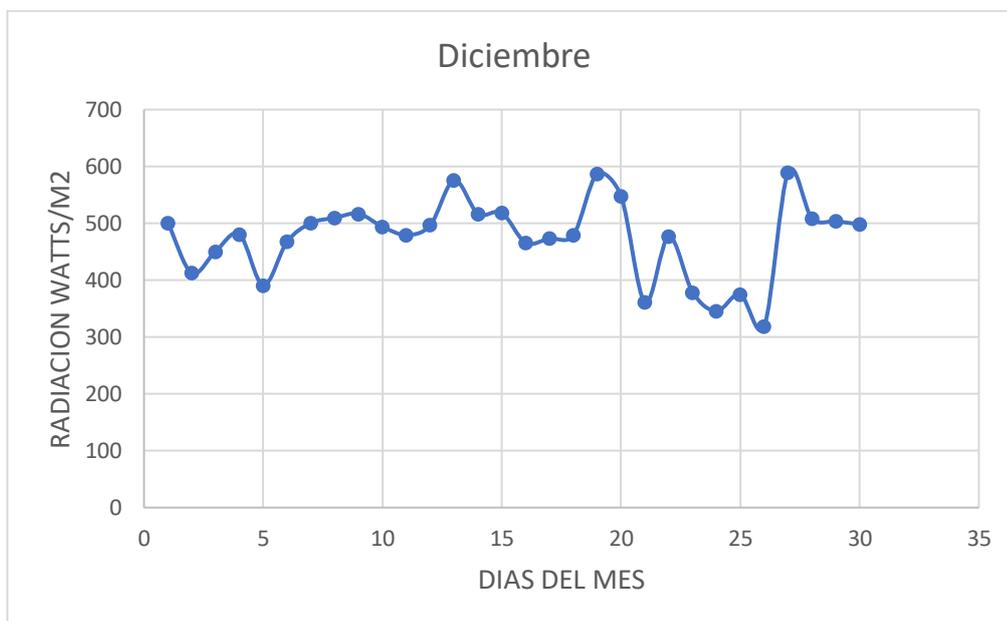


Figura 5.8. Análisis de radiación mes de diciembre

Fuente: Autores



Figura 5.9. Análisis de radiación mes de enero

Fuente: Autores

5.2. Datos del consumo del sistema de riego

En la figura 4.10 se presentó el consumo diario de los equipos, continuamente en la figura 4.11 se graficó la demanda máxima del sistema que necesita cubrir el sistema fotovoltaico, se utilizó este dato debido a que los equipos deben garantizar suplir esta demanda.

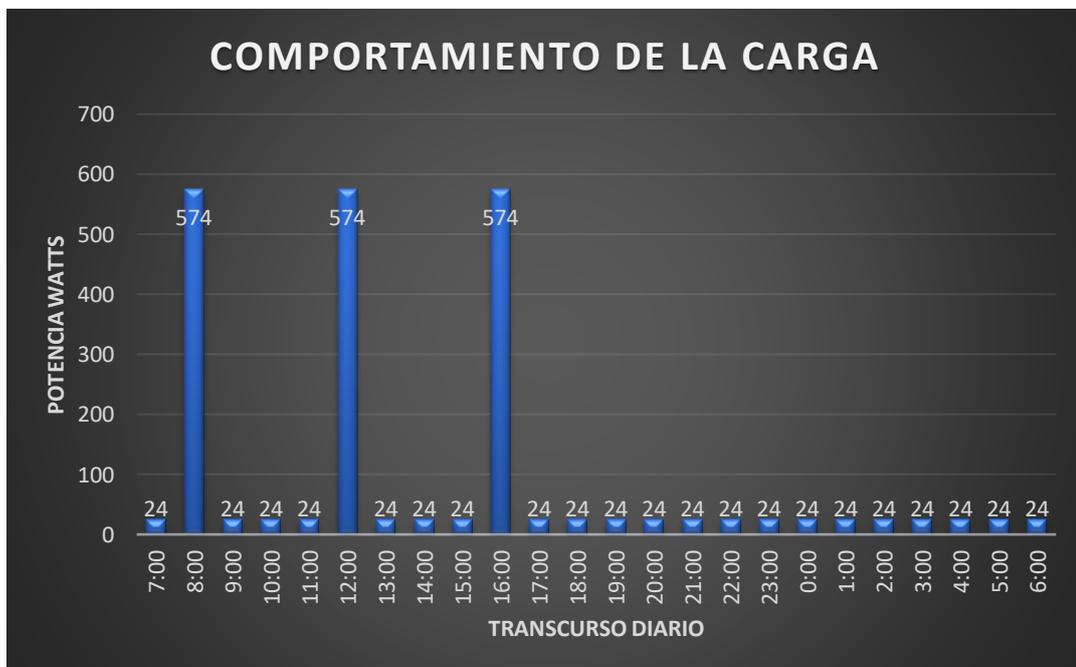


Figura 5.10. Demanda de consumo

Fuente: Autores

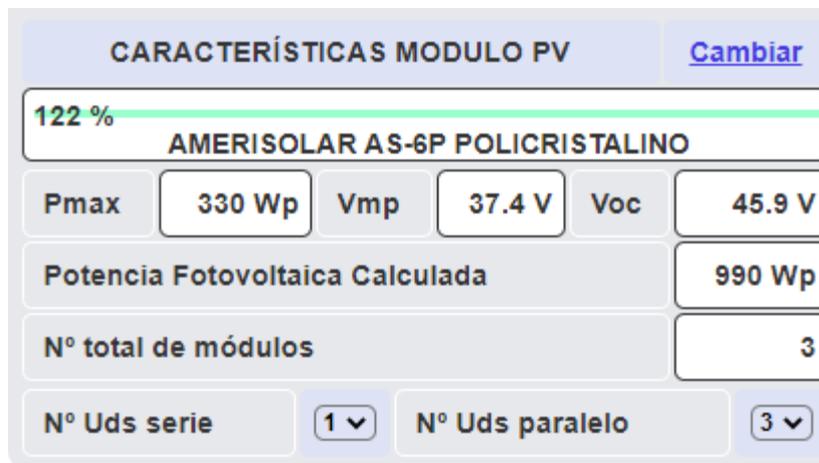
5.3. Datos del cálculo del panel solar

Los datos obtenidos teóricamente determinaron los requerimientos de un panel solar con las características que se presenta en la tabla 5.1, a su vez en la figura 5.1 muestra el resultado del dimensionamiento simulado con las mismas características del panel calculado pero claramente se muestra un sobredimensionamiento en función de la carga del 22% debido a que el cálculo teórico los métodos de diseño establecieron que se debe dimensionar con un 20% adicional en función de la carga para evitar cualquier tipo de incidencia de eficiencia y tangos de trabajo en esta área, teniendo como resultado una variación del 2% del simulado en función de la del calculado.

Tabla 5.1. Valores del panel calculado

Equipo	Panel Fotovoltaico
corriente Isc	9,36 A
voltaje Co	46,58 V
Potencia	330 w

Fuente: Autores



The image shows a software interface for configuring PV modules. At the top, it says 'CARACTERÍSTICAS MODULO PV' with a 'Cambiar' button. Below that, a progress bar shows '122 %' and the module name 'AMERISOLAR AS-6P POLICRISTALINO'. The parameters are displayed in a grid:

Pmax	330 Wp	Vmp	37.4 V	Voc	45.9 V
Potencia Fotovoltaica Calculada					990 Wp
N° total de módulos					3
N° Uds serie	1	N° Uds paralelo	3		

Figura 5.11. Valores de simulación de paneles

Fuente: Autores

5.4. Datos del cálculo del inversor

Los datos del inversor son considerados en función de la cantidad de energía que se necesita, voltaje, corriente en este sentido se deja un área libre de selección y no presenta simulación debido a que el software de simulación que utilizamos solo permite determinar área de paneles, control y acumulación.

Tabla 5.2. Valores del inversor calculado

Equipo	Inversor PST 200
Eficiencia	85%
voltaje	120 V
Potencia salida	2000 W

Fuente: Autores

5.5. Cálculo del acumulador

Los datos del acumulador son considerados en función de la cantidad de energía que se necesita, cubrir en función de los días de autonomía establecido dentro del mismo, considerando a su vez un porcentaje de descarga, voltaje y la cantidad de amperios hora que necesita suplir obteniendo los datos indicados en la tabla 5.3, pero de igual manera se presenta la validación del dimensionamiento que nos da como resultado de sobredimensionamiento del 18 % que es muy aceptable debido a que existe un factor de seguridad para las baterías tengan mayor durabilidad.

Tabla 5.3. Valores de la batería

Equipo	Batería PARTS Master 105 h
Eficiencia	85%
voltaje	120 V
Potencia salida	2000 W

Fuente: Autores

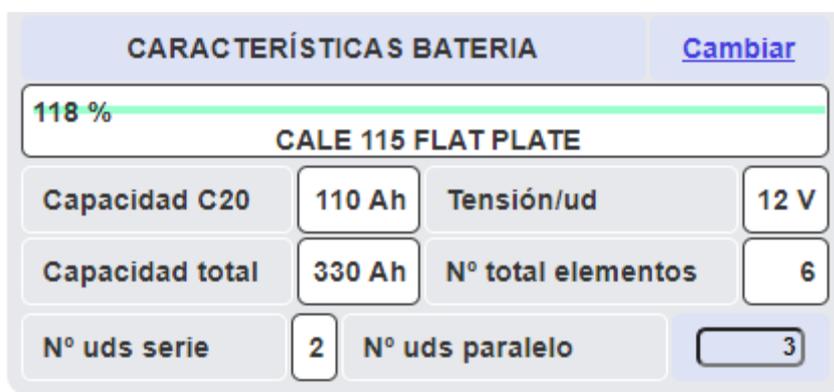


Figura 5.12. Valores de simulación de baterías

Fuente: Autores

5.6. Cálculo del controlador

Los datos del controlador son considerados en función de la cantidad de la potencia de todos los paneles y el voltaje de trabajo, de esa manera determinar la corriente y valores de potencia que maneja el inversor según el voltaje de trabajo determinando como valores calculados como se muestra en la tabla 5.4, y de la misma manera se realiza la validación del dimensionamiento que nos muestra que existe un sobredimensionamiento de un 31 % debido a que el voltaje de trabajo está considerado de 24 voltios y el de los paneles son de 37.5 aproximadamente a circuito abierto en ese sentido la diferencia de voltaje que debe reducir el regular tiende a calentarlo y según autores anteriormente descritos mencionan que tienden a calentarse y al ser un equipo electrónico tiende a sufrir averías o daños a futuro es por ello que se considera adecuado el rango de dimensionamiento.

Tabla 5.4. Valores del acumulador

Equipo	Regulador Ts 45
corriente máxima	45 A
voltaje Co	37,89 V
Potencia 24 voltios	1200 W

Fuente: Autores



Figura 5.13. Valores de simulación del regulador

Fuente: Autores

6. PRESUPUESTO

En este apartado se describe cada uno de los equipos y elementos que se utiliza para el diseño de paneles solares autosustentables con su precio actual.

Elementos			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	C. UNITARIO	C. TOTAL
Batería PARTS MASTER 105AH			
Panel fotovoltaico KYL-330P KUHN	6	240	1440
	3	104.75	314.25
Regulador TS-MPPT-45	1	150	150
Inversor PST-2000 – 24	1	715.28	715.28
gastos directos	1	280,00	280,00
gastos indirectos	1	200,00	200,00
Mano de obra	1	300	300
		Total	3399.53

6.1. Impactos

6.1.1. Impacto Ambiental

El diseño de un sistema de riego autosustentable solar tiene un impacto ambiental porque será autosustentable por el uso de paneles solares, generando una opción en la parte eléctrica e hídrica; de esta forma se contribuye a la utilización de energías alternativas en este caso la energía fotovoltaica, y poder suplir una cierta demanda energética.

6.1.2. Impacto Económico

Se crea una alternativa energética por medio del uso de los paneles solares para cualquier tipo de equipos especialmente en zonas donde no hay suministro eléctrico y por ende los costos del mismo solo requieren en la implementación, dando ausencia a pagos mensuales por servicios.

6.1.3. Cálculo de VPN y el TIR para el proyecto fotovoltaico

Se crea una alternativa energética por medio del uso de los paneles solares para cualquier tipo de equipos especialmente en zonas donde no hay suministro eléctrico y por ende los costos del mismo solo requieren en la implementación, dando ausencia a pagos mensuales por servicios en nuestro proyecto hacemos una visión del proyecto obteniendo un ingreso mensual promedio de 120 dólares con un valor mínimo a percibir sin variaciones y que serán netos por cada mes que entraría como ingresos de flujo obteniendo un ingreso al año de 1440 dólares estableciendo el siguiente análisis a una tasa de referencia del 12%

AÑOS	INVERSIÓN	RENTABILIDAD
0	-3399,53	-3399,53
1	1440	1440
2	1440	1440
3	1440	1440
4	1440	59.11

Van
59.11
Tir
13%

Una vez determinado los valores del TIR y el VAN se puede mencionar que en el periodo de 3 años recupera la inversión del sistema considerándolo como muy factible así mismo con TIR establece un porcentaje del 13 por ciento de rentabilidad por lo que podemos validar la propuesta en el ámbito económico.

6.1.4. Impacto Social

El presente proyecto tiende a satisfacer las necesidades de los productores y agricultores, donde los recursos económicos son bajos y existe la ausencia de la red de abastecimiento eléctrico, por tanto, los beneficiarios de este trabajo podrán percibir los beneficios de la utilización de paneles solares como una fuente de energía y dar una opción para la implementación de un sistema de riego automático.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Dentro de los datos de radiación solar se determinó un valor de hora solar pico mínima de 3.69 debido a que por condiciones de dimensionamiento siempre se debe considerar el valor más bajo para garantizar los valores de diseño.

La demanda máxima a alimentar 1674 watts que al tener un sistema de trabajo de 24 voltios se optó por un inversor de trabajo de 24 voltios con una potencia de 1600 watts nominal y máxima de 3000 watts

Para dimensionar un sistema fotovoltaico es importante sobredimensionar la carga por lo menos 3 veces su consumo cuando se tenga cargas de inducción debido a que al ser sistema bajos niveles de capacidad pueden alterar y dañar los equipos en el periodo de arranques.

7.2.Recomendaciones

Se recomienda realizar la implementación de la propuesta para determinar y validación practica en función del dimensionamiento teórico calculado.

Re recomienda establecer un estudio climatológico estadístico en función a fuentes alternativas de climatología y datos de incidencia solar para mejorar la validación de diseños ya que el estudio de la climatología de un espacio conlleva un proceso arduo para obtención de datos promedio.

Finalmente se debe informar de este tipo de sistemas de generación eléctrica debido a que a nivel nacional existen, granjas, domicilios, o ciertos sistemas que requieren energía eléctrica pero no tienen abastecimiento con esto damos una solución tecnológica y aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica.

8. REFERENCIAS.

- [1] J. Jara Ramos y J. S. Ramos Carbajal, «Library,» 2018. [En línea]. Available: <https://1library.co/document/yj75pwp-y-diseno-construccion-prototipo-automatizado-pecuario-utilizando-energia-fotovoltaica.html>. [Último acceso: 1 Enero 2021].
- [2] «Repositorio Universidad Católica de Santiago de Guayaquil,» 21 Marzo 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7733/1/T-UCSG-PRE-TEC-IECA-57.pdf>. [Último acceso: 1 Enero 2021].
- [3] E. Juárez Cortes y A. Vera Camacho, «CIMAV,» Julio 2017. [En línea]. Available: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/2350/1/Tesis%20M.%20Erik%20Ju%20c%20a%201rez%20-%20Alberto%20Vera%20Camacho.pdf>. [Último acceso: 1 Enero 2021].
- [4] «CRE,» Octubre 2008. [En línea]. Available: Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso. [Último acceso: 1 Enero 2021].
- [5] LORSA, Abril 2011. [En línea]. Available: <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/pacha/wp-content/uploads/2011/04/LORSA.pdf>. [Último acceso: 1 Enero 2021].
- [6] M. Hilcu, Autoconsumo, 13 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://www.otovo.es/blog/autoconsumo/autoconsumo-electrico-conectado-o-aislado/>. [Último acceso: 20 Enero 2021].
- [7] «Novedades Agrícolas,» NOVAGRIC, 2016. [En línea]. Available: <https://www.novagric.com/es/riego/servicios/instalaciones-de-riego>. [Último acceso: 11 Enero 2021].
- [8] «Que es un sistema Fotovoltaico,» sde, 2020. [En línea]. Available: <http://www.sde.mx/que-es-un-sistema-fotovoltaico/>. [Último acceso: 1 Enero 2021].
- [9] «Panel Solar,» COncepto definicion, 26 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://conceptodefinicion.de/panel-solar/>. [Último acceso: 6 Enero 2021].
- [10] [En línea]. Available: https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/preg_14.html. [Último acceso: 21 Enero 2021].
- [11] O. Planas, «Energía Solar,» 2 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/efecto-fotovoltaico>. [Último acceso: 2 Enero 2021].
- [12] «Efecto fotoelectrico,» Tecnologia , [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>. [Último acceso: 21 Enero 2021].
- [13] R. German Cordero , «Tipos de paneles solares,» SUNFIELDS, 2015. [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares/tipos/>. [Último acceso: 21 Enero 2021].

- [14 «Tecnosolar.com,» Inversores Solares , Enero 2018. [En línea]. Available:
] <https://www.teknosolar.com/community/index.php?p=/discussion/14/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar#:~:text=Los%20inversores%20solares%20fotovoltaicos%20son,funcionar%20en%20sus%20niveles%20normales..> [Último acceso: 06 Enero 2021].
- [15 «Inversor fotovoltaico,» Tecnología , [En línea]. Available:
] <https://www.areatecnologia.com/electricidad/inversor-fotovoltaico.html>. [Último acceso: 21 Enero 2021].
- [16 «Autosolar Energia Peru,» AutoSolar, 24 Julio 2018. [En línea]. Available:
] <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga-caracteristicas-y-tipos>. [Último acceso: 10 Enero 2021].
- [17 «Bateria,» SUNFIELDS, 2015. [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-fotovoltaicos-baterias-solares-parte-iii/>. [Último acceso: 21 Enero 2021].
- [18 «Sistema de riego automatico,» Smart Agrocontrollers, 18 Noviembre 2019. [En línea].
] Available: <https://maherelectronica.com/sistema-riego-automatico/>. [Último acceso: 10 Enero 2021].
- [19 Prakor, «El riego evoluciona,» PRAKOR, 22 Febrero 2019. [En línea]. Available:
] <https://prakor.com/componentes-de-un-sistema-de-riego-localizado/>. [Último acceso: 10 Enero 2021].
- [20 «Componentes Instalacion Riego,» Gestiriego, 29 Agosto 2018. [En línea]. Available:
] <https://www.gestiriego.com/pe/componentes-instalacion-riego-por-goteo/>. [Último acceso: 10 Enero 2021].
- [21 «Riego localizado,» Potal Fruticola, 18 Diciembre 2016. [En línea]. Available:
] <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/12/08/que-es-un-cabecal-de-riego-manejo-del-riego-localizado-y-fertirrigacion/>. [Último acceso: 31 Enero 2021].
- [22 «Seminis,» Guia de plantulas , 1 Agosto 2016. [En línea]. Available:
] <https://www.seminis.mx/blog-guia-de-plantulas-1-el-semillero/>. [Último acceso: 10 Enero 2021].
- [23 «Riego en semilleros,» Infoagro, 5 Octubre 2018. [En línea]. Available:
] <https://mexico.infoagro.com/riego-en-los-semilleros/>. [Último acceso: 11 Enero 2021].
- [24 «Intalacion de riego por nebulizacion,» Hydraulic Solutions , 2021. [En línea]. Available:
] <https://www.llaberiagroup.com/riego-agricola/nebulizacion/>. [Último acceso: 11 Enero 2021].
- [25 «Temperatura y tiempos de germinacion,» El productor, 17 Octubre 2016. [En línea]. Available:
] <https://elproductor.com/2016/10/temperaturas-y-tiempos-para-la-germinacion-de-las-semillas-2/>. [Último acceso: 11 Enero 2021].

[26 A. Jimenez, «Criterios de dimensionamiento,» Solar Center, 22 Noviembre 2019. [En línea].
] Available: <https://www.youtube.com/watch?v=BGQRs1COptU&t=3142s>. [Último acceso: 15 Enero 2021].

[27 «Regulador de carga,» MPPT Solar, 2021. [En línea]. Available:
] <https://www.mpptsolar.com/es/como-elegir-regulador-de-carga-solar.html>. [Último acceso: 15 Enero 2021].

[28 <https://www.monsolar.com/blog/calcular-regulador-solar-mppt-necesario/>, «Regulador solar,»
] [monsolar.com](https://www.monsolar.com), [En línea]. Available: <https://www.monsolar.com/blog/calcular-regulador-solar-mppt-necesario/>. [Último acceso: 15 Enero 2021].

[29 Z. «Instalaciones Solares,» Electricidad, [En línea]. Available:
] <https://www.electricidadjjzahinos.com/index.php/servicios/instalaciones-solares>. [Último acceso: 20 Enero 2021].

ANEXOS

ANEXO 1	CONTROLADOR MPPT 45	1
---------	---------------------	---

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Electrical

	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• Maximum Battery Current	45 amps	60 amps
• Nominal Maximum Solar Input	12 Volt 24 Volt 48 Volt	600 Watts 1200 Watts 2400 Watts

TS-MPPT-45 and TS-MPPT-60

- Peak Efficiency: 99%
- Nominal System Voltage: 12, 24, 36 or 48 volts DC
- Max. Solar Open Circuit Voltage: 150 volts DC
- Battery Operating Voltage Range: 8-72 volts DC
- Maximum Self-consumption: 2.7 Watts
- Transient Surge Protection: 4500 Watts/port

Environmental

- Ambient Temperature: -40°C to +45°C
- Storage Temperature: -55°C to +100°C
- Humidity: 100% non-condensing
- Tropicalization: Epoxy encapsulation
Conformal coating
Marine rated terminals

Electronic Protections

- Solar: Overload, Short Circuit, High Voltage
- Battery: High Voltage
- High Temperature
- Lightning and Transient Surges
- Reverse Current at Night

Battery Charging

- Charging algorithm: 4-stage
- Charging stages: Bulk, Absorption, Float, Equalize
- Temperature Compensation
 - Coefficient: -5mV/°C/cell (25° ref)
 - Range: -30°C to +80°C
 - Set points: Absorption, Float, Equalize, HVD

Communication Ports

	TS-MPPT-45	TS-MPPT-60
• MeterBus	Yes	Yes
• RS-232	Yes	Yes
• EIA-485	No	Yes
• Ethernet	No	Yes

Diagram: A central 'INTERNET' cloud icon is connected to a server rack, a computer monitor, an email icon labeled 'EMAIL', a globe with binary code labeled 'WEB PAGE', and a mobile phone labeled 'TEXT MESSAGE (SMS)'.

ANEXO 2	PAST MASTER 105 AMP	1
---------	---------------------	---

- CCA a 0 grados F: 650
- Tasa de hora de 20 amperios: 105
- Tamaño BCI Grupo: 31
- Voltios: 12
- MCA a 32 grados F: 810
- Minutos a 25 amperios: 185
- Minutos a 23 amperios: 225

Parte #: 31DCM
Voltios: 12 CCA: 650
Dimensiones: 32cm x 22cm x 17cm

Image: A black rectangular battery with a handle on top. The front panel features the 'PartsMaster MARINE' logo. Dimensions are indicated with yellow lines: 27.9 cm (width), 52.7 cm (length), and 25.4 cm (height).

MODELO NO.	PST-3000-12	PST-3000-24	
SALIDA	VOLTAJE DE SALIDA	120 VCA ± 3%	120 VCA ± 3%
	CORRIENTE DE SALIDA MÁXIMA	25A	25A
	FRECUENCIA DE SALIDA	60 Hz ± 1%	60 Hz ± 1%
	SALIDA DEL VOLTAJE EN FORMA DE ONDA	Onda Sinusoidal Pura	Onda Sinusoidal Pura
	DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL EN LA SALIDA DE LA ONDA	< 3%	< 3%
	SALIDA DE CORRIENTE CONTINUA (Con Factor de potencia = 1)	3000 Watts	3000 Watts
	SALIDA DE CORRIENTE PARA PICOS	6000 Watts (< 8 ms)	6000 Watts (< 8 ms)
	PUNTO MÁS ALTO DE EFICIENCIA	> 85%	> 88%
	CONEXIÓN DE SALIDA CA	Outlets NEMA5-20R GFCI dúplex, bloque de terminales para cableado	
	VOLTAJE NOMINAL DE ENTRADA	12V	24V
ENTRADA	RANGO DEL VOLTAJE DE ENTRADA	10.7 - 16.5 VCD	21.4 - 33 VCD
	CORRIENTE DE ENTRADA MÁXIMA	360A	180A
	CORRIENTE DE ENTRADA SIN ENERGÍA	< 1.6A	< 1.0A
	CONEXIÓN DE ENTRADA CC	Perno y tuerca: 5/16" x 18 TPI	Perno y tuerca: 5/16" x 18 TPI
DC FUSIBLES DE ENTRADA (INTERNO)	12x30A = 360A (Cada tipo de ATC, 32V, 30A)	12x15A = 180A (Cada tipo de ATC, 32V, 15A)	
VISUALIZACIÓN	LED	Energía, sobrecarga, sobre temperatura	
PROTECCIONES	ALARMA DE ENTRADA DE BAJO VOLTAJE DE CD	10.7V ± 0.1V	21.4V ± 0.2V
	APAGADO DE ENTRADA DE BAJO VOLTAJE DE CD	10V ± 0.1V ; Reinicio automático: 11.5V ± 0.3V	20V ± 0.2V ; Reinicio automático: 23V ± 0.5V
	APAGADO DE ENTRADA DE ALTO VOLTAJE DE CD	16.5V ; reinicio automático: < 16.5V	33V ; reinicio automático: < 33V
	APAGADO DE CORTO CIRCUITO	Quando el voltaje de salida se reduce a 80VAC o menos por 1 a 1.5 segundos	
	APAGADO DE SOBRECARGA	En sobrecarga de 110% a 115% por 2 a 2.5 sec	
	APAGADO DE FALLA DE ATERRIZAJE	Sólo en salidas GFCI (5 a 6 mA de fuga)	
	APAGADO DE ALTA TEMPERATURA	90°C ± 5°C (Detectada en el Transformador T3) ; reinicio automático a 65°C ± 5°C	
REVERSO DE POLARIDAD DE ENTRADA CC	Los fusibles externos / internos del lado CD se botarán		
CONTROL REMOTO	CONTROL REMOTO CON CABLE CON LED / PANTALLA LED	RC-300 (se vende por separado) con cable de 25' (i) Al cambiar el contacto externo (ii) Al cambiar la señal externa 12V/24V	
ENFRIAMIENTO	AIRE FORZADO	Abanico controlado por temperatura (detectada en Transformador T6) Abanico ENCENDIDO a 55°C ± 3°C; abanico APAGADO at 45°C ± 3°C	
CUMPLIMIENTO	SEGURIDAD	Aparece en la lista de inspección del Intertek. Cumple con los estándares ANSI/UL 458 y CSA STD C22.2 No. 107.1-01	
	INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA (EMI)	En conformidad con la Parte 15 Clase A del Estándar FCC	
AMBIENTE	RANGO DE TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	Temperatura de funcionamiento: -20 to 40°C / -4 to 104°F Temperatura de almacenamiento: -30 to 70°C / -22 to 158°F 90% de humedad relativa sin condensación	
DIMENSIONES	MM (Anch x L x Alt)	263 x 456.5 x 145	263 x 456.5 x 145
	PULGADAS (Anch x L x Alt)	10.35 x 17.97 x 5.71	10.35 x 17.97 x 5.71
PESO	KG / LBS	9.8 / 21.6	9.8 / 21.6

KYL 72 CELL

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

Module type	KYL-xxxP							
	P_{max}	W	345	340	335	330	325	320
Power output	P_{max}	W	345	340	335	330	325	320
Power output tolerances	P_{max}	W	0/+5					
Module efficiency	η_m	%	17.7	17.5	17.2	17.0	16.7	16.5
Voltage at P_{max}	V_{mp}	V	38.5	38.1	37.7	37.3	36.9	36.5
Current at P_{max}	I_{mp}	A	8.97	8.93	8.89	8.85	8.82	8.78
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	46.1	45.9	45.7	45.6	45.4	45.2
Short-circuit current	I_{sc}	A	9.45	9.41	9.37	9.33	9.29	9.25

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-2.
Average relative efficiency reduction of 3.3% at 2010W/m² according to EN 60904-1.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

Power output	KYL-xxxP							
	P_{max}	W	254.5	250.8	247.1	243.4	239.7	236.0
Voltage at P_{max}	V_{mp}	V	35.5	35.1	34.7	34.4	34.0	33.6
Current at P_{max}	I_{mp}	A	7.18	7.14	7.11	7.08	7.06	7.02
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	42.9	42.7	42.5	42.4	42.2	42.1
Short-circuit current	I_{sc}	A	7.64	7.60	7.57	7.54	7.51	7.47

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	45 +/- 2
Temperature coefficient of P_{max}	γ	%/°C	-0.39
Temperature coefficient of V_{oc}	β_{oc}	%/°C	-0.30
Temperature coefficient of I_{sc}	α_{sc}	%/°C	0.05

OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000V _{DC} /1500V _{DC}
Max. series fuse rating *	15A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

*DO NOT CONNECT PV IN COMBINE BOX WITH TWO OR MORE STRINGS IN PARALLEL CONNECTION

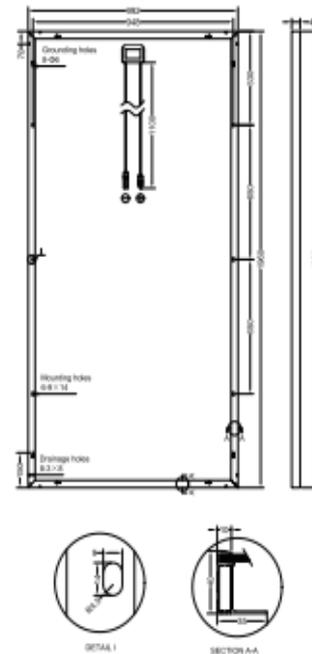
GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions (L / W / H)	2960mm / 992mm / 40mm
Weight	22kg

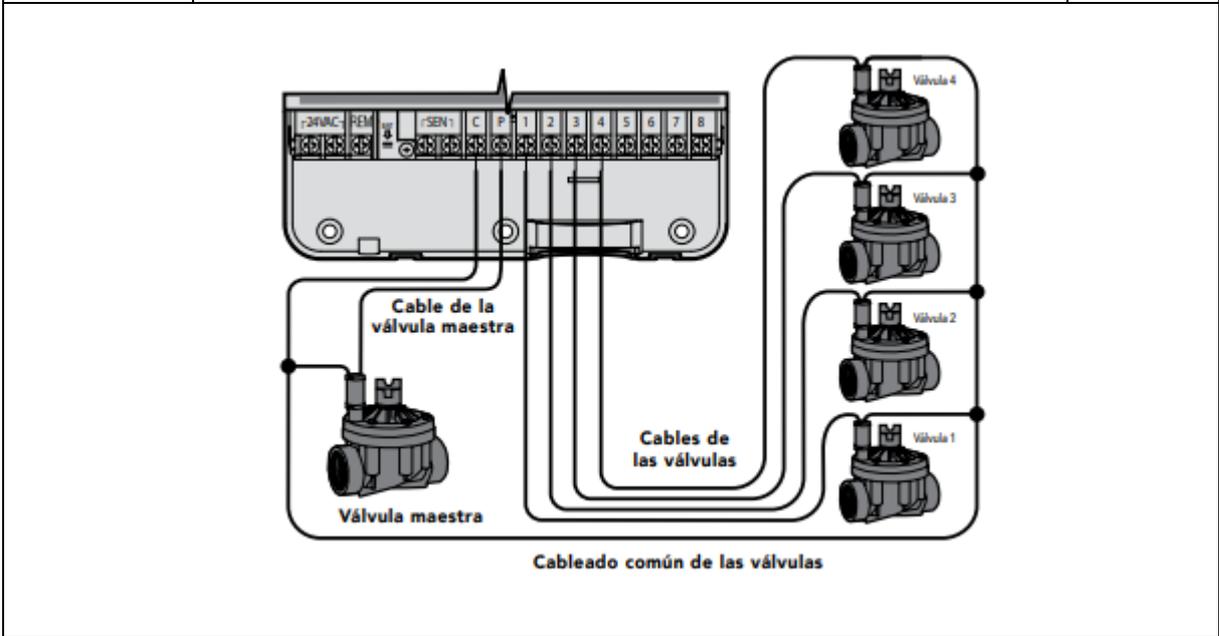
PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	26
Number of pallets per 40' container	24
Packaging box dimensions (L / W / H)	1995mm / 1145mm / 1170mm
Box weight	618kg

Unit: mm



ANEXO 5	CONEXIÓN DE ELECTROVÁLVULAS CONTROLADOR HUNTER XCOOR	1
---------	--	---

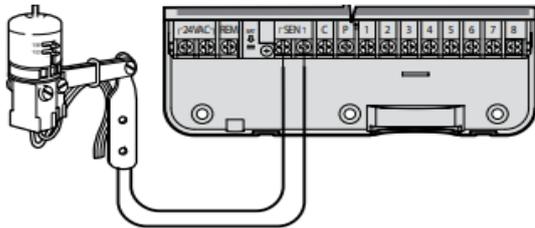


ANEXO 6	CONEXIÓN DE SENSOR METEOROLÓGICO	1
---------	----------------------------------	---

CONEXIÓN DE UN SENSOR METEOROLÓGICO "CLIK" DE HUNTER

Es posible conectar al X-Core un sensor meteorológico Hunter u otro sensor meteorológico de tipo microinterruptor. La finalidad de dicho sensor es detener el riego automático cuando las condiciones meteorológicas así lo exijan.

1. **Retire la placa puente de metal** de los dos terminales SEN situados en el interior del programador.
2. Conecte un cable a un terminal SEN y el otro cable al otro terminal SEN.



Cuando el sensor meteorológico haya desactivado el riego automático, aparecerán en la pantalla OFF (APAGADO) y el icono



Prueba del sensor meteorológico

El X-Core permite realizar una prueba simplificada del sensor de lluvia cuando el sensor está conectado en el circuito de sensores. Puede probar manualmente el correcto funcionamiento del sensor de lluvia iniciando un **CICLO AUTOMÁTICO** o activando el sistema con el **CICLO AUTOMÁTICO con un solo botón**.

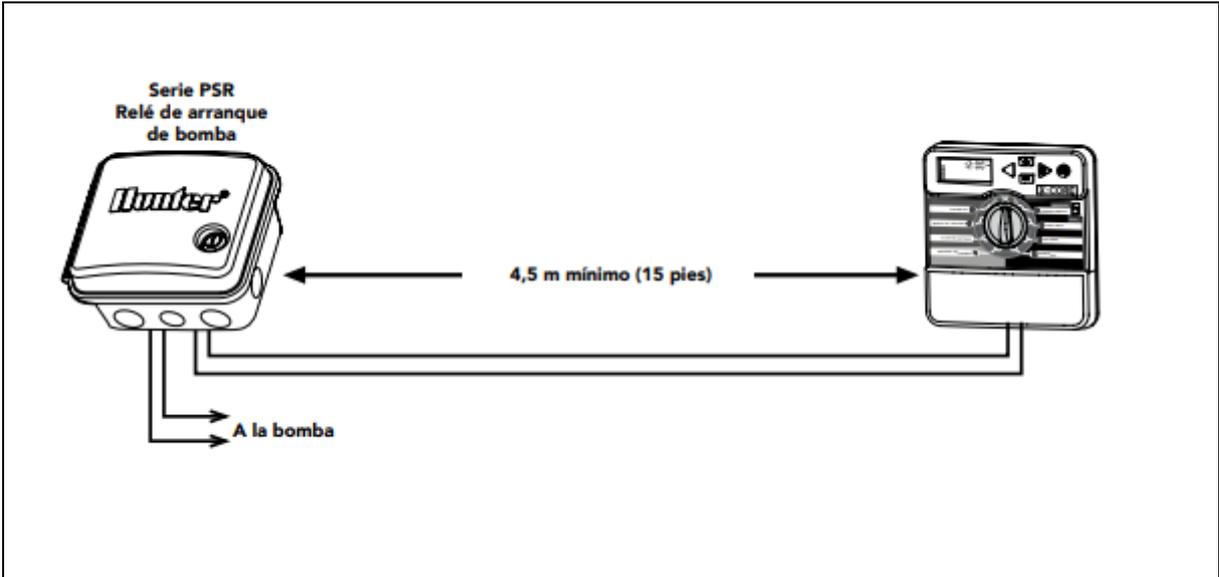
Si presiona la manivela superior del Mini-Clik® durante el ciclo manual, interrumpirá el riego.

Anulación manual del sensor meteorológico

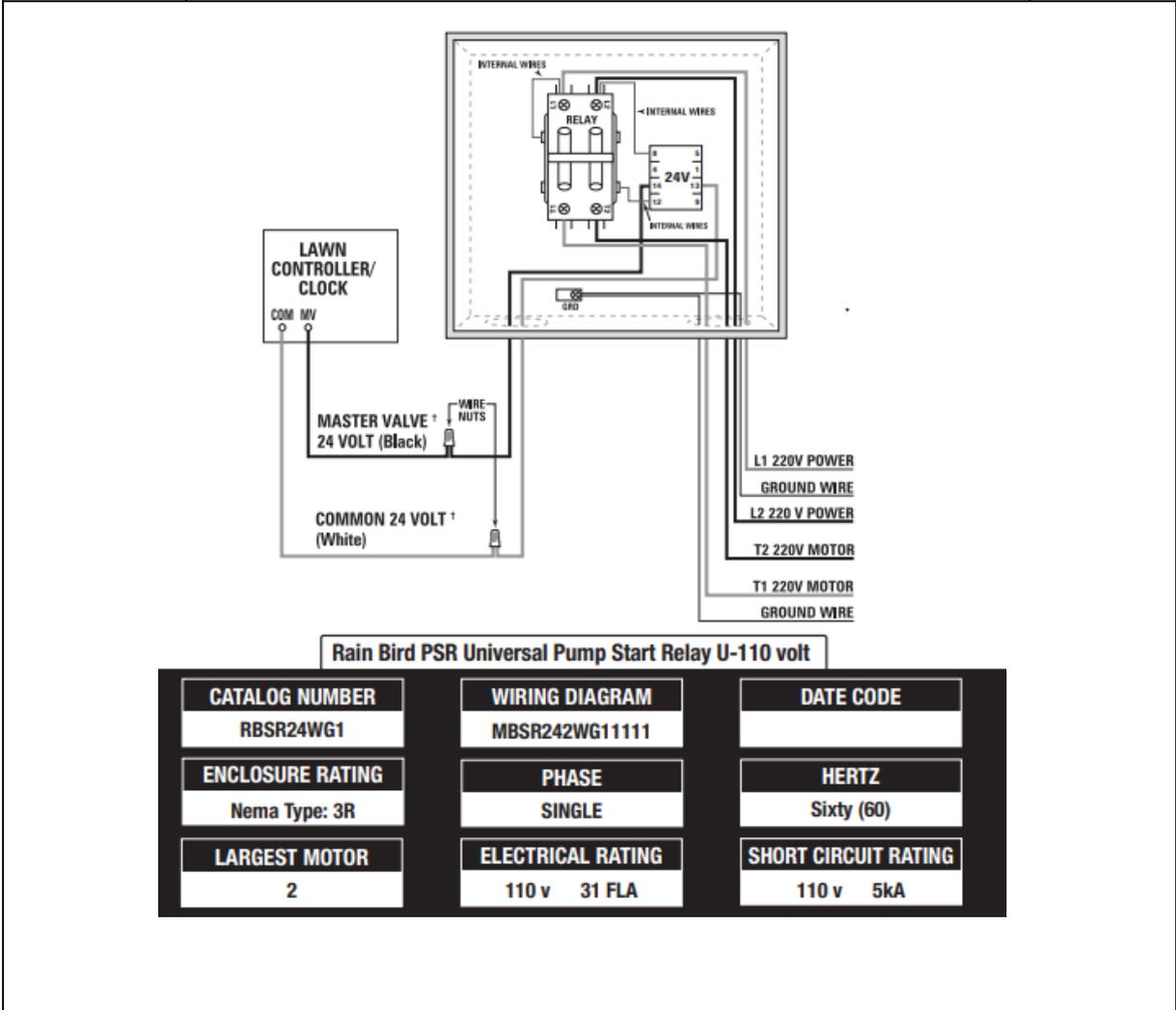
Si el sensor de lluvia está interrumpiendo el riego, es posible anularlo mediante el mando de anulación situado en la parte delantera del programador. Coloque el interruptor en la posición **ANULAR** del sensor de lluvia para desactivarlo del sistema, de modo que pueda funcionar el programador. Al usar la función **MANUAL - UNA ESTACIÓN** el programador ignorará las entradas de los sensores de forma automática por el tiempo seleccionado. Tras finalizar, el programador regresará a la configuración seleccionada.



NOTA: Activar el interruptor de bypass del sensor no afecta a las actualizaciones de ajuste estacional realizadas por el sensor Solar Sync. Sin embargo, sí que omite la funcionalidad Rain Clik y Freeze Clik del sensor.



ANEXO 6	CONEXIÓN DE SEÑAL DE CONTROLADOR A RELÉ DE ARRANQUE	1
---------	---	---



ANEXO 7	ELECTROVÁLVULA	1
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">  </div> <div style="width: 65%;"> <p>Electroválvulas baja presión AQUANET de NETAFIM de 3/4" a 2"</p> <p>★★★★★ 0 Opiniones Añada su opinión</p> <p>NETAFIM</p> <p>Las electroválvulas NETAFIM de la serie AQUANET son las indicadas para uso residencial y jardinería pública. Uso con la mayoría de programadores de 24V AC ó 12V DC. En instalaciones de riego con aguas recicladas por sus amplios pasos. Regulador manual de caudal. Posibilidad de incorporar en el cuerpo de la válvula el regulador de presión: 0,7 a 4,5 bar.</p> <p>Presión de trabajo para electroválvulas de 3/4" y 1": Mínima 0,2 bar. y máxima 10 bar.</p> <p>Presión de trabajo para electroválvulas de 1 1/2" y 2": Mínima 0,3 bar. y máxima 10 bar.</p> </div> </div>		

ANEXO 8	BOMBA CENTRIFUGA ¾ HP	1																																																																																																									
<div style="text-align: center; margin-bottom: 20px;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">MODELO</th> <th colspan="2">POTENCIA (P₂)</th> <th rowspan="2">▲</th> <th rowspan="2">Q</th> <th colspan="13">m³/h</th> </tr> <tr> <th>Monofásica</th> <th>Trifásica</th> <th>kW</th> <th>HP</th> <th>0</th> <th>3</th> <th>6</th> <th>9</th> <th>12</th> <th>15</th> <th>18</th> <th>21</th> <th>24</th> <th>30</th> <th>36</th> <th>42</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HFm 50B</td> <td>HF 50B</td> <td>0.37</td> <td>0.50</td> <td rowspan="3">IE2</td> <td rowspan="3">l/min</td> <td>0</td> <td>50</td> <td>100</td> <td>150</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>300</td> <td>350</td> <td>400</td> <td>500</td> <td>600</td> <td>700</td> </tr> <tr> <td>HFm 50A</td> <td>HF 50A</td> <td>0.55</td> <td>0.75</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>9.5</td> <td>8.5</td> <td>7.5</td> <td>6</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>HFm 51B</td> <td>HF 51B</td> <td>0.60</td> <td>0.85</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>11.5</td> <td>11</td> <td>9.6</td> <td>8</td> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>18.2</td> <td>17.2</td> <td>16</td> <td>14</td> <td>11.5</td> <td>9</td> <td>5.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			MODELO		POTENCIA (P ₂)		▲	Q	m ³ /h													Monofásica	Trifásica	kW	HP	0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42	HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50	IE2	l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75	10	10	9.5	8.5	7.5	6	4							HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85	12	12	11.5	11	9.6	8	6													18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4					
MODELO		POTENCIA (P ₂)		▲	Q	m ³ /h																																																																																																					
Monofásica	Trifásica	kW	HP			0	3	6	9	12	15	18	21	24	30	36	42																																																																																										
HFm 50B	HF 50B	0.37	0.50	IE2	l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700																																																																																										
HFm 50A	HF 50A	0.55	0.75			10	10	9.5	8.5	7.5	6	4																																																																																															
HFm 51B	HF 51B	0.60	0.85			12	12	11.5	11	9.6	8	6																																																																																															
						18.2	17.2	16	14	11.5	9	5.4																																																																																															

