



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**ANÁLISIS Y DISEÑO FOTOVOLTAICO PARA UN SISTEMA DE RIEGO**  
**UBICADO EN EL CANTÓN MOCACHE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

AUTOR: Eddy Jonathan Chamba Lino

Steven Manuel Oyague León

TUTOR: Lic. Juan Carlos Lata García, PhD

Guayaquil-Ecuador

**2022**

## **CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Eddy Jonathan Chamba Lino con documento de identificación 0705708535 y Steven Manuel Oyague León con documento de identificación 0950219584, manifestamos que:

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

Guayaquil, 5 de septiembre del año 2022

Atentamente,



---

Eddy Jonathan Chamba Lino  
0705708535



---

Steven Manuel Oyague León  
0950219584

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

Nosotros, Eddy Jonathan Chamba Lino con documento de identificación 0705708535 y Steven Manuel Oyague León con documento de identificación 0950210584 , expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del Trabajo de titulación: “Análisis y diseño fotovoltaico para un sistema de riego ubicado en el cantón Mocache.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 5 de septiembre del año 2022

Atentamente,



---

Eddy Jonathan Chamba Lino  
0705708535



---

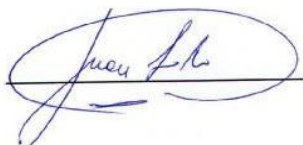
Steven Manuel Oyague León  
0950219584

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lata García Juan Carlos con documento de identificación No. 0301791893, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Análisis y diseño fotovoltaico para un sistema de riego ubicado en el cantón Mocache.”realizado por Eddy Jonathan Chamba Lino con documento de identificación 0705708535 y Steven Manuel Oyague León con documento de identificación 0950219584, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de PROYECTO TÉCNICO que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 5 de septiembre del año 2022

Atentamente,



---

Lic. Lata García Juan Carlos PhD

0301791893

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios en primer lugar por haberme permitido llegar y avanzar hasta el final de la carrera, a mi padre que no está conmigo presente, pero siempre estará en mi corazón a mi madre por apoyarme a seguir adelante y por darme fortaleza de seguir cada día, le agradezco por su estricta enseñanza, a mis hermanos que me han acompañado en lo largo de esta etapa de mi vida y dándome aliento de seguir cada día.

Agradezco a mi compañero Chamba por la ayuda durante toda la carrera y por la espera para terminar juntos esta meta, a mis amigos de siempre Anthony y Ximena gracias por su ayuda y consejo.

Steven Oyague.

## **AGRADECIMIENTOS**

Dedico este proyecto a Dios quien me ha dado la sabiduría para poder terminar con la carrera a mi padre que sé que estarás orgulloso de mi, y a mi pilar fundamental a mi madre que es la base para que yo haya llegado hasta este lugar. Mama, Papa esto va para ustedes los amo.

Steven Oyague.

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, agradezco a Dios por las oportunidades que me ha dado en la vida, por la sabiduría y las buenas decisiones que me ha sabido mostrar en el transcurso de esta travesía, agradezco a mis padres que fueron los pilares fundamentales, dándome consejos, sabiendo entender y mostrándome como de a poco convertirme en un persona centrada y correcta, por toda la paciencia y la crianza que me dieron en toda mi vida, agradezco a mi tía, por darme la mano en la mayor parte de la carrera.

En último lugar agradezco a Anthony que fue la persona que siempre me estuvo apoyando tanto en lo académico como en lo personal eres una personal genial y siempre tendrás mi respeto y admiración, gracias, Ximena y Steven que fueron unos amigos excepcionales sobre todo en esas horas de estudio tan serias y divertidas a la vez.

Eddy Chamba.

## **AGRADECIMIENTOS**

Dedico esta tesis y este logro a Dios y mis padres que son las personas que siempre están conmigo a cada paso, no tengo palabras para expresar cuan orgulloso estoy de ellos, siempre brindando apoyo en todo, gracias son seres únicos e irremplazables, los aprecio con mi alma, gracias por todo.

Eddy Chamba.

## **RESUMEN**

En el transcurso de la ejecución del proyecto previo a la titulación de Grado se definió el problema que existe en la comunidad y de cubrir las necesidades que más necesitan los comuneros que habitan en estas zonas de poco acceso a varios sistemas que hay en las grandes ciudades, que incluso no tienen algunos recursos tales como redes eléctricas conectadas a la red. Se realizará el análisis de un sistema de riego a base de energía solar, ya que el sistema que ellos tienen es a base de contaminantes que le hace daño para el propio sembrío, y causan daños al medio ambiente.

Debido a esto se efectuó el análisis de un sistema de riego con energía renovable, con lo cual esto ayudara a que los comuneros de esta región logres suplir alguna necesidad que tenga, con lo cual para obtener los resultados nuestro trabajo de grado se obtuvieron datos y resultados con la ayuda del software (PVsyst) donde se realizó varias simulaciones dando los datos y respuestas deseados, con este software lo que se busca es ayudar en el estudio y análisis más detallado del SFV(Sistema fotovoltaico) que abastece un sistema de riego, el cual se analiza el cambia de un sistema convencional que esta alimentado por Diesel a un sistema fotovoltaico con energía solar, esto ayuda a que el propietario del lugar tenga menos perdidas en el cultivo. Se realizan los cálculos los cuales especifican cada detalle para la instalación del sistema y con los planos y cálculos se puede realizar la implementación de este sistema.

**PALABRAS CLAVES:** Sistema solar Fotovoltaico, Conexiones a la red, Software (PVsyst), Energía Renovable, Celdas Fotovoltaico.

**ABSTRACT:**

In the course of the execution of the project prior to the degree qualification, the problem that exists in the community was defined and to cover the needs that the community members who live in these areas of little access to several systems that exist in the big cities need the most., which do not even have some resources such as grid-connected power grids. The analysis of an irrigation system based on solar energy will be carried out, since the system they have is based on pollutants that harm the crops themselves, and cause damage to the environment.

Due to this, the analysis of an irrigation system with renewable energy was carried out, with which this will help the community members of this region to meet any need they have, with which to obtain the results of our degree work, data and results with the help of the software (PVsyst) where several simulations were carried out giving the desired data and answers, with this software what is sought is to help in the more detailed study and analysis of the SFV (Photovoltaic System) that supplies an irrigation system, which analyses the change from a conventional system that is powered by Diesel to a photovoltaic system with solar energy, this helps the owner of the place have less losses in the crop. The calculations are made which specify each detail for the installation of the system and with the plans and calculations the implementation of this system can be carried out.

**KEY WORDS:** Solar Photovoltaic System, Grid Connections, Software (PVsyst), Renewable Energy, Photovoltaic cell.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....</b>	<b>III</b>
<b>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>IX</b>
<b>1. CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO .....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 DELIMITACIÓN.....	2
1.5 OBJETIVOS. ....	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.6 MARCO METODOLÓGICO .....	4
1.7 COMPORTAMIENTO DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	4
<b>2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 SISTEMA DE RIEGO MIXTO.....	5
2.2 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....	5
2.3 ASPERSORES .....	5
2.4 DISTRIBUCIÓN DE AGUA .....	5
2.5 INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	6
2.6 FUENTES DE ENERGÍAS.....	6
2.7 INSOLACIÓN SOLAR PROMEDIO .....	6
2.8 INSOLACIÓN DIFUSA PROMEDIO.....	6
2.9 INSOLACIÓN DIRECTA PROMEDIO.....	8
2.10 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	9
2.11 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. ....	9
2.12 ELEMENTOS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	11
2.12.1 BATERÍAS. ....	11
2.12.2 TIPOS DE BATERÍAS.....	11
2.12.3 REGULADOR DE CARGA .....	12
2.12.4 FUNCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA.....	12
2.12.5 INVERSOR.....	13
2.12.6 CONTACTOR .....	13
2.12.7 BREAKER .....	14
2.12.8 TEMPORIZADOR.....	14
2.12.9 LUCES PILOTO .....	15
2.12.10 PULSADORES .....	15
2.13 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y SUS TIPOS.....	15

2.14	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED (ON GRID).....	16
2.15	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS O DESCONECTADOS A LA RED (OFF GRID) .....	16
2.16	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y SUS REGULACIONES.....	16
2.17	REGULACIONES PARA SVF EN ECUADOR.....	16
2.18	REGULACIÓN NRO. ARCONEL -003/18 PARA SISTEMAS QUE TRABAJEN EN SINCRONISMO CON LA RED .....	17
2.19	REGULACIÓN NRO. ARCONEL -003/18 PARA SISTEMAS AISLADOS. ....	17
2.20	SOFTWARE. ....	17
2.21	PVSYST.....	18
2.22	CADE SIMU. ....	19
2.23	PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	19
2.24	HUELLA ECOLÓGICA .....	19
2.25	HUELLA DE CARBONO .....	20
<b>3.</b>	<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>21</b>
3.1	METODOLOGÍA Y MEDIOS.....	21
3.2	ANÁLISIS COMPARATIVO.....	21
3.3	ILUSTRACIONES DEL TERRENO.....	22
3.4	SITUACIÓN DEL TERRENO.....	22
3.5	ANÁLISIS DE CARGA.....	23
3.7	NECESIDADES DEL SISTEMA. ....	24
3.8	CÁLCULO DE LA DEMANDA DEL SISTEMA .....	24
3.8.1	CÁLCULO DE LA POTENCIA ABSORBIDA POR LA BOMBA .....	24
3.8.2	CÁLCULO DE LA DEMANDA DE LA ENERGÍA .....	25
	<b>EN LA SIGUIENTE TABLA TENEMOS LOS DATOS DE LOS VATIOS HORAS EL CUAL CONSUMIRÁ EL SISTEMA FOTOVOLTAICO. ....</b>	<b>25</b>
3.8.3	CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	26
3.8.4	SELECCIÓN OPTIMA DEL PANEL SOLAR .....	26
3.8.5	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS .....	27
3.8.6	CÁLCULO DEL NÚMERO DE BATERÍAS NECESARIAS PARA EL SISTEMA .....	28
3.8.7	CÁLCULO DEL INVERSOR .....	28
3.8.8	DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR.....	29
3.8.9	DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	31
3.8.10	PLANOS DEL PANEL Y DEL SOPORTE .....	32
3.8.11	DISEÑO DEL PANEL DEL CONTROL. ....	33
3.8.12	DISEÑO DEL DIAGRAMA ELÉCTRICO EN EL PROGRAMA CADE SIMU. .	34
3.8.13	DISEÑO FOTOVOLTAICO DEL SISTEMA DE RIEGO .....	35
3.9	SIMULACIÓN EN EL PROGRAMA PVSYST 6.8 .....	36
3.9.1	HOJA DE CARACTERÍSTICAS DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	36
3.9.2	HOJA DE SIMULACIÓN DE LA ENERGÍA QUE ENTREGARA EL SFV .....	37
3.9.3	HOJA DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES DEL SISTEMA CON BATERÍAS. ....	38
3.9.4	HOJA DE DIAGRAMA DE ENTRADA Y SALIDAS DEL SISTEMA.....	39
3.9.5	HOJA DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL AÑO .....	40
3.10	MATERIALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	41
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>43</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>

**INDICE DE ILUSTRACIONES.**

Ilustración 1. Ubicación del lugar.....	2
Ilustración 2 Insolación Difusa.....	7
Ilustración 3. Insolación Difusa.....	7
Ilustración 4. Irradiación Global.....	8
Ilustración 5. Insolación Solar Directa Promedio.....	9
Ilustración 6. Modulo Fotovoltaico. ....	10
Ilustración 7. Batería.....	12
Ilustración 8. Regulador de Carga .....	12
Ilustración 9. Inversores de voltaje.....	13
Ilustración 10. Contactor. ....	13
Ilustración 11. Breaker. ....	14
Ilustración 12. Temporizador. ....	14
Ilustración 13. Luces piloto. ....	15
Ilustración 14. Pulsadores.....	15
Ilustración 15. Proceso de crecimiento del cacao.....	22
Ilustración 16. Lugar donde se realizó el análisis.....	22
Ilustración 17. Diseño del Sistema Hidráulico. ....	31
Ilustración 18. Planos del Panel y del soporte .....	32
Ilustración 19. Diseño del panel del control. ....	33
Ilustración 20. Diseño del diagrama eléctrico. ....	34
Ilustración 21. Diseño Fotovoltaico.....	35

**INDICE DE LA TABLA**

Tabla 1. Potencia consumida por día.....	23
Tabla 2. Redición solar pico.....	23
Tabla 3. Cálculo de la potencia de la bomba.....	24
Tabla 4. Cálculo de la demanda .....	25
Tabla 5. Tabla de cotización.....	27
Tabla 6. Calibre del conductor. ....	30
Tabla 7. Tabla de Materiales. ....	41

**INDICE DE ECUACIÓN**

Ecuación 1. Hora solar pico.....	24
Ecuación 2. Cálculo de la potencia de la bomba .....	24
Ecuación 3. Cálculo de la demanda de la energia .....	25
Ecuación 4. Cálculo del Generador Fotovoltaico.....	26
Ecuación 5. Cálculo de la batería. ....	27
Ecuación 6. Cálculo de numero de batería .....	28
Ecuación 7. Cálculo del inversor .....	29
Ecuación 8. Cálculo del conductor.....	29

## **1. CAPÍTULO I**

### **1.1 Introducción.**

En este proyecto se busca una manera más factible para poner en puesta un sistema de riego, y hacerlo de una manera limpia sin contaminantes, ya que se podría realizarlo con combustible, pero esto sería un daño para el medio ambiente, y la idea del proyecto sería hacerlo con una fuente renovable como lo es la energía solar, ya que no es contaminante, y el sistema es más seguro y factible.

En la actualidad, el notable aumento del consumo energético y la preocupación generalizada por el calentamiento global ha impulsado el uso de energías renovables en el sector agrícola. Relacionado con esto, la tecnología fotovoltaica (FV) ofrece una alternativa más sostenible para el suministro de energía en comparación con las opciones tradicionales, como los generadores diésel y la red eléctrica.[1]

En la agricultura, la aplicación de células fotovoltaicas para el bombeo de agua se considera una tecnología moderna y sostenible en la mayoría de los países. La tecnología de riego solar fotovoltaico (FV) se puede investigar desde varios aspectos, incluida la viabilidad económica, la eficiencia energética y los efectos ambientales.[2]

El alcance de este proyecto comprende la selección y cálculo de los distintos componentes desde la bomba hasta el panel, además del dimensionamiento del sistema fotovoltaico necesario para el funcionamiento del sistema de riego. Se considera para este efecto información del tipo de sistema riego, caudal, cantidad de agua a bombear, radiación solar, superficie a irrigar y sembríos.[3]

### **1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO.**

Debido a lo encontrado en el estudio inicial realizado, la falta de energía eléctrica en el terreno a provocado que las posibilidades de hacer funcionar un sistema de riego con energía eléctrica sean escasas, puesto que su ubicación es un sitio alejado, lleno de vegetación y sin acceso a la conexión de la red, de manera que una opción factible es optar por un sistema fotovoltaico, el cual genera su propia energía y alimenta el sistema de riego, ahorrando de manera significativa costos procedentes de cableado, poste, transformador, facturas eléctricas mensuales procedentes de una conexión a la red.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

El proyecto se realiza con el propósito de suplir las necesidades de energía que sufre el propietario del terreno, la finalidad de este es encontrar una solución al problema de energía de manera factible, económica y rentable a largo plazo. El diseño fotovoltaico de este sistema ayudará a dar energía a una electrobomba, siendo este el equipo que necesita de energía para poder suministrar el agua en el sistema riego.

La ubicación del lugar es en la ciudad de Quevedo, parroquia Mocache en la finca Herrera, el área en la cual se procederá a realizar el sistema fotovoltaico y la automatización del sistema de riego es de 200m<sup>2</sup>.

El lugar presenta condiciones favorables para la implementación de un sistema fotovoltaico debido a que existe una irradiación solar de alrededor de 5728 KWh /m<sup>2</sup>/día

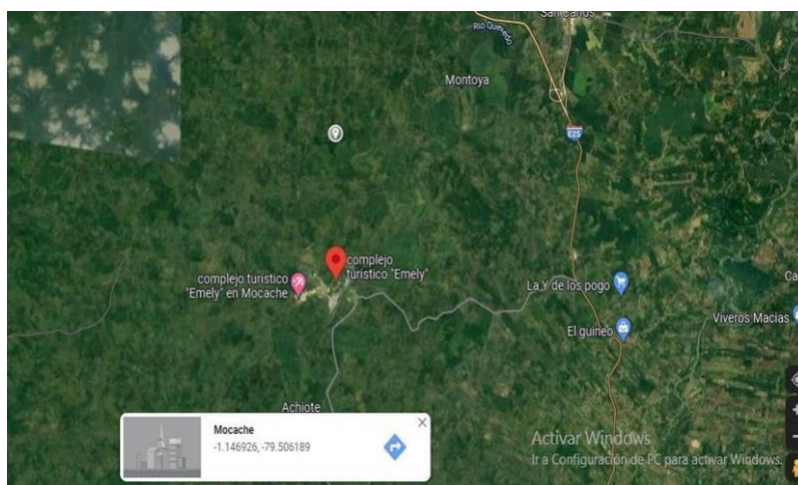
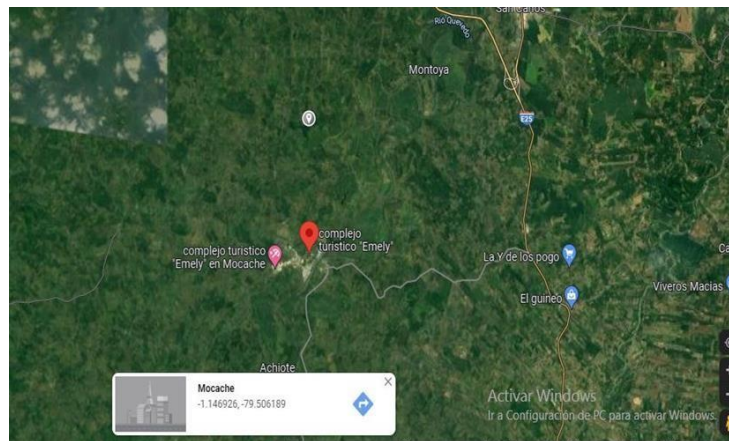


Ilustración 1. Ubicación del lugar.

Fuente Google maps.

### 1.4 DELIMITACIÓN.

La ubicación del lugar es en la ciudad de Quevedo, parroquia Mocache en la finca Herrera, el área en la cual se procederá a realizar el sistema fotovoltaico y la automatización del sistema de riego es de 200m<sup>2</sup>.



**Ilustración 2. Ubicación de la finca y vista del terreno.**

**Fuente Google maps.**

El lugar presente tiene las condiciones favorables para la implementación de un sistema fotovoltaico debido a que existe una irradiación solar de alrededor de  $5728 \text{ KWh} / \text{m}^2 / \text{día}$ .

## **1.5 OBJETIVOS.**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL.**

Desarrollar el análisis y el diseño del plano eléctrico, para realizar el correcto dimensionamiento para un sistema solar fotovoltaico y así a la vez lograr satisfacer la necesidad del sistema de riego de un terreno agrícola situado en Mocache.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Realizar el cálculo del consumo eléctrico que será requerida para la alimentación de la electrobomba.



- Diseñar el plano eléctrico de la instalación del sistema.
- Calcular el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Diseñar una maqueta que simule el funcionamiento del riego.

## **1.6 MARCO METODOLÓGICO.**

Un sistema de riego es un grupo de construcciones que posibilita que una cierta área logre ser cultivada, con la aplicación de agua elemental y suficiente para un cultivo, tomando en importancia a partir del tipo de vegetación, hasta la manera de repartir el agua para obtener el mejor rendimiento.[3]

## **1.7 COMPORTAMIENTO DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA.**

La energía eléctrica que generamos del sol es interminable y con un gran mantenimiento, lo mejor de todo es que no causa una contaminación al planeta es completamente pura, por lo que cuenta una ayuda para el desarrollo sustentable, con lo cual esto fomenta el trabajo al nivel de ciudades, países y universal.

Sus diferentes maneras de uso, es el ámbito económico del país ya que se vende al sistema eléctrico nacional o ser utilizado por diferentes usuarios, familiares o diferentes personas con ingresos, este sistema es indicado para diferentes sectores o regiones rurales que se encuentran de manera aislada donde las redes de energía o las líneas eléctricas no brindan su verificación, para este tipo de proyectos e instalaciones los precios son un poco costosos, es por eso que llevamos más de 30 años sin dar mantenimiento a nuestro sistema brindando un óptimo mantenimiento y monitoreo.[4]

## **2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 SISTEMA DE RIEGO MIXTO.**

La ubicación en la que se encuentra la fuente de agua es primordial y dependiendo de su ubicación y del área a la cual se va a humedecer, es posible que exista una combinación entre el sistema de riego por gravedad y el sistema de riego por Energía motriz, de esta manera se puede captar y elevar el medio líquido que se va a trasladar, mediante energía motriz y distribuirla por gravedad o viceversa.[5]

Estos se pueden clasificar en:

- Inundación: La distribución del agua puede ser superficial sobre el sitio, inundándolo por portes o de manera total.
- Aspersión: La distribución del agua va a ser mediante aspersores, esparciendo el agua en diferentes tamaños.
- Goteo: La distribución del agua es por gotas, mediante goteros que se encuentran instalados en mangueras, reservorios o tuberías.

### **2.2 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.**

El sistema de riego por aspersión expone ventajas evidentes y considerables correspondientes al sistema de riego gravitacional en las siguientes condiciones:

- Terreno de topografía irregular.
- Suelos delgados.
- Suelos con alta velocidad de infiltración.
- Suelos susceptibles a la erosión.
- Existencia de poco caudal.

### **2.3 ASPERSORES.**

En la instalación de un sistema de riego por aspersión, los elementos fundamentales son los aspersores, encargados de la distribución de agua en forma de lluvia. La presión de agua provoca el movimiento que tiene el aspersor de forma giratoria, el mismo que disipa el agua mojando la superficie en la cual se encuentre instalado.[6]

### **2.4 DISTRIBUCIÓN DE AGUA.**

El agua al momento de distribuirla sobre una superficie, siendo esta expulsada por un aspersor no es de manera uniforme, la manera de conseguir una mayor uniformidad se posibilita al disponer suficientes aspersores próximos entre sí, de manera que se produzca entre ellos un solape.[6]

## **2.5 INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

No es posible estar seguro de cuándo los humanos descubrieron por primera vez el fenómeno llamado electricidad, pero hay evidencia de que este fenómeno se remonta a 600 años a.C. Fue estudiado por un filósofo (Tales de Mileto) que descubrió una misteriosa atracción y repulsión cuando se frotaba una pieza de ámbar sobre la piel o la tela. Esta sustancia resinosa (ámbar) se denominaba “electrón”, de donde deriva el término “electricidad”. La electricidad es más flexible y versátil de todas las formas de energía porque sus múltiples aplicaciones, tanto domésticas como industriales, hacen la vida más fácil a la vez que divertida e interesante.[7]

## **2.6 FUENTES DE ENERGÍAS.**

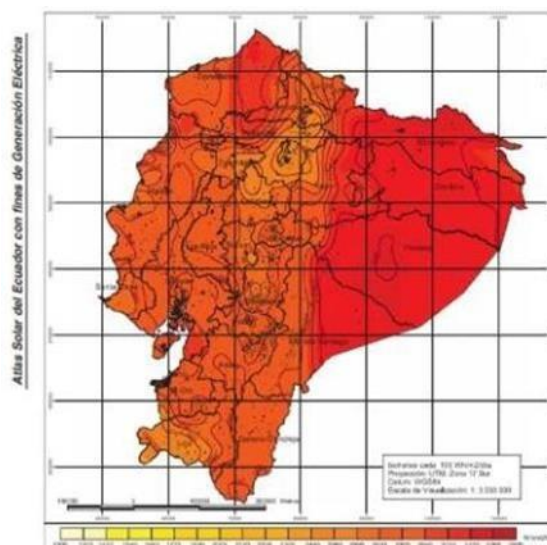
La investigación de fuentes de origen de energía inagotable, o energía renovable, son aquellas que debido a su potencial es inagotable porque provienen de energía que continuamente llega al mundo como la influencia de la radiación emitida por el sol o la atracción gravitatoria del mismo.[8]

## **2.7 INSOLACIÓN SOLAR PROMEDIO.**

El Ecuador, es una zona con características geográficas y topográficas muy diferentes, enorme diversidad de climas y condiciones propias que le brindan un alto potencial en energía renovable y energía limpia, que no tiende a quedar por fuera del registro de recursos energéticos para el rendimiento y producción de electricidad por el grado de cobertura y cumplimiento la demanda muestra una estrecha relación, principalmente con la electrificación y energización rural.[9]

## **2.8 INSOLACIÓN DIFUSA PROMEDIO.**

En su trayectoria que tiene por la atmosfera, parte de la irradiancia solar es atenuada por la dispersión y otra parte se debe por la absorción. Lo que nos dice que la radiación que se dispersa desde la atmósfera se llama radiación difusa. Se la denomina radiación difusa al detalle que nos da la radiación que se desvanece a la llegada de la atmosfera del planeta. A la insolación que se la conoce como difusa es todo lo que capta la atmosfera cuando se desvanece con la ayuda de la radiación solar en la misma. La energía suele representar el 15% de la radiación solar en los días más soleados.[3], [10] En la **Ilustración 3** se puede observar el mapa del Ecuador y como la insolación llega al País.



**Ilustración 3. Insolación Difusa.**

**Fuente: Atlas del Ecuador**

Presenta los siguientes datos la insolación difusa en el mes de Julio.

Valor Máximo: 3314 Wh/m<sup>2</sup>/día


Valor Mínimo: 2296 Wh/m<sup>2</sup>/día

Valor Promedio: 3002,47 Wh/m<sup>2</sup>/día

La grafica nos muestra una simulación realizada por el programa Pvsyst, se puede apreciar los datos de la irradiación difusa del mes de septiembre, la irradiación más alta en ese mes corresponde a la fecha 16, la gráfica nos da un valor total de irradiación de 2.464 kWh/m<sup>2</sup>/día

Sitio **Mocache (Ecuador)**

Fuente de datos

	<b>Irradiación horizontal global</b>	<b>Irradiación difusa horizontal</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Velocidad del viento</b>	<b>Turbidez Linke</b>	<b>Humedad relativa</b>
	kWh/m <sup>2</sup> /mes	kWh/m <sup>2</sup> /mes	°C	m/s	[-]	%
Enero	131.7	85.8	26.1	2.21	4.586	75.0
Febrero	126.2	73.2	26.1	1.70	4.533	80.1
Marzo	146.5	88.9	26.5	1.70	4.567	78.5
Abril	146.1	83.5	26.1	1.90	5.347	78.9
Mayo	139.0	79.2	25.9	2.39	5.505	75.4
Junio	112.2	70.8	24.5	2.90	4.906	77.8
Julio	120.5	70.1	24.1	3.20	4.629	76.8
Agosto	120.5	76.4	23.8	3.39	5.205	75.6
Septiembre	116.6	74.3	23.6	3.49	5.985	76.2
Octubre	93.6	71.3	24.0	3.49	5.457	74.7
Noviembre	95.7	66.4	24.1	3.49	5.929	74.5
Diciembre	125.0	77.6	25.6	3.09	5.513	70.8
<b>Año</b> 	<b>1473.7</b>	<b>917.6</b>	<b>25.0</b>	<b>2.7</b>	<b>5.180</b>	<b>76.2</b>

**Irradiación horizontal global variabilidad año a año 6.8%**

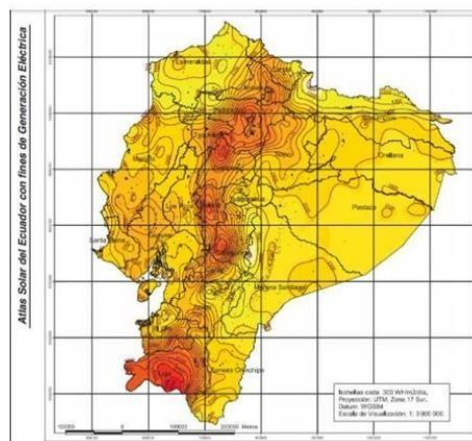
**Ilustración 4. Irradiación Global.**

**Fuente: Pvsyst**

En la **Ilustración 4** se puede observar la irradiación global como la irradiación difusa que existe en el lugar y la variabilidad que existe año a año como resultado nos da que la variabilidad es del 6.8%

## **2.9 INSOLACIÓN DIRECTA PROMEDIO.**

La radiación que llega al área del planeta tierra sin haber alterado o sufrido algún cambio en su dirección o la trayectoria lineal que a partir del disco solar se denomina radiación directa. Además, también se le llama insolación directa a la radiación que llega a el área una vez que los relámpagos solares como lo podemos observar en la **Ilustración 5**, la insolación difusa no desaparecen o se desvían a su paso por dirección de la atmosfera terrestre, por ejemplo, por fenómenos atmosféricos o condiciones climáticas.[3], [10]



**Ilustración 5. Insolación Solar Directa Promedio.**

**Fuente: Atlas del Ecuador.**

Presenta los siguientes datos la insolación difusa en el mes de Julio.

Valor Máximo: 6349 Wh/m<sup>2</sup>/día

Valor Mínimo: 796 Wh/m<sup>2</sup>/día

Valor Promedio: 2519,9 Wh/m<sup>2</sup>/día.

## **2.10 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.**

Un sistema FV es la transformación de la manera más directa de la radiación o luz solar en energía eléctrica, para esto esta forma de transformación es realizada por la célula solar, la misma que ayuda a cubrir las necesidades energéticas de los sistemas fotovoltaicos que trabajan de manera autónoma (los cuales son aquellos que se encuentran aislados de la red eléctrica) o para generar energía para sistemas conectados a la red.[11]

## **2.11 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.**

Un panel solar o módulo fotovoltaico consiste en una serie de celdas que están conectadas de forma eléctrica, encapsuladas y montadas en un marco o armazón de soporte. Proporcionan una salida a través de la conexión a un voltaje continuo o por sus siglas DC y están diseñados para voltajes o tensión específicas (12V-24V-6V...) y tramos los cuales definen el voltaje al que trabajará el sistema.[12]



**Ilustración 6. Modulo Fotovoltaico.**

**Fuente: Trates Invertor.**

#### Tipos de paneles solares

- El panel polisilicio se basa en secciones de una barra de silicio que se ensamblan al azar, formando un área de apariencia granular relativamente compuesta en relación con el silicio monocristalino y un área de apariencia granular, que es relativamente económica en comparación con el silicio monocristalino y de menor eficiencia.
- Celdas solares de silicio monocristalino: Las primeras celdas de silicio monocristalino se fabricaron en 1954 Chapín Fuller & Pearson 1954 con uniones n-p por difusión térmica de boro en una oblea transparente de tipo n en la década de 1960 alcanzó una eficiencia de conversión del 14-15 %.[13]

#### Características de las celdas solares monocristalino:

- Elemento rico como materia prima Debido a la densidad de energía relativamente baja de la radiación solar, se requiere suficiente espacio y material para el uso práctico.
- El proceso de elaboración y fabricación es similar a la microelectrónica o utilizando circuitos que se encuentran integrados, por lo que se desarrolla como una tecnología prudente.[13]
- Desarrolla una mayor eficiencia de convertir la luz en electricidad en comparación con el silicio amorfo policristalino o hidrogenado.
- Es un dispositivo de características eléctricas firmes, los fabricantes de estos modelos

garantizan su funcionamiento por más de 20 años.

## **2.12 ELEMENTOS DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO.**

### **2.12.1 BATERÍAS.**

Las baterías solares están destinadas a recoger la energía eléctrica que producen los paneles solares fotovoltaicos para poder utilizarlos toda la noche y en días que se encuentren con poca luz solar. El funcionamiento que se le aplica a la batería es que nos ayuda al momento de suministrar una intensidad mayor o una corriente más elevada a la que puede suministrar un panel solar fotovoltaico que se encuentra realizando algún tipo de trabajo. En lo cual se pueden ser los casos cuando, utilizan algunos dispositivos electrónicos al mismo tiempo.[14]

### **2.12.2 TIPOS DE BATERÍAS.**

Dependiendo de la tecnología con la cual se fabrican las baterías tienden a clasificarse, como algunos electrolitos que son diseñados para las baterías. Algunas baterías se utilizan para los sistemas fotovoltaicos, debido al valor relativo de la energía disponible. La eficiencia de la misma se encuentra entre el 85-95%. [14]

- **ACIDO-PLOMO EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.**

Los tipos de batería que están hechas de Acido-Plomo fallarán continuamente si al momento se no cargan por completo después de cada ciclo. Cuando se deja la batería diseñada de Acido-Plomo sin ningún nivel de carga en cualquier momento (en el transcurso de los días) resultará en una falla duradera en su capacidad de almacenar energía.[14]

- **BATERÍAS QUE ESTÁN CONFORMADAS POR ELECTROLITO LIQUIDO O BATERÍAS LIQUIDA.**

En la actualidad en el mercado existen estos dos tipos de baterías de electrolito liquido o llamadas baterías liquidas las cuales al momento son las más usadas:

- Puede ser por su manera en estado de apertura o abierta, con tapas en la cual nos ayuda en la conversión de agua.
- Puede ser por su manera en la cual están cerradas en su totalidad como lo podemos ver en la **Ilustración 7**, lo cual están fuertemente selladas, y está a la vez contiene unas válvulas que ayudan el escape algunos tipos de gases en caso de excesivo esfuerzo.





**Ilustración 7. Batería.**

**Fuente: Baterías SFV.**

### **2.12.3 REGULADOR DE CARGA.**

Se le conoce como regulador al convertidor de energía que gestiona la energía generada por los módulos fotovoltaicos. Se utiliza para llevar a cabo convenientemente la instalación. Se debe hacer una instalación de un sistema de control de carga que esté conectado en la red que se enlaza con los módulos fotovoltaico-solares y su almacenamiento de carga que esta sería la batería. Este componente lleva el nombre del controlador.[15]

### **2.12.4 FUNCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA.**

Su función es evitar una sobrecarga en la batería o se descargue en exceso, lo que también favorece la prolongación de su vida útil,[15] lo que es esencialmente posible mediante el uso de reguladores.

- Es la encargada de bloquear la corriente inversa.
- Se asegura del almacenamiento óptimo de la batería.
- Previene la sobrecarga a la batería.



**Ilustración 8. Regulador de Carga.**

**Fuente: Prosumidores.**

### 2.12.5 INVERSOR.

Un inversor es un elemento o dispositivo que convierte la corriente continua (CC o CC) suministrada por paneles solares o baterías en corriente alterna (CA o CA). La alimentación de CA es la que usamos en nuestros propios hogares, los electrodomésticos o dispositivos eléctricos generalmente funcionan con un voltaje monofásico de 220V o un voltaje trifásico de 380V.[15]

Así, el inversor es un dispositivo electrónico que, a través de sus elementos, tiene la capacidad de ondular una corriente y un voltaje en una onda sinusoidal de 50 Hz 220/380 V sin frecuencia.[15]



**Ilustración 9. Inversores de voltaje.**

**Fuente: Renova Energía**

### 2.12.6 CONTACTOR.

Es el elemento eléctrico que tiene la finalidad de cerrar las vías de los contactos, lo cual esto permite que la corriente que existe en el circuito pase por este elemento. Esto sucede cuando la bobina que se encuentra en el contactor y este recibe la corriente eléctrica que pasa a través del contacto, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.[16]



**Ilustración 10. Contactor.**

**Fuente: PLC CITY**

### 2.12.7 BREAKER.

Un breaker es un interruptor eléctrico operado de forma manual, diseñado de manera que evita los daños en los circuitos eléctricos, causado por corriente desmesurada de energía produciendo una sobrecarga.



**Ilustración 11. Breaker.**

**Fuente: CAMEI S.A**

### 2.12.8 TEMPORIZADOR.

El temporizador tiene la función de interrumpir eléctricamente la corriente que llega a una bobina, de manera que la bobina con los contactos abiertos se cierra y viceversa, al dejar que la corriente ya no llegue a la bobina los contactos regresaran a su forma normal.



**Ilustración 12. Temporizador.**

**Fuente: CAMEI S.A**

### 2.12.9 LUCES PILOTO.

Las luces piloto tienen como objetivo dar una señal de manera que se pueda observar en el momento de tener un equipo eléctrico o electrónico conectado al mismo, mientras el equipo se encuentre en función la luz piloto se encuentra encendida demostrando que esta tiene un consumo de corriente. El voltaje de las luces piloto puede ser variado 110V y 220V.



**Ilustración 13. Luces piloto.**

**Fuente: JMG.**

### 2.12.10 PULSADORES.

El pulsador eléctrico tiene como función la interrupción o desviación del flujo de corriente que llega a algún dispositivo o elemento eléctrico.



**Ilustración 14. Pulsadores.**

**Fuente: electricoindustrial.**

## 2.13 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y SUS TIPOS.

Los SVF se clasifican primordialmente en dos grandes grupos:

- On Grid cuyo significado es que están conectados a la red eléctrica.
- Off Grid cuyo significado es que no están conectados a la red

#### **2.14 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A LA RED (ON GRID).**

En los sistemas conectados a la red, como su propio nombre lo indica, son cuales y cuya primordial característica es la de estar enlazado y vinculados a la red eléctrica de la empresa distribuidora de energía del país. En este tipo de sistemas se propone satisfacer la demanda establecida en el proyecto, y optimizar los recursos para reducir al máximo los costes energéticos.[17]

#### **2.15 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS O DESCONECTADOS A LA RED (OFF GRID).**

En la actualidad, la utilización de sistemas fotovoltaicos fuera de la red es primordialmente para llevar energía a sitios no conectados a la red de repartición eléctrica, o para conservar ciertos conjuntos fuera de la red, con el propósito de continuar en funcionamiento inclusive una vez que existe una escasez de energía en la red pública.[17]

#### **2.16 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS Y SUS REGULACIONES.**

Al estar compuestos estos sistemas de generación micro que están conectadas a la red eléctrica, ya en diverso tiempo atrás estos pertenecen a los temas con lo cual se ha estado estudiando y avanzando en nuevas normativas por lo consiguiente muchas naciones están basando sus diferentes tipos de regulaciones pero se están enfocando en un solo punto que es en la distribución de la generación, que de esta forma se podría facultar la micro generación, no obstante, gracias a que existe varios tipos de carencia con exactitud en la regulación, ha dejado bastante duda e incógnitas en el momento que se desea aplicar.[18]

#### **2.17 REGULACIONES PARA SVF EN ECUADOR.**

En el continente Sudamericano en donde se encuentra ubicado Ecuador que es el cual está promoviendo la fomentación de crear fuentes energía sin contaminantes y amigable con la tierra y la capa de ozono con una de las finalidades que es el de reducir la salida de gases, ya que una vez que estos gases sales es a contaminar el ambiente en el cual vivimos ya que no hay combustibles fósiles ya que con esto no se puede crear o generar energía eléctrica ni tampoco distribuirla.[18]

En la constitución del Ecuador presenta algunos artículos para este trabajo se tomó el artículo 15 y artículo 413 de lo cual esto nos dice: que el Estado debe promover un salto lógico es que estén formados por energías limpias con el medio ambiente y bajar la contaminación al ambiente utilizando las energías renovables que existen dentro del país.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.[19]

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.”[19]

### **2.18 REGULACIÓN NRO. ARCONEL -003/18 PARA SISTEMAS QUE TRABAJEN EN SINCRONISMO CON LA RED.**

Esta regulación es la que está destinada para las empresas distribuidoras y usuarios regulados que, luego de cumplir con los requisitos, decidan instalar un proyecto de generación fotovoltaica que se le conecta una potencia inicial de 200 kW en baja, media tensión, y esta trabaja con sincronía conectada a la red nacional.[20]

La presente regulación nos sugiere:

- Algunas propiedades que se encuentran comercializando sus respectivas técnicas que nos ayuda a la utilización de SFV (Sistemas Fotovoltaicos) con una carga suministrada mayor a 200kW.
- Las mediciones con los respectivos términos.
- Los manejos con sincronismo que están conectados al sistema de repartición.
- El procedimiento en el ámbito comercial y económico de la creación de la energía, energía consumida y diferentes tipos de maneras de energía lo que se le está dando a la red de repartición.

### **2.19 REGULACIÓN NRO. ARCONEL -003/18 PARA SISTEMAS AISLADOS.**

- Algunos de los clientes los cuales usan el (Sistema Solar Fotovoltaico), con lo cual se busca su mejor manejo que se centre al momento de llevar a cabo con rectitud todos los puntos y demandas ya que esto no supere en sincronismo con los sistemas aislados.
- De repartición, estos no permanecen a las reducidas normativas que se han establecido en la presente regulación.

### **2.20 SOFTWARE.**

En la actualidad y con el avance tecnológico que hay hoy en día, y al cambio que se viene dando se ha creado nuevas formas de programas o Software que nos ayudan a utilizar al

máximo las fuentes de energías renovables o limpias , se han logrado poner en marcha bastantes programas que se las utiliza con la ayuda del ordenador, y estas a su vez poseen obtener como resultado de los diferentes tipos de proyector y así también nos permite acelerar los proyectos, al momento de sus simulaciones y el estudio que se da de una manera eficaz, además de reducir problemas al momento de aplicarlos en casos reales.[21]

- Software PVSyst
- Software PV\*SOL PREMIUM 2021
- Software PV F-Chart
- Software Homer Pro

### **2.21 PVSYST.**

Es un instrumento que ayuda en el análisis, simulación y estudio completo de datos de sistemas fotovoltaicos. El programa permite escalar los diferentes tipos de la planta siempre y cuando tengamos las consideración en la que va a llegar la radiación o luz solar que va a llegar luego se va partir con la base de datos meteorológica en función de su ubicación, lo que permite la planificación con dimensionamiento en 2 D y 3D el mismo ya tiene como proyectar tolas las de siluetas de los proyectos debido a los diferentes tipos de simulaciones que se les da y los diferente desplazamiento de la luz solar que hace su trayectoria en cada día del año.[22]

Incluye dos variantes específicas de instalación, CC bombeada y conectada, y cuenta con sus principales características ON GRID (conectados) y OFF GRID (aislados) a la red.

Contiene unas muchas variables de desarrollos y ayuda a cambiar y que se incluya cada tipo de dato o información que se necesiten para el desarrollo solicitado y se puede detallar cada punto.[22]

Las ventajas con las que viene incluidas este software son los diferentes tipos de tareas las cuales son didácticas que nos ayudan en el dimensionamiento, entre las que más resaltan están:

- Análisis de datos medidos.
- Análís de la Geometría del sol.
- La Optimización de la orientación de la luz solar.
- Los diferentes tipos de comportamiento que tienen el campo fotovoltaico.

Los diferentes tipos de sistemas que nos ayuda a simular son:

- Sistema con On Grid
- Sistemas Off Grid.
- Los sistemas de bombeo sin conexión a la red.

- Simulación con sistemas a la red CC.

### **2.22 CADE SIMU.**

Es un programa eléctrico y electrónico que nos ayuda a crear diagramas eléctricos de mando y de fuerza y gracias a este programa es posible que se pueda crear todo tipo de circuitos electrónico y eléctricos y nos ayuda analizar los funcionamientos de cada elemento eléctrico que hay dentro del mismo software.

Están enfocados principalmente en los comandos con PLC y comandos eléctricos, nos ayuda en la simulación desde arranque, cambio de giro de motores con los inversores de frecuencia.

Versiones del programa:

- CADE SIMU V4.0
- CADE SIMU V3.0

Es uno de los softwares más utilizados tanto para estudiantes como docentes se aprende a crear desde ceros diferentes tipos de comandos eléctricos de neumática y automatización.

### **2.23 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.**

El interés de los inconvenientes ambientales tiende a derivar, entre otras cosas, del nivel de degradación ambiental en que se encuentra la atmósfera y los recursos de la naturaleza. Esto desencadenó diferentes resultados y datos en los cuales se de encarecen los diferentes tipos de productos que nos da de la naturaleza y la crisis ambiental y esta a su vez refleja una disminución de las ofertas naturales y en el excesivo consumo de las demandas que pide la sociedad para realizar sus actividades.[23]

Con base en el estudio pasado, nos percatamos que es imperativo volver a definir todo y cada término de la problemática ambiental, su cultura y el desarrollo que ayuda a la determinación de las interacciones entre cada uno de ellos, con base en una comprensión integral de las desventajas ambientales y las tácticas de diseño.[23]

Sin embargo, con el fin de aumentar o disminuir los efectos que no se generaban en el medio ambiente de cierta manera, se creó lo que se conoce como huella ecológica.[24]

### **2.24 HUELLA ECOLÓGICA.**

El indicador que nos ayuda a ver cómo es el medio ambiente, que está ligado al efecto que la sociedad humana, territorio, zona o ciudad tiene sobre su entorno, se conoce como “Huella Ecológica”. Presentan demasiado los recursos que estos sean necesarios como lo es los residuos que provocan para solventar el modelo de fabricación y el consumo que hace la sociedad.[25]

En otros términos, la huella ecológica de una cierta población es el sector biológicamente



provechoso fundamental para producir los recursos que consume y aspirar los desperdicios como los pobladores de una sociedad usan recursos de todo el planeta, sumando la huella ecológica y estimando la medida de las diversas superficies usadas, sin que importe dónde esté.[25]

La huella ecológica ha sido ampliamente aceptada por la variedad de actores y establecimientos con intereses ambientales masivos. La idea se difundió y diversificó de manera rápida y fructíferamente. Sin embargo, a pesar del amplio consenso sobre la utilidad de la huella ecológica como un elemento de conciencia ambiental de los ciudadanos, este éxito estuvo acompañado de muchas críticas al concepto y metodología de cálculo.[25]

### **2.25 HUELLA DE CARBONO.**

La conocemos como Huella de Carbono a la medida en que nos da y sirve para cuantificar las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y Gases de Efecto Invernadero (GEI), que son emitidas por un agente, del territorio o de alguna empresa que durante un largo periodo de tiempo emite por el trabajo que realiza. Además, el CO<sub>2</sub> es un gas producido por plantas, humanos y animales, la combustión de hidrocarburos que eleva la la concentración de este gas a un nivel alarmante desestabiliza la estabilidad natural, hace que aumente la temperatura global y eventualmente crea lo que conocemos como cambio climático. A pesar de la existencia de un inventario de gases de efecto invernadero, no se ha estudiado la huella de carbono por los diferentes tipos de clase social. Se dice que sus niveles de CO<sub>2</sub> son los mismos que los de los grupos que se ocupan del consumo de energía, el transporte y otras actividades humanas, debería considerar profundizar más en su hogar y trabajar tanto en el campamento como profesionalmente. Una vez identificado el problema de utilizar la investigación de mercados para identificar y calificar ciertos hábitos de consumo y la posibilidad de realizar marketing con un gran escenario de cambio de hábitos en la sociedad.[21]

### **3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

#### **3.1 METODOLOGÍA Y MEDIOS**

En este proceso se realizó un estudio investigativo con el cual se analiza el cambio de un sistema de riego tradicional a un diseño de un sistema fotovoltaico solar en el cual se está utilizando energía solar no contaminante este estudio se lo realiza con los siguientes puntos que se detallan a continuación:

- Realizar los cálculos de la demanda para poder determinar la capacidad de la carga en la electrobomba para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Uso del programa PVSyst versión 6.8, que nos ayuda a simular el estudio de la radiación solar, el cálculo de la demanda para verificar la viabilidad del proyecto y que se acerque a lo que está necesitando.
- Diseño del plano eléctrico en el sistema de riego fotovoltaico para el terreno.

#### **3.2 ANÁLISIS COMPARATIVO.**

Actualmente donde se realiza el análisis y estudio posee un sistema de riego por aspersores que está conformada por una generador de combustible de 3Hp la cual alimenta un sistema de riego, pero el método que se utiliza al momento de hacer el riego en la finca no hay un control adecuado el cual indique el momento en el cual se debe apagar el generador y esto ocasiona problemas ya que se gastaba más combustibles, y se llenaba de agua más de lo normal y esto ocasionaba un problema para el propietario ya que perdía parte de su ganancias el cual se ahoga por el exceso de agua.

El tiempo de cultivo del cacao es de dos veces al año, cada 6 meses periodo que requiere un riego paulatino aproximadamente se pierde un 8% en de producto por el mal manejo de riego.

Al realiza este estudio fotovoltaico se da una manera más factible para alimentar el sistema de riego de una manera más limpia y controlada lo cual le permitirá al propietario perder la menor cantidad posible de cosecha y de esta manera evitamos utilizar la gasolina como combustible principal de energía, el cual se ahorra 2 Gl al día de combustible. Lo cual para el análisis del sistema de riego fotovoltaico se realizarán los siguientes puntos:

- Realizar los cálculos de la demanda para poder determinar la capacidad de la carga en la electrobomba para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Uso del programa PVSyst versión 6.8, que nos ayuda a simular el estudio de la radiación solar, el cálculo de la demanda para verificar la viabilidad del proyecto y que se acerque más a lo que necesitamos.

- Diseño del plano eléctrico en el sistema de riego fotovoltaico para el terreno.

### 3.3 ILUSTRACIONES DEL TERRENO



Ilustración 15. Proceso de crecimiento del cacao.



Ilustración 16. Lugar donde se realizó el análisis.

### 3.4 SITUACIÓN DEL TERRENO.

El terreno actualmente cuenta con un sembrío de cacao, el mismo que a través de un generador de combustible de 5 hp, alimenta con energía eléctrica el sistema de riego del terreno.

### 3.5 ANÁLISIS DE CARGA.

Mediante el estudio de la carga y su análisis también se ayuda y se contribuye con el llenado necesario del sistema, por lo que se dio prioridad a la carga principal del terreno.

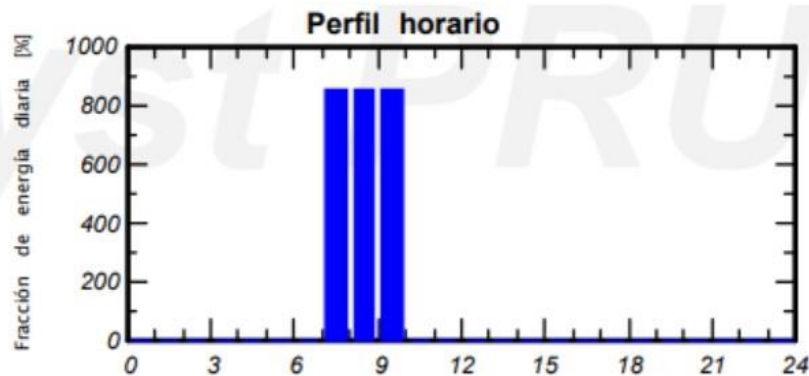


Tabla 1. Potencia consumida por día.

La siguiente **tabla 1**, nos permite ver la potencia que consume el sistema que es empleada durante una fracción del tiempo que es necesario por día, para el correcto riego de los cultivos que se están empleando.

### 3.6 RADIACIÓN SOLAR EN EL LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN.

Como podemos apreciar en la siguiente tabla nos muestra el valor al que tiende la radiación solar y podemos visualizar los valores de irradiación horizontal.

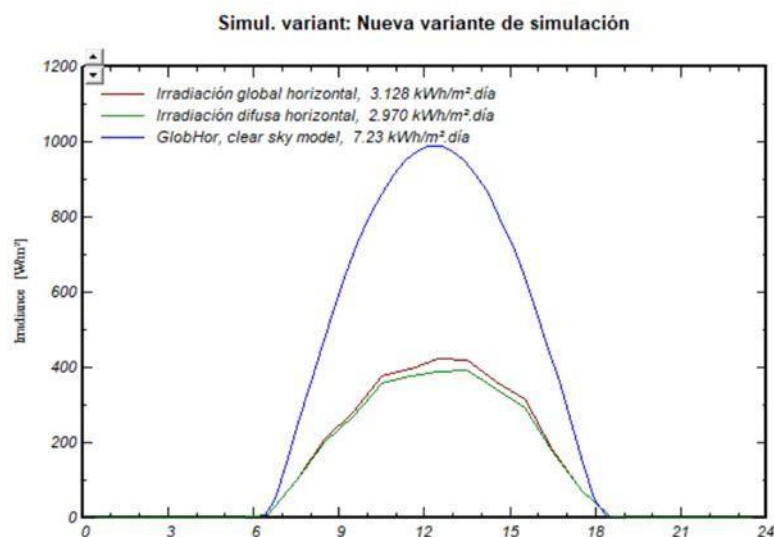


Tabla 2. Redición solar pico.

Para obtener la hora solar pico utilizamos la siguiente formula:

$$HSP = \frac{G}{1000W/m^2}$$

Ecuación 1. Hora solar pico.

$$HSP = \frac{3140Wh/m^2}{1000W/m^2}$$

$$HSP = 3,14 h$$

### 3.7 NECESIDADES DEL SISTEMA.

En primer lugar, se comienza a detallar los elementos que tienen prioridad en el dimensionamiento del sistema fotovoltaico:

- La principal necesidad es la alimentación de la bomba del sistema de riego, la misma que brinda el agua a todo el sembrío.
- El uso de dispositivos de iluminación en el sembrío.

### 3.8 CÁLCULO DE LA DEMANDA DEL SISTEMA.

#### 3.8.1 CÁLCULO DE LA POTENCIA ABSORBIDA POR LA BOMBA.

Con la siguiente ecuación se realiza el cálculo de la bomba que necesita el sistema fotovoltaico el cual satisface las necesidades del terreno.

Parámetros	Valor	Unidad
$P_{ab}$	430	Vatios
$Q_{min}$	1,356	Metros <sup>3</sup> /hora
$H_m$	70	Metros
$\eta$	0,6	Rendimiento esperado
$\gamma$	0,9982	Kgf/dm <sup>3</sup>

Tabla 3. Cálculo de la potencia de la bomba.

$$P_{ab} = \frac{Q * H_m * Y}{367 * \eta}$$

Ecuación 2. Cálculo de la potencia de la bomba.

Donde:

- $P_{ab} = \text{Potencia Absorbida (KW)}$
- $Q = \text{Caudal } (\frac{m^3}{h})$
- $Hm = \text{Altura manometrica (m)}$
- $\eta = \text{Rendimiento esperado}$
- $Y = \text{Peso especifico del agua}$

$$P_{ab} = \frac{2712 * 70 * 0,9982}{367 * 0,6}$$

$$P_{ab} = 0,860 \text{ Kw}$$

$$P_{ab} = 860 \text{ W}$$

### 3.8.2 CÁLCULO DE LA DEMANDA DE LA ENERGÍA.

En la siguiente tabla tenemos los datos de los vatios horas el cual consumirá el sistema fotovoltaico.

Parámetros	Valor	Unidad
$E_{ac}$	3112,5	Vatios Hora
$F_s$	1.25	Adimensional
$P_n$	830	Vatios
$h$	3	Horas

Tabla 4. Cálculo de la demanda.

$$E_{ac} = F_s * P_n * h$$

Ecuación 3. Cálculo de la demanda de la energía.

Donde:

- $E_{ac} = \text{Energia consumida (Wh)}$
- $F_s = \text{Factor de seguridad}$
- $P_n = \text{Potencia Nominal (W)}$

- $h =$  Numero de horas funcionamiento de la carga

$$E_{ac} = (1.25) * (830) * (3)$$

$$E_{ac} = 3112,5 Wh$$

### 3.8.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

$$P_{GF} = \frac{Dr * 1,30}{HSP * PR}$$

Ecuación 4. Cálculo del Generador Fotovoltaico.

Donde:

- $P_{Gf} =$  La potencia que generara los panes solares.
- $Dr =$  Demanda energia media diaria.
- $PR =$  El factor de funcionamiento global que es 0,9

$$P_{Gf} = \frac{3112,5 * 1,30}{3,14 * 0,9}$$

$$P_{Gf} = 1431,79(WP)$$

### 3.8.4 SELECCIÓN OPTIMA DEL PANEL SOLAR

Se analizo algunos tipos de paneles solares.

El primer panel que se analizó fue un Tiger Pro-72 HC contiene las siguientes características:

- |  |        |
|--|--------|
| ➤ Su Corriente el cual alcanza en el punto Pmax-IMPP (A) | 10.65A |
| ➤ La Tensión que tiene en circuito abierto-VOC (V)       | 46.84V |
| ➤ Su Corriente cuando está en cortocircuito-ISC (A)      | 11.33A |
| ➤ La Eficiencia del módulo (%)                           | 17.11% |
| ➤ Potencia Máxima (Pmax)                                 | 409Wp  |

El segundo panel que se analizo fue un Jinko Solar Tiger Pro JKM405M-54HL4 contiene las siguientes características:

- |                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| ➤ Potencia Máxima (Pmax)            | 405Wp  |
| ➤ Voltaje Máximo (Vmp)              | 30.52V |
| ➤ Corriente Máxima (Imp)            | 13.27A |
| ➤ Tensión en circuito abierto (Voc) | 37.06V |

El tercer y último panel solar que se analizó fue un Zimpertec SP200-36P polycrystalline contiene las siguientes características:

- Potencia Máxima (Pmax) 200 Wp
- Voltaje Máximo (Vmp) 20.10V
- Corriente Máxima (Imp) 10.92A
- Tensión en circuito abierto (Voc) 22.31V

Ítem	Modulo FV	WP	Cantidad	Precio Unit	Precio TT
1	<b>Tiger Pro 72HC</b>	<b>409Wp</b>	<b>4</b>	<b>\$284,36</b>	<b>\$993,4</b>
2	Jinko Solar Tiger Pro JKM405M- 54HL4	405Wp	4	\$340	\$1002
3	Zimpertec SP200-36P, polycrystalline	200 Wp	7	\$141.3	\$993.3

**Tabla 5. Tabla de cotización.**

De acuerdo con los análisis de los distintos paneles presentados en la tabla y a sus diferentes características se recomienda el uso del panel solar Tiger Pro 72HC ya que sus características ayudan al que sistema se mas optimo y estable.

### **3.8.5 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS**

Con la siguiente ecuación se procede a realizar el cálculo de la batería que se va a emplear, tomando en cuenta datos como la energía total requerida, el voltaje del sistema, el número de días y la descarga máxima.

$$C_n = \frac{E_T * N}{P_d * V_{sis}}$$

**Ecuación 5. Cálculo de la batería.**



Donde:

- $C_n = \text{Capacidad nominal (Wh)}$
- $N = \text{Numero de dias de autonomia (dias)}$
- $E_T = \text{Energía total requerida (Wh)}$
- $P_d = \text{Descarga máxima}$
- $V_{sis} = \text{Voltaje del Sistema (V)}$

$$C_n = \frac{3112,5W * 3dias}{24 * 90\% * 1}$$

$$C_n = 432,29(\text{Ah})$$

### 3.8.6 CÁLCULO DEL NÚMERO DE BATERÍAS NECESARIAS PARA EL SISTEMA

Con la siguiente ecuación se procede a realizar el cálculo del número de las baterías que se va a emplear, tomando en cuenta datos como la capacidad nominal y la capacidad real de la batería.

$$N_{Bat} = \frac{C}{C_{rBAT}}$$

**Ecuación 6. Cálculo de número de batería.**

Donde:

- $C = \text{Capacidad nominal de la batería}$
- $C_{rBAT} = \text{Capacidad Real de la batería}$

$$N_{Bat} = \frac{24}{12}$$

$$N_{Bat} = 2$$

### 3.8.7 CÁLCULO DEL INVERSOR.

Con la siguiente ecuación se procede a realizar el cálculo del inversor que se va a emplear, tomando en cuenta datos como la Potencia Pico y la Potencia Total

$$P_p = 1.2 * P_t$$

**Ecuación 7. Cálculo del inversor.**

Donde:

- $1.2 = \text{Potencia Pico}$
- $P_t = \text{Potencia Total}$

$$P_p = 1.2 * 860$$

$$P_p = 1032 \text{ Wp}$$

### 3.8.8 DIMENSIONAMIENTO DEL CONDUCTOR.

Para calcular el dimensionamiento del conductor utilizamos la ley de ohm la cual nos dice que es la potencia sobre el voltaje del sistema, la potencia del sistema de acuerdo con los resultados que se han dado es de 860W y el voltaje del sistema es 12 V.

$$I = \frac{P}{V}$$

**Ecuación 8. Cálculo del conductor.**

Donde:

- $I = \text{Corriente del conductor}$
- $P = \text{Potencia del inversor}$
- $V = \text{Voltaje del sistema}$

$$I = \frac{860w}{12v}$$

$$I = 70 \text{ A}$$

<b>TABLA DE AMPACIDAD PARA CABLE DE COBRE Y ALUMINIO (AWG/ MCM)</b>						
AMPACIDAD DE THW, THHN- THWN,XHHW A UNA TEMPERATURA DE 75 C.			NÚMERO MÁXIMO DE 3 ALAMBRES EN UNA TUBERÍA METÁLICA		CAÍDA DE VOLTAJE POR CADA 100 PIES DE CABLE DE COBRE A UN 80% P.F	
			DIÁMETRO DE LA TUBERÍA METÁLICA			
CALIBRE DEL CABLE (AWG/MCM)	COBRE	ALUMINIO	THW (PULGADAS)	THHN- THWN,XHHW (PULGADAS)	CIRCUITO MONOFÁSICO (VOLTS/AMP)	CIRCUITO TRIFÁSICO (VOLTS/AMP)
14 AWG	20 A	-	1/2	1/2	0.4762	0.4167
12 AWG	25 A	20 A	1/2	1/2	0.3125	0.2632
10 AWG	35 A	30 A	1/2	1/2	0.1961	0.1677
8 AWG	50 A	40 A	3/4	1/2	0.1250	0.1087
6 AWG	65 A	50 A	1	3/4	0.0833	0.0714
4 AWG	85 A	65 A	1	1	0.0538	0.0463
2 AWG	115 A	90 A	1 1/4	1	0.0370	0.0323
1/0 AWG	150 A	120 A	1 1/2	1 1/4	0.0269	0.0231
2/0 AWG	175 A	135 A	1 1/2	1 1/2	0.0222	0.0196
3/0 AWG	200 A	155 A	2	1 1/2	0.0190	0.0163
4/0 AWG	230 A	180 A	2	2	0.0161	0.0139
250 MCM	255 A	205 A	2 1/2	2	0.0147	0.0128
300 MCM	285 A	230 A	2 1/2	2	0.0131	0.0114
350 MCM	310 A	250 A	2 1/2	2 1/2	0.0121	0.0106
400 MCM	335 A	270 A	3	2 1/2	0.0115	0.0091
500 MCM	380 A	310 A	3	3	0.0101	0.0088
600 MCM	420 A	340 A	3	3	0.0094	0.0082
700 MCM	460 A	375 A	3 1/2	3	0.0089	0.0077

Tabla 6. Calibre del conductor.

De acuerdo con las características que tenemos en la tabla, se elige el cable AWG 4 ya que este cumple con las condiciones en este caso el amperaje que nos da el sistema es de 70 A y el cable AWG 4 soporta un amperaje de 85 A esto ayuda al que el sistema tenga un adecuado funcionamiento.

### 3.8.9 DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

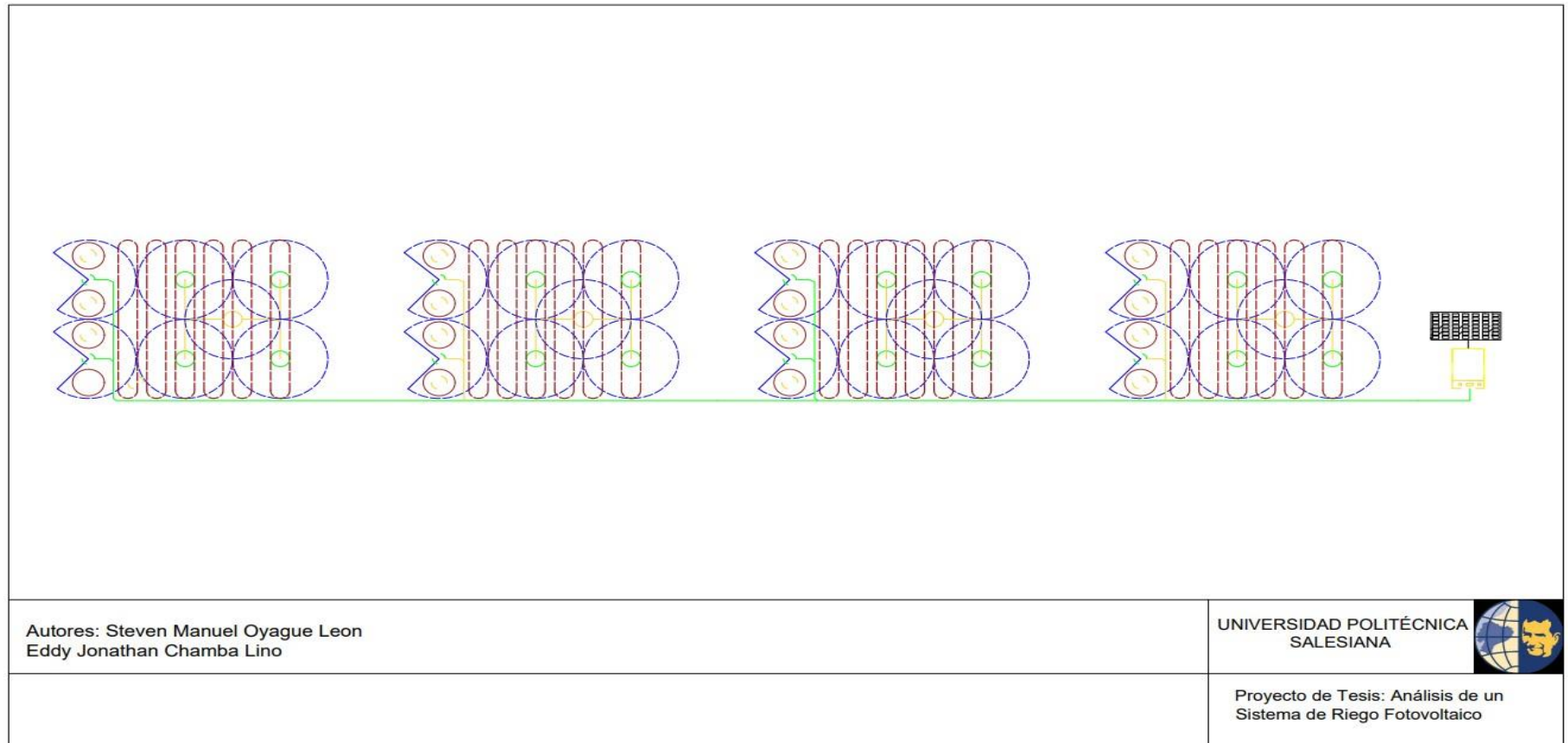


Ilustración 17. Diseño del Sistema Hidráulico.

### 3.8.10 PLANOS DEL PANEL Y DEL SOPORTE.

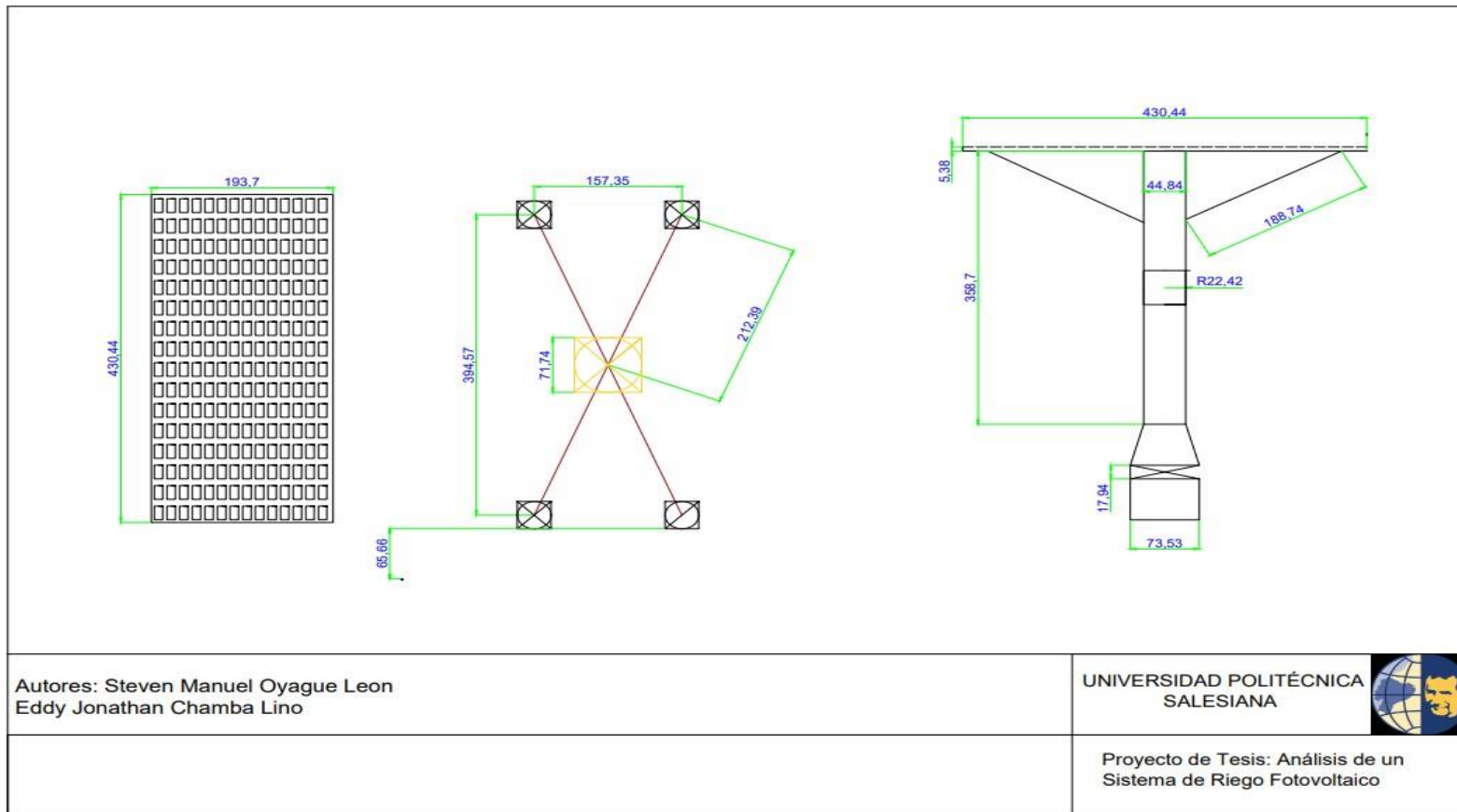


Ilustración 18. Planos del Panel y del soporte.

### 3.8.11 DISEÑO DEL PANEL DEL CONTROL.

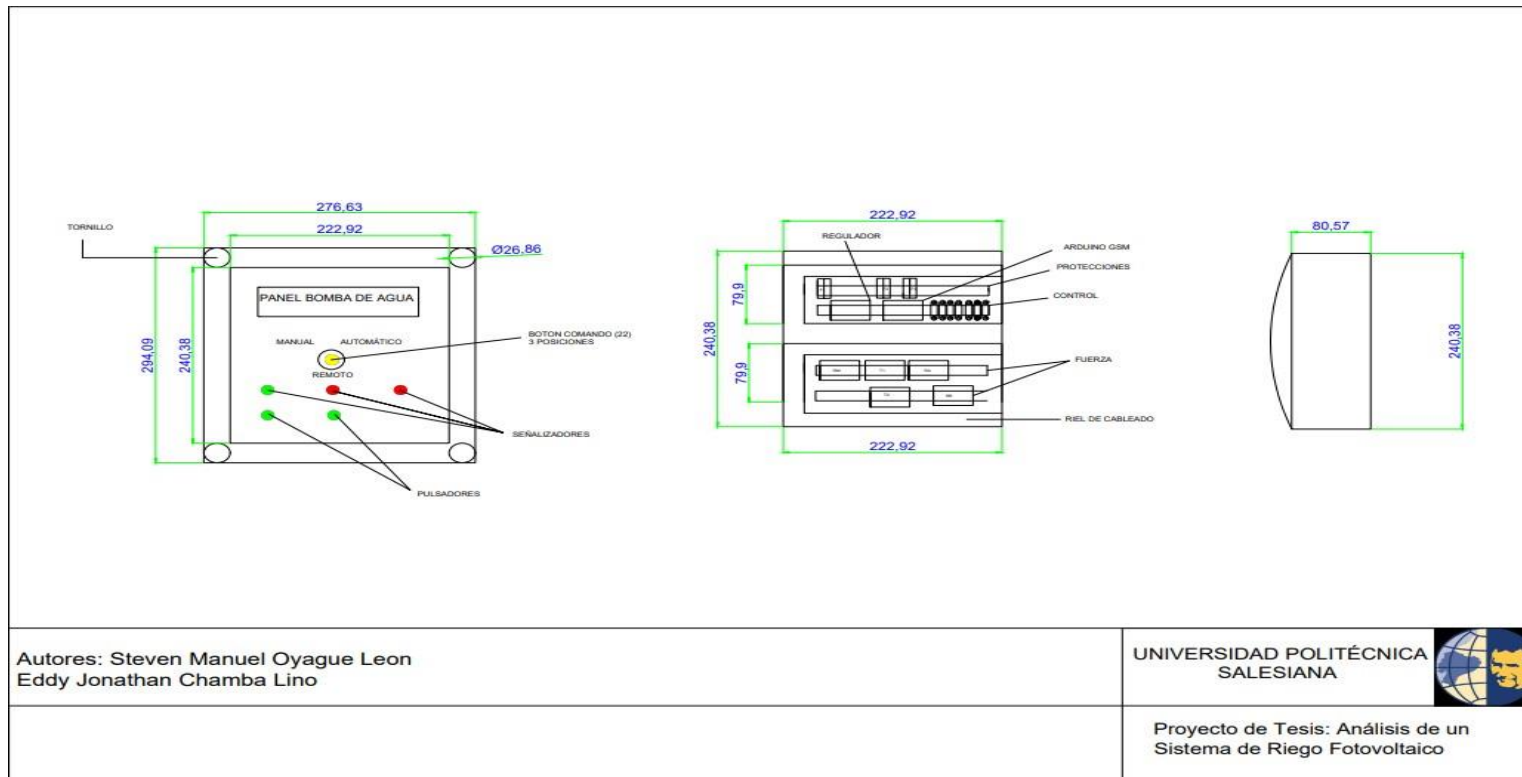
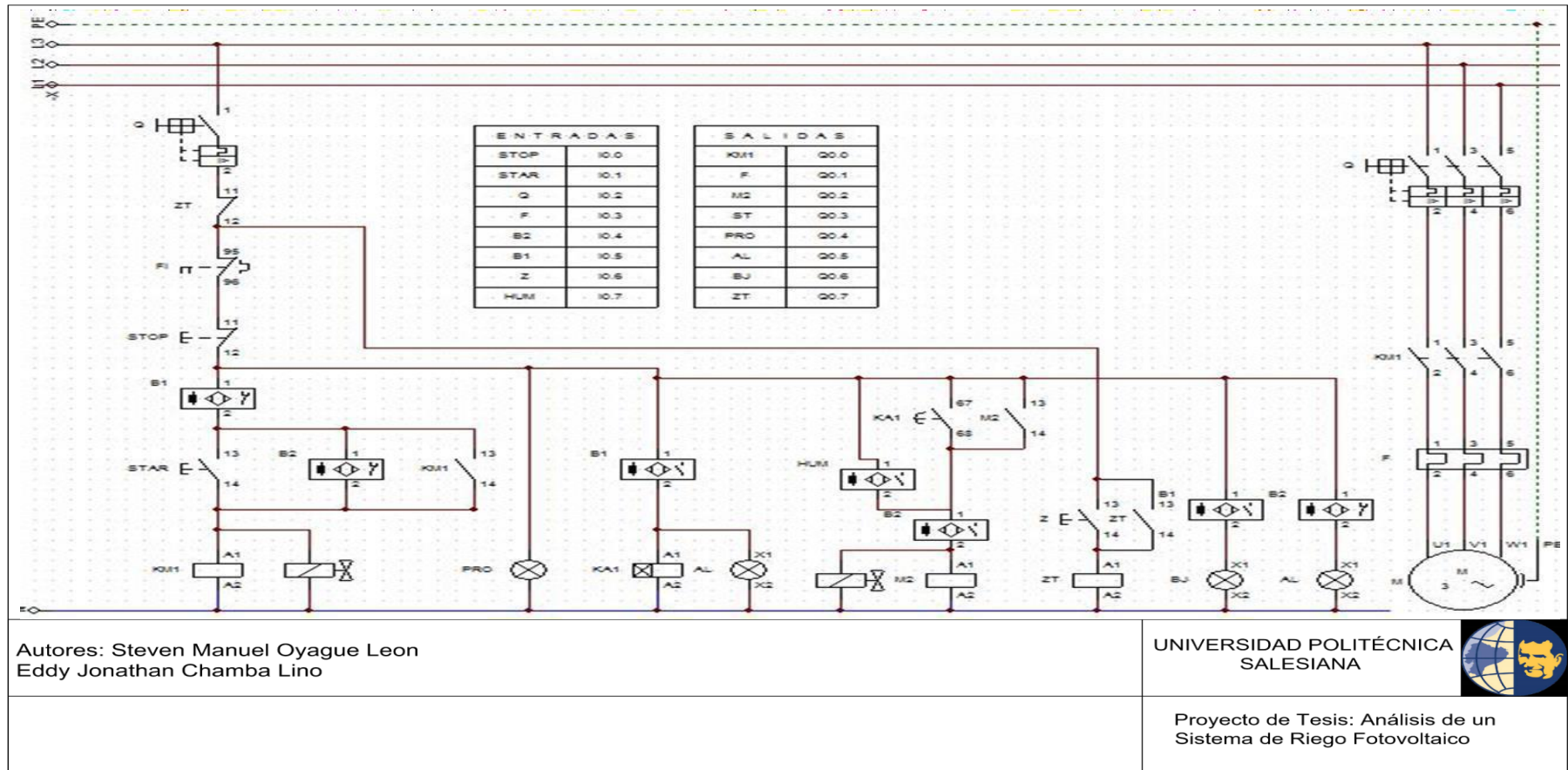


Ilustración 19. Diseño del panel del control.

### 3.8.12 DISEÑO DEL DIAGRAMA ELÉCTRICO EN EL PROGRAMA CADE SIMU.



Autores: Steven Manuel Oyague Leon  
Eddy Jonathan Chamba Lino

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA



Proyecto de Tesis: Análisis de un  
Sistema de Riego Fotovoltaico

Ilustración 20. Diseño del diagrama eléctrico.

### 3.8.13 DISEÑO FOTOVOLTAICO DEL SISTEMA DE RIEGO.

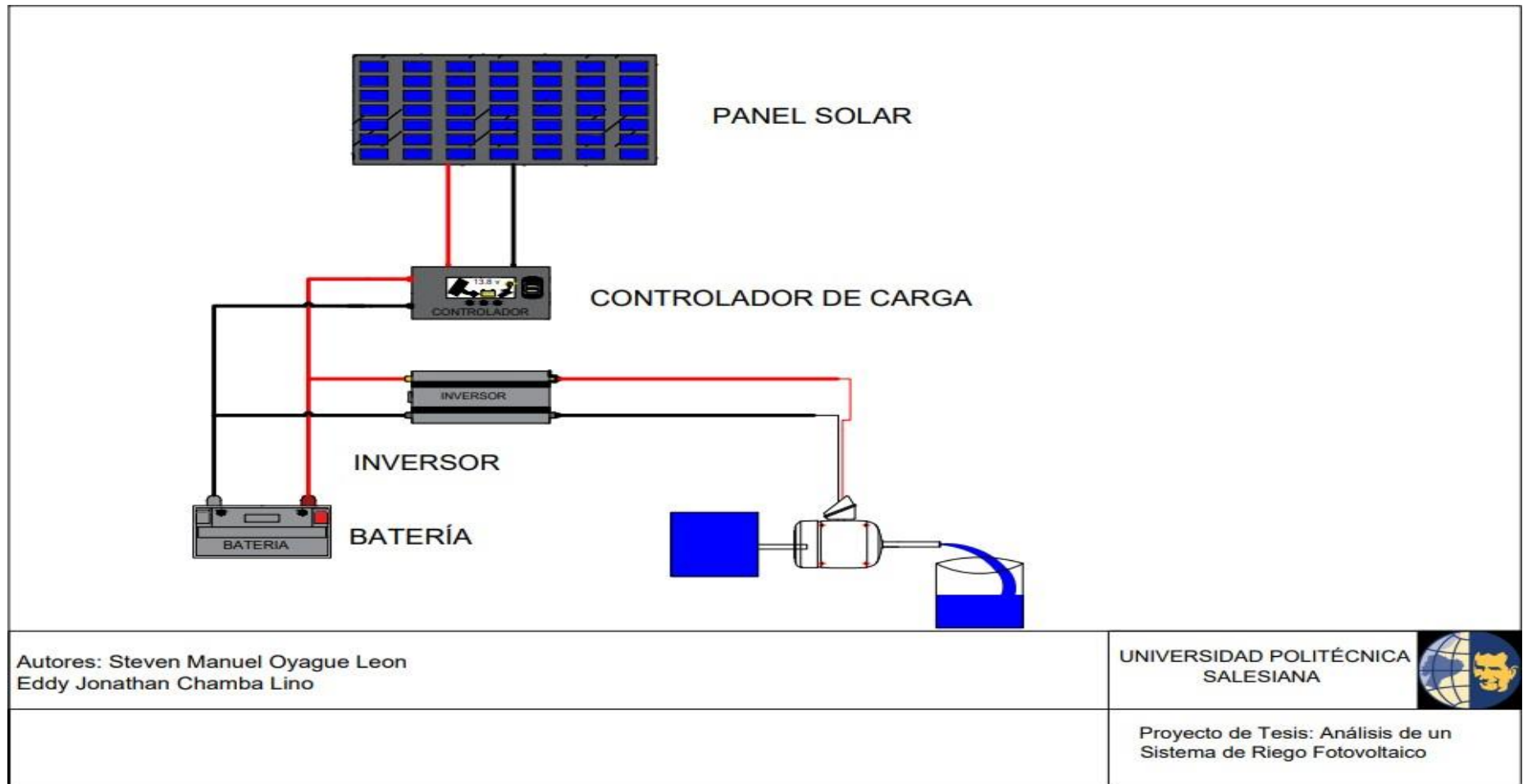


Ilustración 21. Diseño Fotovoltaico.



### 3.9 SIMULACIÓN EN EL PROGRAMA PVSYS 6.8

#### 3.9.1 HOJA DE CARACTERÍSTICAS DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

PVSYS V6.88		21/08/22	Página 1/5
<b>Sistema aislado: Parámetros de la simulación</b>			
<b>Proyecto :</b> Sistema_de_Riego_Fotovoltaico			
<b>Sitio geográfico</b>	<b>Achiote</b>	<b>País</b>	<b>Ecuador</b>
<b>Ubicación</b>	<i>Latitud</i> -1.19° S	<i>Longitud</i>	-79.54° W
<i>Tiempo definido como</i>	<i>Hora Legal</i> Huso horario UT-5	<i>Altitud</i>	48 m
	<i>Albedo</i> 0.20		
<b>Datos meteorológicos:</b>	<b>Achiote</b>	Meteonorm 7.2, Sat=100% - Sintético	
<b>Variante de simulación :</b> Nueva variante de simulación			
	<i>Fecha de simulación</i>	21/08/22 10h55	
<b>Parámetros de la simulación</b>	<i>Tipo de sistema</i>	<b>Sistema aislado con baterías</b>	
<b>Orientación plano captador</b>	<i>Inclinación</i>	15°	<i>Acimut</i> 0°
<b>Modelos empleados</b>	<i>Transposición</i>	Perez	<i>Difuso</i> Perez, Meteonorm
<b>Necesidades del usuario :</b>	<i>Cons. Doméstica media</i>	Constante durante el año 2.6 kWh/Día	
<b>Características del conjunto FV</b>			
<b>Módulo FV</b>	<i>Si-poly</i>	<i>Modelo</i>	<b>alfasolar 45 P</b>
<i>Base de datos Pvsyst original</i>		<i>Fabricante</i>	AlfaSolar
<i>Número de módulos FV</i>		<i>En serie</i>	2 módulos
<i>Núm. total de módulos FV</i>		<i>Núm. módulos</i>	18
<i>Potencia global del conjunto</i>		<i>Nominal (STC)</i>	<b>810 Wp</b>
<i>Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)</i>		<i>U mpp</i>	29 V
<i>Superficie total</i>		<i>Superficie módulos</i>	<b>7.7 m<sup>2</sup></b>
		<i>En paralelo</i>	9 cadenas
		<i>Pnom unitaria</i>	45 Wp
		<i>En cond. de funciona.</i>	754 Wp (50°C)
		<i>I mpp</i>	26 A
<b>Parámetros del sistema</b>			
	<i>Tipo de sistema</i>	<b>Sistema aislado</b>	
<b>Batería</b>	<i>Modelo</i>	<b>Solar PV 8G31DT</b>	
	<i>Fabricante</i>	Deka	
<i>Características del paquete de baterías</i>	<i>Núm. de unidades</i>	2 en serie x 6 en paralelo	
	<i>Voltaje</i>	24 V	<i>Capacidad nominal</i> 540 Ah
	<i>Descarga: mín. SOC</i>	20.0 %	<i>Energía almacenada</i> 10.4 kWh
	<i>Temperatura</i>	Fijada (20°C)	
<b>Regulador</b>	<i>Modelo</i>	Universal controller with MPPT converter	
	<i>Tecnología</i>	MPPT converter	<i>Coef. temp.</i> -5.0 mV/°C/elem.
<i>Convertidor</i>	<i>Eficiencias Máx. y EURO</i>	97.0 / 95.0 %	
<i>Umbral de Regulación Batería</i>	<i>Umbral de mando según</i>	SOC calculation	
	<i>Carga</i>	SOC = 0.90 / 0.75	<i>i.e. approx.</i> 26.2 / 24.8 V
	<i>Descarga</i>	SOC = 0.20 / 0.45	<i>i.e. approx.</i> 23.2 / 24.1 V
<b>Factores de pérdida del conjunto FV</b>			
<i>Factor de pérdidas térmicas</i>	<i>Uc (const)</i>	20.0 W/m <sup>2</sup> K	<i>Uv (viento)</i> 0.0 W/m <sup>2</sup> K / m/s
<i>Pérdida óhmica en el Cableado</i>	<i>Res. global conjunto</i>	19 mOhm	<i>Fracción de pérdidas</i> 1.5 % en STC
<i>Pérdida Diodos en Serie</i>	<i>Caída de voltaje</i>	0.7 V	<i>Fracción de pérdidas</i> 2.2 % en STC
<i>Pérdida Calidad Módulo</i>			<i>Fracción de pérdidas</i> 5.0 %
<i>Pérdidas de "desajuste" Módulos</i>			<i>Fracción de pérdidas</i> 1.0 % en MPP
<i>Pérdidas de "desajuste" cadenas</i>			<i>Fracción de pérdidas</i> 0.10 %
<i>Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE</i>	<i>IAM =</i>	1 - bo (1/cos i - 1)	<i>Parám. bo</i> 0.05

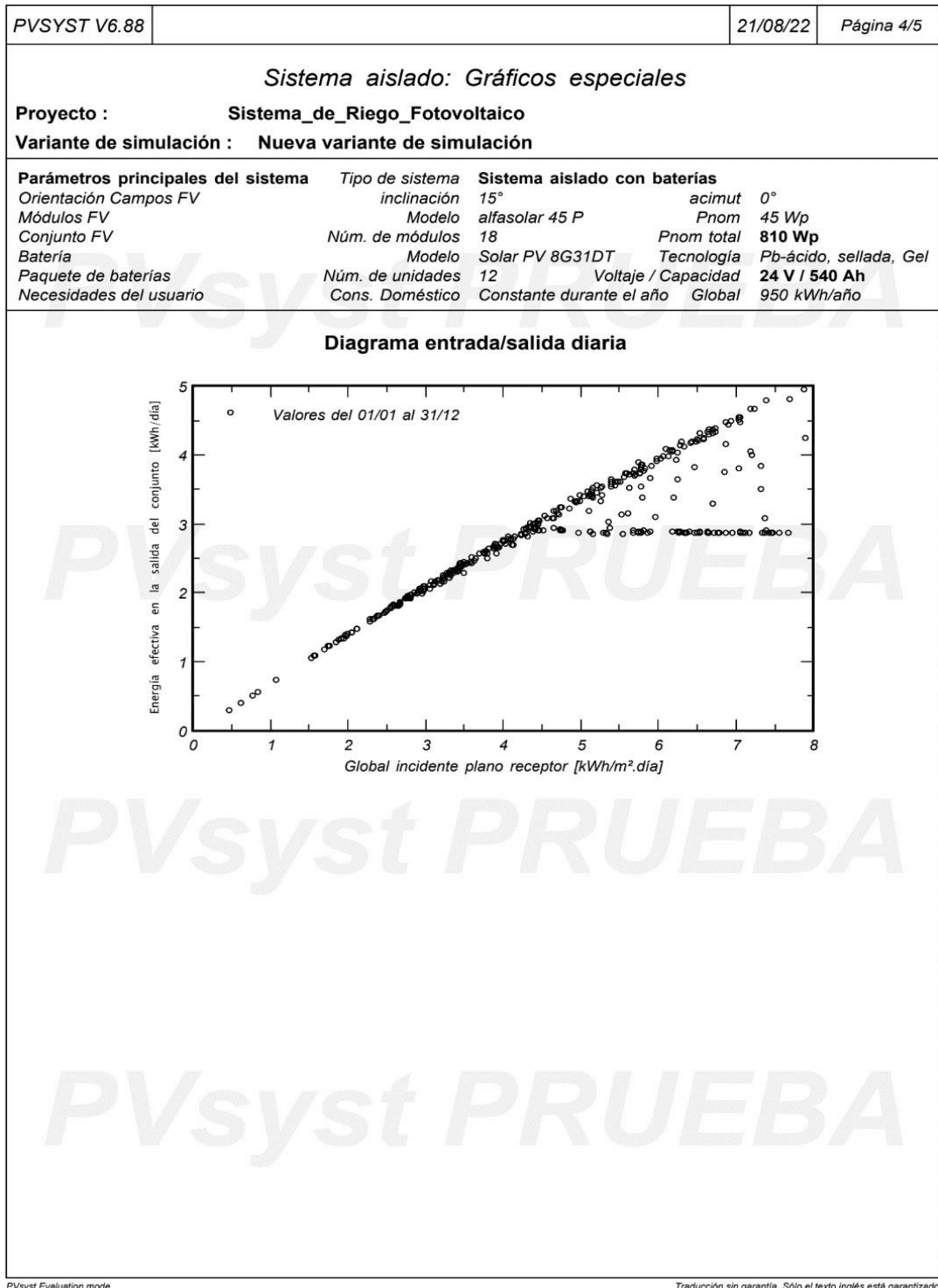
### 3.9.2 HOJA DE SIMULACIÓN DE LA ENERGÍA QUE ENTREGARA EL SFV.

PVSYST V6.88		21/08/22	Página 2/5	
<b>Sistema aislado: Necesidades detalladas del usuario</b>				
<b>Proyecto :</b>		<b>Sistema_de_Riego_Fotovoltaico</b>		
<b>Variante de simulación :</b>		<b>Nueva variante de simulación</b>		
<b>Parámetros principales del sistema</b>	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Sistema aislado con baterías</b>		
<i>Orientación Campos FV</i>	<i>inclinación</i>	15°	<i>acimut</i> 0°	
<i>Módulos FV</i>	<i>Modelo</i>	alfasolar 45 P	<i>Pnom</i> 45 Wp	
<i>Conjunto FV</i>	<i>Núm. de módulos</i>	18	<i>Pnom total</i> <b>810 Wp</b>	
<i>Batería</i>	<i>Modelo</i>	Solar PV 8G31DT	<i>Tecnología</i> Pb-ácido, sellada, Gel	
<i>Paquete de baterías</i>	<i>Núm. de unidades</i>	12	<i>Voltaje / Capacidad</i> <b>24 V / 540 Ah</b>	
<i>Necesidades del usuario</i>	<i>Cons. Doméstico</i>	Constante durante el año	<i>Global</i> 950 kWh/año	
<b>Cons. Doméstico, Constante durante el año, media = 2.6 kWh/día</b>				
<b>Valores anuales</b>				
	Número	Potencia	Utilización	Energía
Bomba de agua	1	860 W total	3 h/día	2580 Wh/día
Consumidores en espera			24 h/día	24 Wh/día
Energía total diaria				2604 Wh/día
<b>Perfil horario</b>				

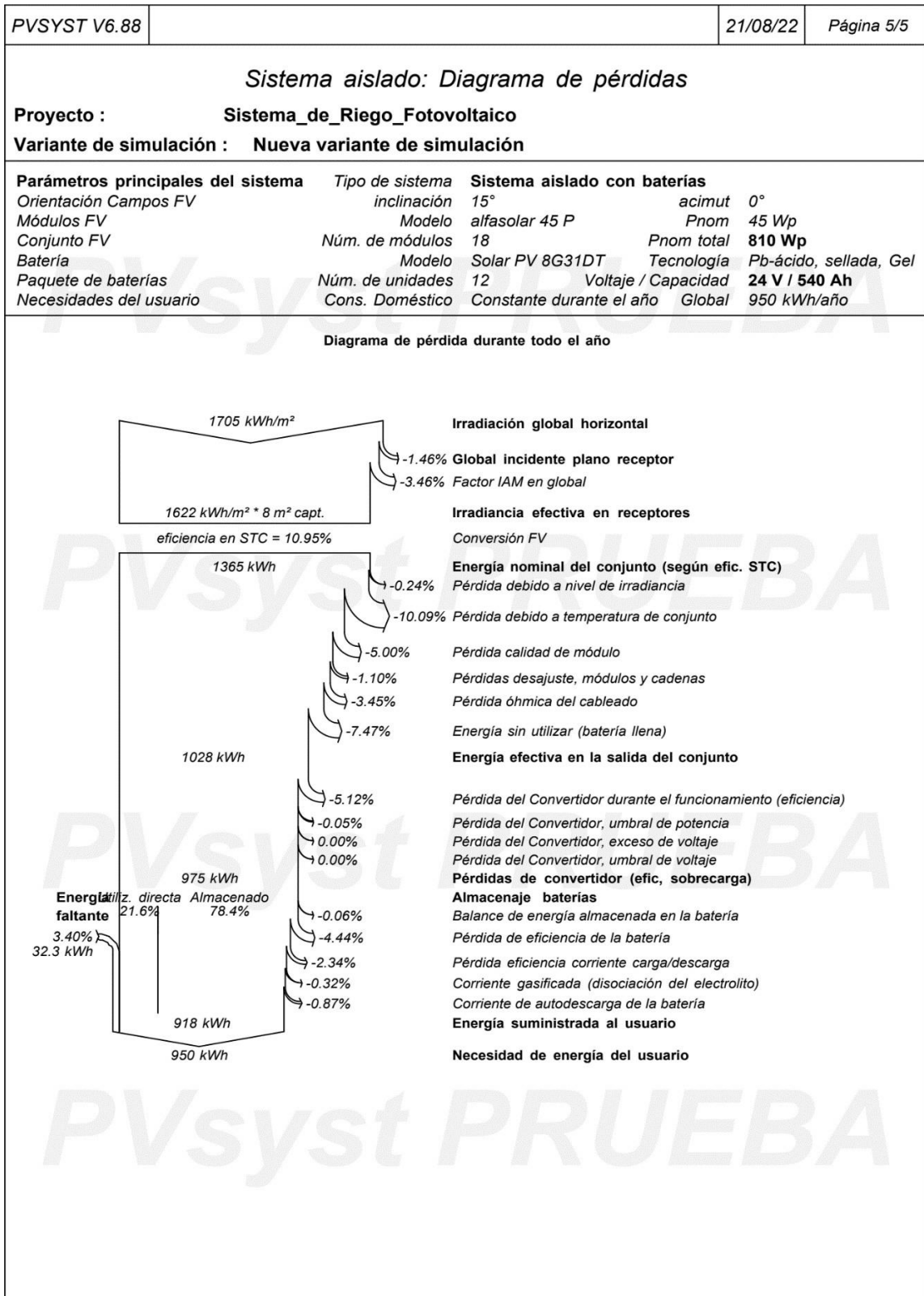
### 3.9.3 HOJA DE LOS PARÁMETROS PRINCIPALES DEL SISTEMA CON BATERÍAS.

PVSYST V6.88		21/08/22	Página 3/5					
<b>Sistema aislado: Resultados principales</b>								
<b>Proyecto :</b>		<b>Sistema_de_Riego_Fotovoltaico</b>						
<b>Variante de simulación :</b>		<b>Nueva variante de simulación</b>						
<b>Parámetros principales del sistema</b>	<b>Tipo de sistema</b>	<b>Sistema aislado con baterías</b>						
Orientación Campos FV	inclinación	15°	acimut 0°					
Módulos FV	Modelo	alfasolar 45 P	Pnom 45 Wp					
Conjunto FV	Núm. de módulos	18	Pnom total <b>810 Wp</b>					
Batería	Modelo	Solar PV 8G31DT	Tecnología Pb-ácido, sellada, Gel					
Paquete de baterías	Núm. de unidades	12	Voltaje / Capacidad <b>24 V / 540 Ah</b>					
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global 950 kWh/año					
<b>Resultados principales de la simulación</b>								
Producción del sistema	<b>Energía disponible</b>	<b>1058 kWh/año</b>	Produc. específica 1306 kWh/kWp/año					
	Energía utilizada	918 kWh/año	Excedente (inutilizado) 83 kWh/año					
	Índice de rendimiento (PR)	67.46 %	Fracción solar (SF) 96.60 %					
Pérdida de carga	Fracción de tiempo	3.3 %	Energía faltante 32 kWh/año					
Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste (EOD))	EDD	84.8%	EDD estático 92.9%					
	Duración de vida de la batería	6.6 años						
<b>Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 810 Wp</b>								
<p>Lu : Energía no utilizada (batería llena) 0.28 kWh/kWp/día Lc : Pérdida colectada (conjunto FV) 0.85 kWh/kWp/día Ls : Pérdidas sistema y carga de batería 0.37 kWh/kWp/día Yf : Energía suministrada al usuario 3.11 kWh/kWp/día</p>		<p>PR : Índice de rendimiento (Yf/Yr) : 0.675 SF : Fracción solar (ESol/ECarga) : 0.966</p>						
<b>Nueva variante de simulación</b>								
<b>Balances y resultados principales</b>								
	<b>GlobHor</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>GlobEff</b> kWh/m <sup>2</sup>	<b>E_Avail</b> kWh	<b>EUnused</b> kWh	<b>E_Miss</b> kWh	<b>E_User</b> kWh	<b>E_Load</b> kWh	<b>SolFrac</b>
<b>Enero</b>	141.1	122.5	80.0	0.00	8.26	72.46	80.73	0.898
<b>Febrero</b>	147.4	132.3	86.0	7.43	0.00	72.91	72.91	1.000
<b>Marzo</b>	174.9	165.4	107.1	20.64	0.00	80.73	80.73	1.000
<b>Abril</b>	153.0	152.2	98.4	17.30	0.00	78.12	78.12	1.000
<b>Mayo</b>	147.2	152.1	99.1	11.90	0.00	80.73	80.73	1.000
<b>Junio</b>	130.9	136.9	90.6	8.11	0.00	78.12	78.12	1.000
<b>Julio</b>	119.8	122.5	79.9	0.88	6.30	74.42	80.73	0.922
<b>Agosto</b>	133.1	132.8	87.7	6.00	0.00	80.73	80.73	1.000
<b>Septiembre</b>	146.5	141.3	91.9	8.96	0.00	78.12	78.12	1.000
<b>Octubre</b>	142.5	130.7	84.7	1.77	0.00	80.73	80.73	1.000
<b>Noviembre</b>	126.5	111.1	72.2	0.00	11.68	66.44	78.12	0.851
<b>Diciembre</b>	142.5	122.4	79.9	0.00	6.03	74.69	80.73	0.925
<b>Año</b>	1705.4	1622.3	1057.5	82.99	32.27	918.19	950.46	0.966
Leyendas: GlobHor		Irradiación global horizontal		E_Miss		Energía faltante		
GlobEff		Global efectivo, corr. para IAM y sombreados		E_User		Energía suministrada al usuario		
E_Avail		Energía solar disponible		E_Load		Necesidad de energía del usuario		
EUnused		Energía sin utilizar (batería llena)		SolFrac		Fracción solar (Eutilizada/Enecesitada)		

### 3.9.4 HOJA DE DIAGRAMA DE ENTRADA Y SALIDAS DEL SISTEMA.



### 3.9.5 HOJA DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN EL AÑO.



### 3.10 MATERIALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.

Para el proyecto los materiales a utilizar se presentan a continuación mediante esta tabla, los mismos que son destinados para la instalación del sistema fotovoltaico.

No.	Materiales	Cantidad
1	Toma Corriente	2
2	Cable #4	1-100m
3	Cable concéntrico	1-30m
4	Tubos-1/2pulg	4
5	Cajas rectangulares	2
6	Cinta Aislante	2
7	Interruptor	2
8	Caja de breaker	1
9	Breaker	2
10	Base para el panel solar	1
11	Base para inversor y batería	1
12	Enchufe	1
13	Tornillos	100
14	Amarras	50
15	Clavos	50
16	Cemento	1
17	Barrilla	2
18	Alambre	1-100m
19	Foco	1
20	Boquilla	1
21	Panel Solar Tiger Pro 72HC	4
22	Electrobomba	1
23	Relé Eléctrico	10
24	Temporizador	2
25	Batería	2
26	Terminales de conexión para batería	2
27	Inversor	1
28	Botón Pulsador	2
29	Armario de Control y Fuerza	1

**Tabla 7. Tabla de Materiales.**

### CONCLUSIONES.

- Se realiza los cálculos los cuales ayudaran a saber los elementos que se van a usar en el sistema de riego fotovoltaico, paneles, baterías, cable y la utilización de cada uno de ellos.
- Se diseño el diagrama de mando el cual iría en el panel del control, tanto como el diseño hidráulico y como estarían ubicados los aspersores y el diseño fotovoltaico de riego.
- Con las simulaciones realizadas se logró observar cómo trabajaría el sistema de una manera eficiente, el funcionamiento en las horas que esta trabajando, los balances principales con la radiación global que existe en el lugar, los Wh/día que consume la electrobomba.
- Este sistema ayudara a que se utilice energías y limpias y no combustibles fósiles se reducirá así contaminación para el mismo cultivo, ya que al momento de utilizar contaminantes tanto como el diésel y la gasolina afectara al sembrío y a los dueños del terreno y con el sistema renovable se evitara estos tipos de problemas y será más factible para el usuario.
- Se realiza el respectivo análisis con la ayuda del programa Pvsyst, y se obtuvieron los resultados deseados ya que, si abastece para todo el terreno que se requiere cubrir, se deja los cálculos de cada elemento a usar, bomba, breaker y contactores.

## REFERENCIAS


- [1] A. Mérida García, R. González Perea, E. Camacho Poyato, P. Montesinos Barrios, and J. A. Rodríguez Díaz, “Comprehensive sizing methodology of smart photovoltaic irrigation systems,” *Agric. Water Manag.*, vol. 229, no. October 2019, p. 105888, 2020, doi: 10.1016/j.agwat.2019.105888.
- [2] H. Ghasemi-Mobtaker, F. Mostashari-Rad, Z. Saber, K. wing Chau, and A. Nabavi-Pelesaraei, “Application of photovoltaic system to modify energy use, environmental damages and cumulative exergy demand of two irrigation systems-A case study: Barley production of Iran,” *Renew. Energy*, vol. 160, pp. 1316–1334, 2020, doi: 10.1016/j.renene.2020.07.047.
- [3] M. V. S. Vivanco, “Diseño para generacion fotovoltaica para un sistema de riego en un terreno de Guayllabamba.” 2019.
- [4] H. Ramos and R. Luna, “Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área De estacionamiento de la Universidad Tecnologica De Salamanca,” *Univ. Technol. Salamanca*, p. 101, 2017, [Online]. Available: [https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/521/1/Tesis Rafael Luna Puente%2C Humberto Ramos López.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/521/1/Tesis%20Rafael%20Luna%20Puente%20Humberto%20Ramos%20López.pdf).
- [5] J. M. Peralta and C. Simpfendörfer, “Riego por Aspersión,” *Fao*, vol. 1, p. 51, 2001, [Online]. Available: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/40180/NR26419.pdf?sequence=1>.
- [6] Ifap, *Manual de Riego para Agricultores. Módulo 3, Riego por Aspersión*. 2010.
- [7] I. A. D. E. Números, “INTRODUCCIÓN a la Electricidad,” no. November, pp. 2–4, 2017, doi: 10.13140/2.1.1072.6722.
- [8] L. León, J. Duarte, F. M.-R. de Investigación, and undefined 2014, “Propuesta didáctica para la enseñanza de circuitos eléctricos básicos,” *dialnet.unirioja.es*, Accessed: Jan. 30, 2021. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6763071>.
- [9] CONELEC, “Atlas solar del ecuador,” *Conelec*, pp. 1–51, 2008, [Online]. Available: [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf).
- [10] Solartronic, “Irradiaciones global, directa y difusa, en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal, en la República Mexicana,” *Irradiaciones Glob. directa*, vol. 52, no. 90, pp. 1–64, 2003, [Online]. Available: <https://aplicaciones.iingen.unam.mx/ConsultasSPII/DetallePublicacion.aspx?id=644>



- [11] M. Alonso, "Master en Energías Renovables y Mercado Energetico," *Ciemat*, vol. 1, no. 1, p. 59, 2011, [Online]. Available: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf).
- [12] T. Días and G. Carmona, "Componentes de una instalación solar fotovoltaica 1," p. 22, 2020, [Online]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.
- [13] Y. Matsumoto, "Caos Conciencia 5: 32-44 CELDAS SOLARES DE SILICIO: FUNDAMENTO Y TENDENCIA," *Div. Ciencias e Ing. Univ. Quintana Roo*, vol. 1954, p. 44, 2011.
- [14] ANOVA, "Baterías Solares," *Hong Kong*, vol. 59, 2016.
- [15] Prosumidores, "Inversores Y Baterías," *Acad. las Renov.*, pp. 1–30, 2018, [Online]. Available: <https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/12/Módulo-4-Inversores-reguladores-baterías.pdf>.
- [16] E. Vilches, "Elementos Electromecánicos," pp. 1–22, 2013, [Online]. Available: [file:///C:/Users/Acer/Downloads/elementos-electromecanicos \(2\).pdf](file:///C:/Users/Acer/Downloads/elementos-electromecanicos%20(2).pdf).
- [17] E. Jimenez and E. García, "Asignación de recursos en una micro-red social con sistemas fotovoltaicos basado en el control de carga," pp. 1–29, 2020, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19441>.
- [18] J. F. Janeth Romero, "Estudio e implementación de un sistema de micro generación solar fotovoltaico para autoconsumo (caso de estudio considerando la regulación Nro. ARCONEL-003/18)," *Univ. CUENCA*, 2019.
- [19] Constitución de la República del Ecuador, "Análisis de la Constitución de la República del Ecuador," *Iusrectusecart*, no. 449, pp. 1–219, 2008, [Online]. Available: <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf> <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf> <http://iusrectusecart.blogspot.com/2015/11/art1-de-la-constitucion-del-ecuador.html>.
- [20] ARCONEL, "Regulación No. ARCONEL - 005/18," *Regulacione electrica*. p. 38, 2018, [Online]. Available: <https://www.regulacione electrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Regulacion-de-Calidad-Suscrita.pdf>.
- [21] C. M. Samsudin, "REVISIÓN CRÍTICA DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA LA GESTIÓN DE LAS REDES ELÉCTRICAS ANTE LA INCORPORACIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA," *Konstr.*

- Pemberitaan Stigma Anti-China pada Kasus Covid-19 di Kompas.com*, vol. 68, no. 1, pp. 1–12, 2020, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2014.07.001><https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2017.12.003><http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.024>.
- [22] C. García Castro, “Simulación de instalaciones fotovoltaicas con pvsyst,” p. 116, 2015, [Online]. Available: [http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/4226/1/TFG Carlos García Castro.pdf](http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/4226/1/TFG%20Carlos%20Garc%C3%ADa%20Castro.pdf).
- [23] V. C. J. Francisco Jose, “Gestion y Ambiente.,” 2013.
- [24] M. Recalde, J. Paez, and K. Zumárraga, *La huella de carbono y la campaña de marketing verde*. 2018.
- [25] R. Martínez Castillo, “Algunos aspectos de la huella ecológica,” *InterSedes Rev. las Sedes Reg.*, vol. VIII, no. 14, pp. 11–25, 2007.

**ANEXOS  
COTIZACIONES Y HOJAS DE DATOS DEL PANEL SOLAR QUE SE  
RECOMIENDA A UTILIZAR.**



VIDA RENOVABLE & SUSTENTABLE

## Cotización

<b>Fecha:</b> 20/08/2022 00:08:39  <b>RENOVAENERGIA S.A.</b> <b>RUC:</b> 1792187567001 Pasaje S. Melo OE1-37 y Av. Galo Plaza Lazo Quito - Ecuador Tlf: (593 2) 2403643 Ext. 101 y 102 Celulares: 0987000710, 0987593688 Email: info@renova-energia.com www.renova-energia.com	<b>Proforma:</b> RNV-OF-UIO-17395-20082022  <b>Cliente:</b> Steven Oyague <b>Ruc:</b> <b>Dirección:</b> <b>Email:</b> <b>Teléfono:</b> <b>Celular:</b>
---	---

### Oferta Económica

Equipo	Código y Modelo	Cantidad	P.Unitario	P. Con Iva	Subtotal	Total (+IVA)
Panels	MD157 - JINKO SOLAR Tiger Pro JKM405M-54HL4-V	1.00	\$248.36	\$248.36	\$248.36	\$248.36
Panels	MD042 - Eco Green Energy EGE-210M-36(M6) PERC	1.00	\$141.99	\$141.99	\$141.99	\$141.99
Panels	MD155 - JINKO SOLAR Tiger Pro JKM550M-7TL4-V	1.00	\$340.00	\$340.00	\$340.00	\$340.00
<b>Totales</b>					\$730.35	\$730.35

Son: SETECIENTOS TREINTA DOLARES 35/100

### Entregas

MD157 - Entrega 1 día calendario o inmediata, contados a partir de la aceptación de la propuesta y sus condiciones.

MD042- Entrega en 40 días, contados a partir de la aceptación de la propuesta y sus condiciones.

MD155- Entrega solo bajo pedido x contenedor, contados a partir de la aceptación de la propuesta y sus condiciones.

### Garantías

MD157 - Garantía de 12 años contra defectos de fabricación y una expectativa de vida útil que garantiza una potencia no menor al 84.8 % de su valor nominal a los 25 años.

### Observaciones

Panel solar Tiger Pro JKM550M-7TL4-V solo importariamos por contenedor para sistemas de inyección a red.

Atentamente,  
Yoleysi Fernandez

www.jinkosolar.com



# Tiger Pro 54HC

## 395-415 Watt

### MONO-FACIAL MODULE

#### P Type

Positive power tolerance of 0~+3%

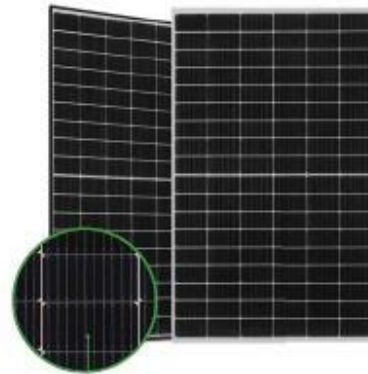
IEC 61215(2016), IEC 61730(2016)

ISO 9001:2015: Quality Management System

ISO 14001:2015: Environment Management System

ISO 45001:2018

Occupational health and safety management systems



MBB HC Technology

### Key Features



#### Multi Busbar Technology

By the right mapping and current collection to improve module power output and reliability.



#### Durability Against Extreme Environmental Conditions

High salt mist and ammonia resistance.



#### Reduced Hot Spot Loss

Optimized electric design and lower operating current for reduced hot spot loss and better temperature coefficient.



#### Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

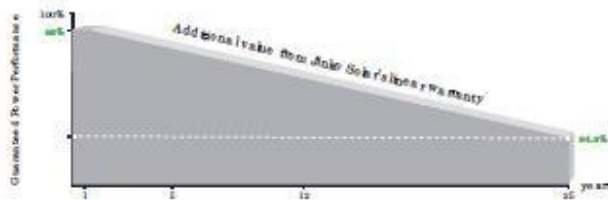


#### PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

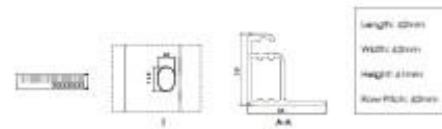
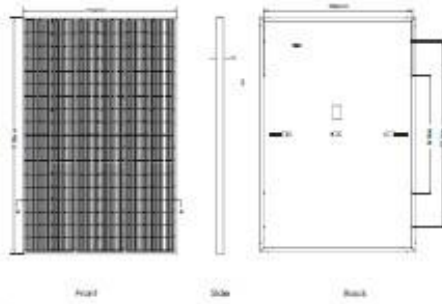


15 Year Product Warranty

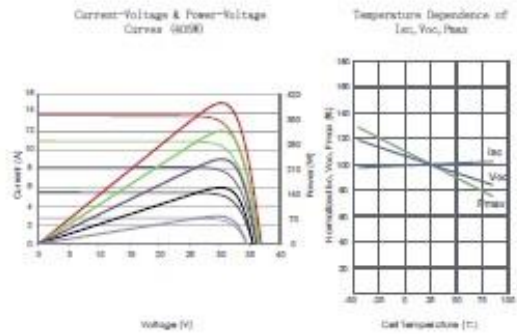
25 Year Linear Power Warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years

### Engineering Drawings



### Electrical Performance & Temperature Dependence



### Packaging Configuration

1 Two pallets = One stack

36pcs/pallets, 72pcs/stack, 936pcs/ 40HQ Container

### Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	108 (2x54)
Dimensions	1722x1134x30mm (67.80x44.65x1.18 inch)
Weight	22.0 kg (48.50 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm <sup>2</sup> (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

### SPECIFICATIONS

Module Type	JKM395M-54HL4		JKM400M-54HL4		JKM405M-54HL4		JKM410M-54HL4		JKM415M-54HL4	
	JKM395M-54HL4-V	JKM400M-54HL4-V	JKM405M-54HL4-V	JKM410M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V	JKM415M-54HL4-V
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	395Wp	294Wp	400Wp	298Wp	405Wp	301Wp	410Wp	305Wp	415Wp	309Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	30.32V	28.26V	30.42V	28.42V	30.52V	28.56V	30.62V	28.72V	30.79V	28.88V
Maximum Power Current (Imp)	13.03A	10.40A	13.15A	10.47A	13.27A	10.55A	13.39A	10.62A	13.48A	10.69A
Open-circuit Voltage (Voc)	36.90V	34.83V	36.98V	34.90V	37.06V	34.98V	37.14V	35.05V	37.31V	35.21V
Short-circuit Current (Isc)	13.71A	11.07A	13.78A	11.13A	13.85A	11.19A	13.92A	11.26A	14.01A	11.32A
Module Efficiency STC (%)	20.23%		20.48%		20.74%		21.00%		21.25%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.26%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

<sup>\*</sup>STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup> Cell Temperature 25°C AM=1.5  
 NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup> Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

# OFF-GRID

## 205-215W

M6 / 166 mm Cell - 36 Cells



### KEY FEATURES



PERC Cells Technology



Lower LCOE and BOS



Less Hot Spot Shading effects



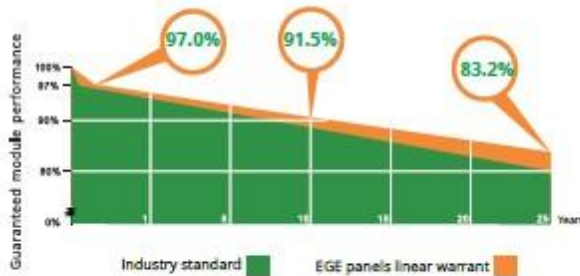
Anti PID/ Low LID protection



Lower temperature coefficient

### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12-Year Product Warranty - 25-Year Linear Power Warranty



**36-Cells(10BB)**

Monocrystalline Module



**19.29%**

Maximum Efficiency



**0~+5W**

Positive Power Tolerance



**GRADE A**

Cells Guaranteed

### COMPREHENSIVE CERTIFICATES

ISO 9001 : Quality Management Systems



Eco Green Energy Group Ltd. 2022. All rights reserved.  
 : 299 Xing Cheng Road, Chong Chuan District, Nantong, Jiangsu, China  
 : +86 513 66690088  
 : +86 185 5131 3965  
 : info@eco-greenenergy.com

Find us on social media:  
**Eco Green Energy**



eco-greenenergy.com



## ELECTRICAL DATA AT STC\*

Power output (Pmax)	205 W	210 W	215 W
Power tolerance	0→+5 W	0→+5 W	0→+5 W
Module efficiency	18.39%	18.84%	19.29%
Maximum power voltage (Vmp)	19.62 V	19.89 V	20.13 V
Maximum power current (Imp)	10.45 A	10.56 A	10.68 A
Open circuit voltage (Voc)	23.66 V	23.94 V	24.19 V
Short circuit current (Isc)	11.03 A	11.13 A	11.25 A

\*Standard Test Conditions (STC) : Irradiance : 1,000 W / m<sup>2</sup> • Cell temperature : 25°C • AM: 1.5

## ELECTRICAL DATA AT NOCT\*\*

Power output (Pmax)	152.85 W	156.58 W	160.31 W
Maximum power voltage (Vmp)	18.39 V	18.64 V	18.87 V
Maximum power current (Imp)	8.30 A	8.39 A	8.48 A
Open circuit voltage (Voc)	21.94 V	22.20 V	22.43 V
Short circuit current (Isc)	8.97 A	9.05 A	9.15 A

\*\*Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) : Irradiance: 800 W / m<sup>2</sup> • Environment temperature : 20°C • AM : 1.5 • Wind speed : 1 m/s

## MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Monocrystalline (166x166 mm)
Number of cells	36
Dimensions	1,570x710x30mm
Weight	10.7 kg
Glass	3.2 mm Tempered Glass, High Transmission (>94%), Anti-Reflective Coating
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction box	IP67 rated
Cable	4.0mm <sup>2</sup> ; 900mm; Length can be customized
Connector	MC4 or MC4 compatible
Max front load (e.g.: snow)	5,400 Pa
Max back load (e.g.: wind)	2,400 Pa

## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

NOCT	45°C ±2 °C
Temperature coefficient of Pmax	-0.35%/°C
Temperature coefficient of Voc	-0.28%/°C
Temperature coefficient of Isc	+0.048%/°C

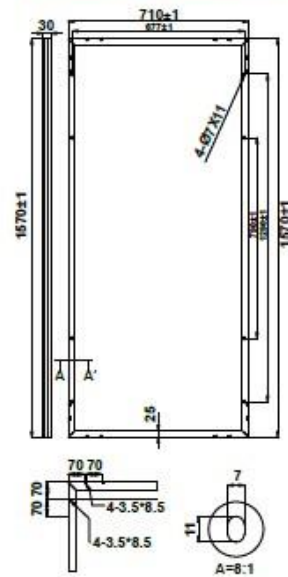
## MAXIMUM RATINGS

Operating temperature range	-40 °C →+85 °C
Maximum system voltage	1,500V/DC(IEC)
Max series fuse rating	25 A

## PACKAGING (1,570x710x30mm)

Type	Quantity	Weight
Per Pallet	2 pcs	22.5 kg
40ft HQ Container	1,550 pcs	17.5 t

## Dimension of PV Module (mm)



## Frame Cross Section A-A

