



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PANELES SOLARES BASADO EN EL  
ÁNGULO DE INCLINACIÓN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

**AUTORES:** Ronny Agustín Plua Merchan

Jordano Paul Valdez Medina

**TUTOR:** Ing. Carlos Fernando Chávez Córdova, Msc.

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2022**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TIULACIÓN

Nosotros, Ronny Agustin Plua Merchan con documento de identificación No. 0931243653 y Jordano Paul Valdez Medina con documento de identificación No. 0803252824; manifestamos que:

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

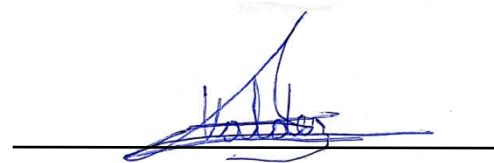
Guayaquil, 23 de junio del año 2022

Atentamente,



Ronny Agustin Plua Merchan

0931243653



Jordano Paul Valdez Medina

0803252824

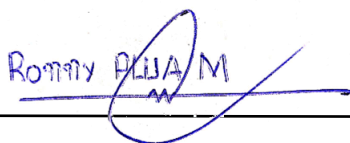
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros Ronny Agustin Plua Merchan con documento de identificación No. 0931243653 y Jordano Paul Valdez Medina con documento de identificación No. 0803252824, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de Tesis: “Valoración del rendimiento de paneles solares basado en el ángulo de inclinación”, el cual ha sido desarrollado para optar el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana Guayaquil, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

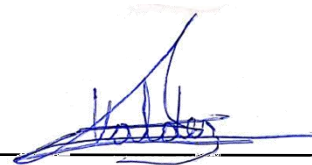
Guayaquil, 23 de junio del año 2022

Atentamente,



Ronny Agustin Plua Merchan

0931243653



Jordano Paul Valdez Medina

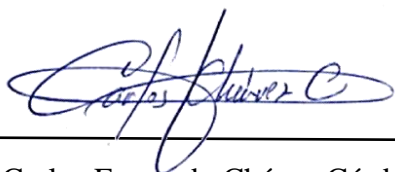
0803252824

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Carlos Fernando Chávez Córdova con documento de identificación No. 0919553438, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO DE PANELES SOLARES BASADO EN EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN realizado por Ronny Agustin Plua Merchan con documento de identificación No. 0931243653 y Jordano Paul Valdez Medina con documento de identificación No. 0803252824, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de junio del año 2022

Atentamente,



---

Ing. Carlos Fernando Chávez Córdova, Msc.

0919553438

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dar gracias a Dios por ser mi fortaleza en la vida, por ayudarme a enfrentar con sabiduría las situaciones difíciles que se presentan en el camino y permitirme llegar a culminar con éxito esta etapa profesional.

Agradezco a mis padres por su amor incondicional, por formarme con valores guiándome por el camino del bien, siempre motivándome alcanzar mis propósitos, gracias por los consejos y apoyo para seguir adelante.

A mi hermana por ser mi ejemplo de dedicación y trabajo, a mis sobrinos por llevar la alegría a la familia, a mi novia por estar presente en todo momento.

A mis compañeros y amigos que me acompañaron en este largo y arduo proceso.

A mi tutor de tesis por impartir sus conocimientos y orientación para llegar a culminar este trabajo de titulación, también a mis maestros por las enseñanzas en el aula de clase.

**Ronny Agustín Plúa Merchan**

## AGRADECIMIENTO

Gracias al apoyo incondicional de mis padres, hermano y esas personas especiales que comparten conmigo el día a día; ustedes son quienes impulsaron mi sueño y esperanza, me acompañaron los días más complejos de mis estudios durante toda mi etapa estudiantil. Ustedes siempre serán los mejores guías que pude tener para poder plasmar mi triunfo.

Ahora ya que culmino mis estudios, esto es para ustedes el peldaño que he alcanzado es gracias a ustedes padres amados, ya conquistada una meta eso para ustedes es sinónimo de Orgullo, mis acciones siempre fueron para engullírselos. Gracias por estar en ese paso importante para mí.

Es significativo también no dejar de lado el apoyo de los docentes y compañeros que con sus guías y motivaciones siempre me impulsaron para seguir en la lucha y conquista, esto tampoco hubiese sido posible sin la misericordia de nuestro señor Jesucristo, quién me bendijo y me dio esa salud y esas ganas diarias de irme a comer el mundo.

Me llena también de enorme orgullo poder plasmar con estas palabras, mi sentimiento de gratitud a aquellas personas que me mostraron con su apoyo moral y económico, que siempre estuvieron ahí en los momentos difíciles y alegres y cómo no brindarles mi agradecimiento ahora que he alcanzado el triunfo.

Gracias por ser quienes son y por creer en mí.

**Jordano Paul Valdez Medina**

## **DEDICATORIA**

A mi padre, que en vida me enseñó a ser responsable, perseverante, a seguir mis sueños y no rendirme ante los obstáculos que se presenten en el camino. A quien le prometí ser un hombre de bien, trabajador y profesional que con esfuerzo, dedicación y constancia va siendo reflejado hoy en día y en este presente trabajo de titulación.

**Ronny Agustín Plua Merchan**

## **DEDICATORIA**

Para mis padres va dedicado este trabajo Ángel y Emilia, a los que tengo la dicha de tenerlos vivos, quienes con su amor, esfuerzo y paciencia se convirtieron en el ejemplo a seguir gracias a ustedes he cumplido uno de mis sueños, el de convertirme en un profesional que servirá a la sociedad; gracias por la motivación e inculcarme el ejemplo de esfuerzo y valentía, y que el deseo mío cómo ser humano se base simplemente ser como ustedes, excelentes profesionales, excelentes padres y los mejores amigos que tengo.

Gracias por ser como son.

**Jordano Paul Valdez Medina**



## RESUMEN

Este proyecto técnico realizado para la sustentación de nuestra tesis es basado en energías renovables, en sistema fotovoltaico ya que de esta manera se adquiere ventaja a un recurso natural del planeta tierra que es la energía solar mediante este sistema no perjudicamos al medio ambiente y adquirimos de sus recursos naturales brindados el mejor provecho, tiene como propuesta conocer detalles esenciales de la implementación del módulo entrenador.

En el desarrollo de este documento será reflejado los diferentes elementos usados y la ventaja que estos dan, para llevar a cabo las prácticas de los estudiantes en la cual ellos van a familiarizarse con las energías renovables, el manejo de un sistema fotovoltaico y a su vez desarrollarán nuevas potencias sobre el manejo de distintos controladores los cuales han sido implementados en el módulo entrenador de esta forma ya los estudiantes tendrán un medio más actualizado en el cual puedan prepararse y llevar a practica real lo estudiado en teoría.

**Palabras claves:** energía renovable, energía eléctrica, ambiente, panel fotovoltaico, baterías, breaker, inversores, controladores, cargas, energía solar.

## ABSTRACT

This technical project carried out to support our thesis is based on renewable energies, on a photovoltaic system, since in this way we gain advantage over a natural resource on planet earth, which is solar energy, through this system we do not harm the environment and we acquire its natural resources provided the best benefit, its proposal is to know essential details of the implementation of the trainer module.

In the development of this document, the different elements used and the advantage they give will be reflected, to carry out the practices of the students in which they will become familiar with renewable energies, the management of a photovoltaic system and its At the same time they will develop new powers on the handling of different controllers which have been implemented in the trainer module in this way and the students will have a more updated means in which they can prepare and carry out a real practice of what they have studied in theory.

**Keywords:** renewable energy, electrical energy, environment, photovoltaic panel, batteries, breaker, inverters, controllers, loads, solar energy.

## ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
CAPITULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos .....	2
1.3. PROBLEMÁTICA DE ESTUDIO.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
1.5. DELIMITACIÓN .....	3
1.6. BENEFICIARIOS .....	3
1.6.1 Beneficiario Principal .....	3

1.6.2. Beneficiarios Secundarios .....	4
CAPITULO II.....	5
2.1. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1.1. Energía Solar .....	5
2.1.2. Energía Solar Fotovoltaica .....	5
2.1.3. Orientación e inclinación de los módulos solares fotovoltaicos.....	8
2.1.4. Orientación del generador fotovoltaico .....	10
2.1.5. Radiación solar sobre una superficie .....	14
2.1.6. Ángulo óptimo de inclinación de los módulos solares .....	15
Fuente: (Monar, 2018).....	16
2.1.7. Componentes de la instalación fotovoltaica .....	16
2.1.8. Elementos principales de un sistema fotovoltaico.....	22
2.1.9. Interruptores magnetotérmicos .....	32
2.1.10. Tomacorriente.....	33
2.1.11. Luminarias .....	33
2.1.12. Carga inductiva.....	34
CAPÍTULO III .....	34
3.1. DISEÑO E IMPLMETACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO.....	34
3.1.1. Bornera .....	34
3.1.2. Cables plus macho banana.....	35
3.1.3. Estructura de la base del panel solar.....	35

3.1.4. Estructura del modulo.....	36
3.1.5. Construcción de los conectores plus tipo banana .....	43
CAPÍTULO IV .....	44
4.1. PRUEBAS .....	44
4.1.1. Prueba máxima carga.....	48
4.2. RESULTADOS .....	49
4.2.1. Resultado de los diferentes ángulos de inclinación obtenidos de la aplicación Victronconnect .....	55
CAPITULO V.....	60
4.2.2. SOFTWARE A UTILIZAR PVSYST.....	60
5.2. Resultados de la simulación .....	63
CAPÍTULO V.....	67
5.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	67
.....	67
5.2. PRESUPUESTO.....	68
CAPÍTULO VI.....	69
6.1. CONCLUSIONES.....	69
6.2. RECOMENDACIONES .....	70
CAPITULO VII.....	71
7.1. REFERENCIAS .....	71
.....	74

ANEXOS .....	74
Diagramas del módulo de pruebas.....	74
Fotografías del módulo de entrenamiento de paneles solares .....	97
Imágenes de las lecturas de parámetros mediante la aplicación Victron Connect ....	102
Imágenes de las pruebas realizadas en el Software PVSYST .....	106

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1.</b> Ubicación del Anteproyecto (Universidad Politécnica Salesiana) .....	3
<b>Ilustración 2.</b> Radiación Solar, Difusa, Directa y Reflejada .....	7
<b>Ilustración 3.</b> Correcta ubicación de los paneles solares.....	9
<b>Ilustración 4.</b> Paralelos y Meridianos de la corteza terrestre .....	10
<b>Ilustración 5.</b> Ángulo de acimut ( $\alpha$ ) de un módulo fotovoltaico.....	11
<b>Ilustración 6.</b> Ángulo de inclinación ( $\beta$ ) de un módulo fotovoltaico.....	11
<b>Ilustración 7.</b> Desplazamiento solar durante el día .....	13
<b>Ilustración 8.</b> Componentes de una instalación fotovoltaica.....	17
<b>Ilustración 9.</b> Panel fotovoltaico .....	18
<b>Ilustración 10.</b> Ejemplos de conexión de paneles solares (Victron Energy).....	19
<b>Ilustración 11.</b> Panel Monocristalino .....	20
<b>Ilustración 12.</b> Panel Policristalino .....	21
<b>Ilustración 13.</b> Panel de Capa Fina.....	22
<b>Ilustración 14.</b> Conexión del regulador.....	23
<b>Ilustración 15.</b> Victron Energy BlueSolar PWM-LCD&USB 12/24V .....	26
<b>Ilustración 16.</b> Victron Energy SmartSolar MPPT 75/15 .....	26
<b>Ilustración 17.</b> Funcionamiento básico del acumulador en una instalación fotovoltaica...	28
<b>Ilustración 18.</b> Sistema con regulador y batería.....	29
<b>Ilustración 19.</b> Victron Energy Phoenix Inverter 12/250 120V .....	31
<b>Ilustración 20.</b> Medidor de voltaje y corriente digital.....	31
<b>Ilustración 21.</b> Interruptor magnetotérmico Schneider electric .....	32
<b>Ilustración 22.</b> Tomacorriente 110v .....	33
<b>Ilustración 23.</b> Luminaria led .....	33

<b>Ilustración 24.</b> Motor AC .....	34
<b>Ilustración 25.</b> Bornera.....	34
<b>Ilustración 26.</b> Cables plus macho banana .....	35
<b>Ilustración 27.</b> Estructura de la base del panel solar .....	35
<b>Ilustración 28.</b> Estructura del módulo .....	36
<b>Ilustración 29.</b> Lamina de Panel Solar .....	37
<b>Ilustración 30.</b> Lamina 1 .....	38
<b>Ilustración 31.</b> Lamina 2 .....	38
<b>Ilustración 32.</b> Lamina 3 .....	39
<b>Ilustración 33.</b> Lamina 4 .....	39
<b>Ilustración 34.</b> Lamina 5 .....	40
<b>Ilustración 35.</b> Lamina 6 .....	41
<b>Ilustración 36.</b> Lamina 7 .....	42
<b>Ilustración 37.</b> Lamina 8 .....	42
<b>Ilustración 38.</b> Conectores de prueba.....	43
<b>Ilustración 39.</b> Medición de voltaje a vacío de la batería.....	44
<b>Ilustración 40.</b> Medición de corriente del inversor a vacío .....	44
<b>Ilustración 41.</b> Medición del voltaje de salida del inversor .....	45
<b>Ilustración 42.</b> Panel solar Sun link 150 w.....	45
<b>Ilustración 43.</b> Inclinación de 0° orientación sur .....	46
<b>Ilustración 44.</b> Inclinación de 0° orientación sur .....	46
<b>Ilustración 45.</b> Inclinación de 30° orientación sur .....	47
<b>Ilustración 46.</b> Inclinación de 70° orientación sur .....	47
<b>Ilustración 47.</b> Ventilador 110-120 v .....	48



<b>Ilustración 48.</b> Pruebas con carga .....	48
<b>Ilustración 49.</b> Batería 12 v 250 A (SAE) .....	49
<b>Ilustración 50.</b> Inclinación 0° orientación oeste.....	49
<b>Ilustración 51.</b> Inclinación 80° orientación oeste.....	50
<b>Ilustración 52.</b> Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros .....	51
<b>Ilustración 53.</b> Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros .....	52
<b>Ilustración 54.</b> Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros .....	53
<b>Ilustración 55.</b> Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros .....	54
<b>Ilustración 56.</b> Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros .....	55
<b>Ilustración 57.</b> Diferentes tipos de sistemas en el software Pvsyst .....	61
<b>Ilustración 58.</b> Variables meteorológicas en el lugar seleccionado .....	62
<b>Ilustración 59.</b> Interfaz principal del proyecto de dimensionamiento de Pvsyst .....	63
<b>Ilustración 60.</b> Orientación para un plano inclinado fijo .....	64
<b>Ilustración 61.</b> Resultados de la inclinación optima .....	65
<b>Ilustración 62.</b> Mapa de trayectoria del sistema.....	66
<b>Ilustración 63.</b> Armado del módulo con colocación de láminas .....	97
<b>Ilustración 64.</b> Colocación de componentes del módulo .....	97
<b>Ilustración 65.</b> Pruebas realizadas con carga (Un foco led).....	98
<b>Ilustración 66.</b> Pruebas realizadas con carga (Dos focos led).....	98
<b>Ilustración 67.</b> Conexiones de los controladores e inversor.....	99
<b>Ilustración 68.</b> Conexión y medición de la salida del inversor .....	99
<b>Ilustración 69.</b> Colocación del FV con orientación oeste y ángulo 0° .....	100
<b>Ilustración 70.</b> Colocación del FV con ángulo 0° .....	100
<b>Ilustración 71.</b> Colocación del FV con ángulo de 80° para su respectiva prueba.....	101

<b>Ilustración 72.</b> Colocación del FV con un ángulo de $60^\circ$ para su respectiva prueba...	101
<b>Ilustración 73.</b> Orientación norte con un ángulo de $0^\circ$ grados.....	102
<b>Ilustración 74.</b> Orientación norte con un ángulo de $10^\circ$ .....	103
<b>Ilustración 75.</b> Orientación norte con un ángulo de $20^\circ$ .....	104
<b>Ilustración 76.</b> Orientación norte con un ángulo de $30^\circ$ .....	105

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Red de estaciones meteorológicas .....	16
<b>Tabla 2.</b> Características técnicas del regulador de carga RD051 .....	25
<b>Tabla 3.</b> Características técnicas del regulador de carga RP060 .....	27
<b>Tabla 4.</b> Características técnicas del inversor Victron Energy Phoenix Inverter 12/250 ...	30
<b>Tabla 5.</b> Panel solar Sun link .....	45
<b>Tabla 6.</b> Ventilador de pedestal My Factory .....	48
<b>Tabla 7.</b> Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación norte .....	50
<b>Tabla 8.</b> Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación sur.....	51
<b>Tabla 9.</b> Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación este .....	52
<b>Tabla 10.</b> Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación oeste .....	53
<b>Tabla 11.</b> Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación sur.....	54
<b>Tabla 12.</b> Valores obtenidos de la aplicación Victronconnect orientación norte con carga .	56
<b>Tabla 13.</b> Valores obtenidos de la aplicación Victronconnect orientación sur sin carga .....	57
<b>Tabla 14.</b> Valores obtenidos de la aplicación Victronconnect orientación este sin carga ....	58
<b>Tabla 15.</b> Valores obtenidos de la aplicación Victronconnect orientación oeste sin carga ..	59
<b>Tabla 16.</b> Rendimiento del plano inclinado respecto a la inclinación .....	64
<b>Tabla 17.</b> Cronograma de actividades .....	67
<b>Tabla 18.</b> Presupuesto del módulo fotovoltaico .....	68

## **CAPITULO I**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Desde tiempos remotos las Fuentes Renovables de Energía han sido importantes en lo que respecta a energía usada por los seres humanos. En la actualidad debido al incremento que se ha suscitado en el país por el desarrollo comercial, industrial y residencial, ha impulsado la búsqueda de fuentes diferentes de energía renovable; para sustituir en gran medida la explotación de combustibles fósiles, así como también sus derivados.

La generación de energía eléctrica teniendo como fuente el petróleo produce egresos muy considerables en el país, además de tener un fuerte impacto ambiental. Estos problemas se disminuirán utilizando energía renovable como la generación fotovoltaica, la cual tiene la característica de la conversión de forma directa de la radiación solar en energía eléctrica por medio de celdas fotovoltaicas, teniendo como beneficio ayudar al medio ambiente a disminuir considerablemente el uso de combustibles fósiles y ayudar a la economía.

El propósito de este trabajo de titulación es hacer la evaluación del ángulo de inclinación y la orientación óptima para aprovechar al máximo la obtención de irradiación solar, analizar el rendimiento en el módulo entrenador fotovoltaico destinado al laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

Determinar el rendimiento de un panel fotovoltaico en función del ángulo de inclinación.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar e implementar un módulo entrenador de un sistema fotovoltaico de tipo aislado.
- Adquirir datos del rendimiento del panel fotovoltaico basado en el ángulo de inclinación.
- Simular en el Software PVSyst el comportamiento del panel fotovoltaico bajo diferentes condiciones de ángulos y comparar los resultados obtenidos.

## **1.3. PROBLEMÁTICA DE ESTUDIO**

Se fundamenta en el requerimiento de un módulo entrenador fotovoltaico basado en el ángulo de inclinación, se debe cumplir con las normativas académicas y de calidad, conforme a los lineamientos establecidos por el sector eléctrico de energía renovables, este proyecto beneficiara a los estudiantes del laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Mediante el uso de un módulo entrenador fotovoltaico basado en el ángulo de inclinación, se busca obtener una mejor práctica para los estudiantes en el laboratorio de Energía Renovables, en lo que refiere a pruebas de diferentes simulaciones aproximadas a la realidad de la órbita solar, así mismo con la carencia de luz solar, se puede ejecutar experimentos de acuerdo a la práctica por medio del uso de emuladores de esta forma obtenemos los resultados

para poder analizarlos y así proceder a realizar un mejor rendimiento en la calidad de la energía obtenida de un panel fotovoltaico.

## 1.5. DELIMITACIÓN

El Campus Centenario de la Universidad Politécnica Salesiana se encuentra ubicado en el suroeste de la ciudad de Guayaquil, perteneciente al cantón Guayas, parroquia Ximena, el anteproyecto se desarrollará en el laboratorio de Energías Renovables ubicado en el edificio “E” del Campus.



**Ilustración 1.** Ubicación del Anteproyecto (Universidad Politécnica Salesiana)

**Fuente:** (Google Earth, 2022)

## 1.6. BENEFICIARIOS

### 1.6.1 Beneficiario Principal

Los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, ya que con el diseño y construcción del módulo entrenador destinado al laboratorio, podrán con este estudio tener en cuenta los resultados que reflejan la incidencia del ángulo de inclinación para que los paneles

solares mejoren su rendimiento, lo cual ayudará a trasladar los conocimientos teóricos a manera práctica.

### **1.6.2. Beneficiarios Secundarios**

Los investigadores y empresas puedan sustentarse de este anteproyecto tanto de forma teórica como experimental, los cuales complementarán sus estudios investigativos para de esta forma tener presente el ángulo de inclinación para sus fichas técnicas y perfeccionamiento en el rendimiento de los paneles solares.

## CAPITULO II

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. Energía Solar

La energía solar es una energía renovable y limpia la cual llega como ondas electromagnéticas de forma directa desde el sol a la tierra, con los dispositivos correspondientes se puede transformar en energía eléctrica. Por medio de paneles solares se puede usar la radiación solar y el colector solar es el elemento encargado de captar el calor. Un generador fotovoltaico está conformado por módulos fotovoltaicos y forman una superficie plana, por lo que es necesario que debe estar a exposición de los rayos del sol con el propósito de obtener energía eléctrica. Para convertir la energía solar en algún otro tipo de energía de forma correcta, como la energía eléctrica se debe tener presente la orientación e inclinación de los paneles para su buen funcionamiento. [1]

Como lo indica Armijos, se puede disminuir de manera significativa la dependencia de los contaminantes. como lo es el combustible fósil mediante el aprovechamiento la energía solar debido a que es un recurso energético inagotable, por lo que ayuda a la reducción del impacto ambiental, disminución de la contaminación ambiental y al desarrollo sustentable.

#### 2.1.2. Energía Solar Fotovoltaica

Es aquella energía que aprovecha de forma directa las radiaciones solares para transformarla en electricidad, fundamentándose en el efecto fotovoltaico, por lo que materiales específicos tienen la capacidad de absorber fotos conocidos como partículas lumínicas y desprender electrones lo cual genera corriente eléctrica, por tanto, se usa un dispositivo semiconductor llamado célula fotovoltaica estas se acoplan en celdas



fotovoltaicas. La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes de energía renovable de gran trascendencia por su amplia instalación a nivel mundial, producido por los avances tecnológicos en las células fotovoltaicas, el menor costo y la mejor adquisición, hace que tengan competencia con respecto a generación de energía eléctrica obtenido por tecnologías convencionales. Las instalaciones fotovoltaicas tienen una vida útil de treinta años, instalación fácil, no genera gases contaminantes, además de tener un coste bajo en mantenimiento. [2]

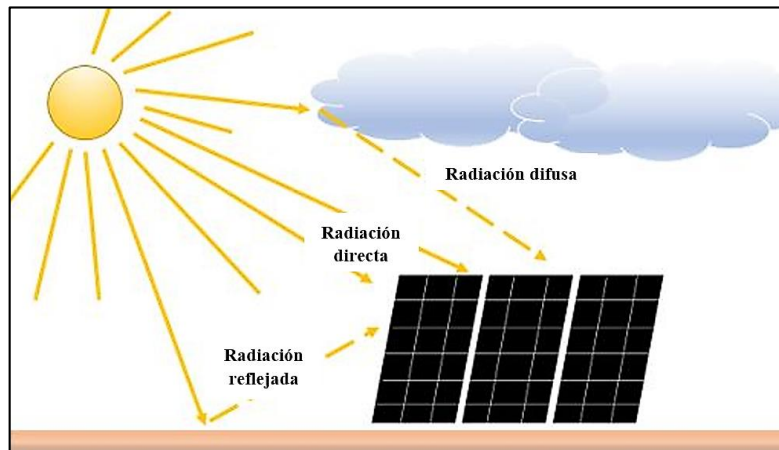
### ***2.1.2.1. Radiación solar***

Es parte del espectro electromagnético emitido por el sol, cada uno de los fotones tiene carga de energía y su medida es en electrón voltio. Esta energía radiante posee características parecidas a la radiación solar proveniente de la longitud de onda, la frecuencia y las formas de que va a la superficie. Es superior a la superficie la energía estratosfera por la radiación solar, cuyo valor es dado por la perpendicularidad en la dirección de los rayos solares, el cual es llamado constante solar  $B_0 = 1367 [W/m^2]$ . Cabe recalcar que el valor puede ser afectado por el movimiento de la tierra respecto al sol. [1]

Como lo indica Armijos, se presenta la división de la radiación solar:

- **Radiación Directa:** Es aquella que ingresa por la atmosfera y llega de forma directa a un punto de la superficie del receptor.
- **Radiación Difusa:** Es la radiación que ingresa por la atmosfera y debe por diferentes obstáculos.
- **Radiación Reflejada:** Es la radiación que se refleja por el suelo o por alguna superficie que se alrededor como edificios, que esta rodeada al receptor.
- **Radiación Solar Total:** Es la sumatoria de las energías solar reflejada, difusa y directa sumadas en la superficie.

Se muestra en la ilustración 2, los tipos de radiciones:



**Ilustración 2.** Radiación Solar, Difusa, Directa y Reflejada

**Fuente:** (Armijos, 2021)

#### **2.1.2.2. Irradiación solar**

Se conoce como irradiación a la potencia de la radiación del sol, que se adopta en un determinado momento sobre un captador de superficie específica, la irradiación se mide en unidades de  $W/m^2$ . En la condición de atmosfera limpia, sin ningún proceso óptico, la máxima irradiación que un captador puede llegar a tener como valor promedio es de  $1000 W/m^2$ . La componente directa es la mayormente recibida en un día despejado, para un día nublado la componente es difusa, ya que la radiación directa se obstruye debido a las nubes presentes. [1]

En condiciones atmosféricas iguales la irradiación que recibe un captador tiene variaciones cada instante a lo largo del día, presenta máximos al mediodía y valores mínimos valores al amanecer y atardecer. [3]

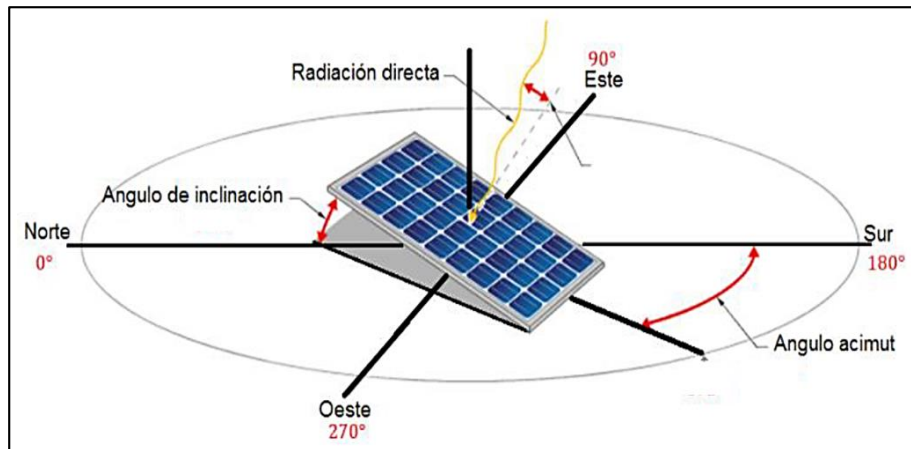
### **2.1.3. Orientación e inclinación de los módulos solares fotovoltaicos**

Los paneles solares fotovoltaicos tienen que hacer la máxima captación posible de energía solar, por lo que deben orientarse e inclinarse debidamente. Una solución estática resulta suficiente para la aplicación determinada, se le debe dar al colector una orientación específica, la cual se puede hacer variaciones haciendo ajustes estacionales para conseguir mejorar el funcionamiento del mismo. [4]

Los paneles tendrán una dirección norte o sur para obtener los valores óptimos de orientación relativa, mientras tanto que, la inclinación óptima se dará conforme a la latitud de la posible ubicación donde se implementará el sistema fotovoltaico y si tiene respaldo de acuerdo a la época del año que se requiere utilizar. Se debe tener presente que en ciertos casos no se llega a obtener las condiciones adecuadas de orientación e inclinación, por lo cual se debe calcular las pérdidas de radiación incidente provocadas por las condiciones en que se encuentre el lugar. Es necesario tener conocimiento sobre la trayectoria solar, las condiciones de la ubicación y el perfil de las exigencias, para así aprovechar como recurso energético al sol. Todos estos puntos son imprescindibles para la determinación de la inclinación y orientación de los paneles en una instalación fija para obtener el coste mínimo del kilovatio hora solar. [5]

Con la finalidad de obtener un mayor rendimiento de los paneles fotovoltaicos debe existir perpendicularidad en la radiación solar recibida y el panel solar, teniendo como resultado una cantidad mayor de energía solar en electricidad, también se debe tener en cuenta que debido al clima el rendimiento de los paneles puede disminuir, estas condiciones como lo son: polvo, nieve, nubosidad, entre otros, que se pueden depositar sobre el módulo fotovoltaico.

A continuación, se presenta en la ilustración 3 la ubicación correcta de los módulos fotovoltaicos:



**Ilustración 3.** Correcta ubicación de los paneles solares.

**Fuente:** (Nieto, 2021)

Como lo indica Nieto, Para obtener una eficiencia mayor del sistema solar sin seguidor, se debe realizar el cálculo de la óptima inclinación del panel solar, por medio de la siguiente ecuación:

$$\beta = 3.7 + 0.69 \times (l)$$

Dónde:

- $\beta$  = Inclinación óptima en el lugar.
- $l$  = Latitud del lugar.

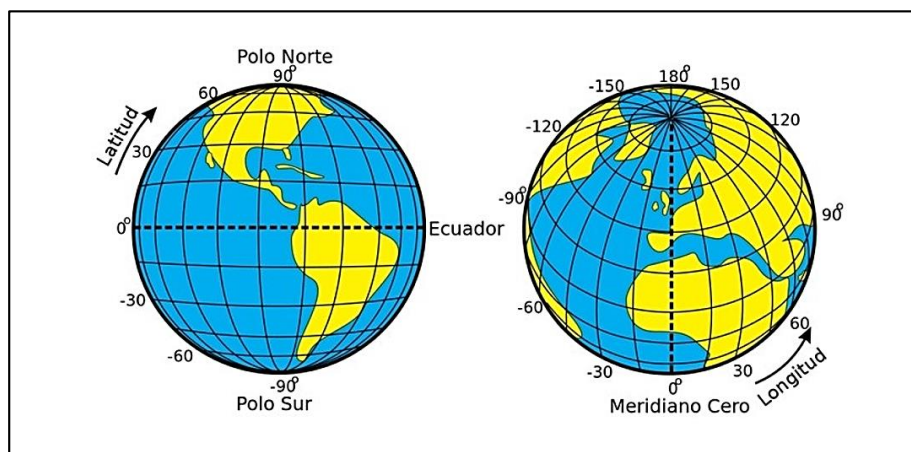
Se obtiene el resultado siguiente para el caso de Guayaquil:

$$\beta = 3.7 + 0.69 \times (2,220)$$

$$\beta = 5,23^\circ$$

### 2.1.4. Orientación del generador fotovoltaico

De esta manera sacamos las coordenadas de los ángulos, lugar específico del sol también analizando las mínimas pérdidas de los obstáculos del paso de la luz que disminuye a los módulos en su inclinación y orientación. [6]



**Ilustración 4.** Paralelos y Meridianos de la corteza terrestre

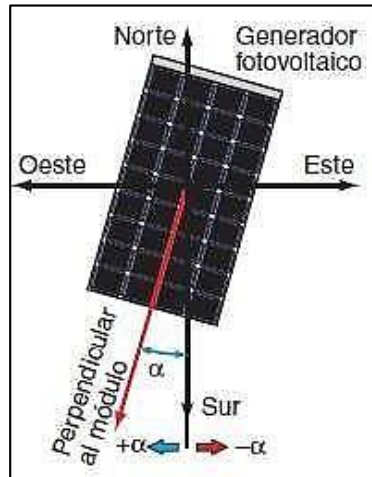
**Fuente:** (Monar, 2018)

Nuestro planeta tierra se separa en la longitud y latitud está basada directamente a las coordenadas geográficas. La latitud positiva está ubicada en el hemisferio norte esta varia de 0+ y 90+, la latitud negativa se ubica en el hemisferio sur varia de 0+ y 90+. Esta es paralela del 0+ se le denomina Ecuador Terrestre. [6]

Como lo indica Monar, detallando el lugar donde está ubicado el sol pasamos a ubicar el panel fotovoltaico donde le impacten directamente los rayos del sol con mayor fuerza. Definiciones para observar la superficie terrestre son las siguientes:

#### 2.1.4.1. Ángulo de acimut ( $\psi_s$ )

Por la proyección solar que se da al plano en orientación sur positivo a 0° a 180° y siendo negativo en el oeste a -180°. [6]

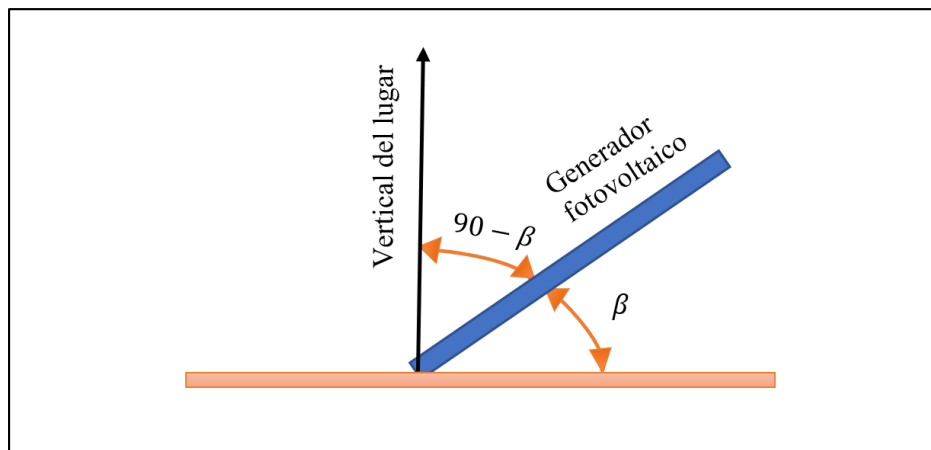


**Ilustración 5.** Ángulo de acimut ( $\alpha$ ) de un módulo fotovoltaico

**Fuente:** (Monar, 2018)

#### 2.1.4.2. Ángulo de inclinación ( $\beta$ )

El Ángulo forma parte de la superficie del generador que, por medio de la radiación obtenida por el panel en los módulos, que al tener mayor radiación su ubicación en estado perpendicular con respecto al lugar se mantiene un eje vertical. [6]



**Ilustración 6.** Ángulo de inclinación ( $\beta$ ) de un módulo fotovoltaico

**Fuente:** (Monar, 2018)

Nuestra ubicación es perpendicular al sentido en el cual está ubicado el sol capotaremos gran nivel de energía, en la trayectoria del día el sol cambia su ubicación, la mejor ubicación de la superficie en el transcurso del año tendrá que variar. Se estima que el conjunto de ángulos la radiación solar es necesaria. [6]

#### **2.1.4.3. La latitud ( $\phi$ )**

Es el trayecto formado en el cual se unen la línea del Ecuador con la recta vertical zenit, en la orientación norte su signo es positivo en la orientación sur su signo es negativo , su determinación en cero es la latitud del Ecuador. [6]

#### **2.1.4.4. Ángulo zenital ( $\theta_{zs}$ )**

Distancia entre el sol y el eje vertical , para su altura solar le corresponde al ángulo de complemento. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\theta_{zs} = a \cos(\sin(\phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\phi) \cdot \cos(\omega))$$

O más bien de la siguiente manera:

$$\theta_{zs} = (90 - \alpha)$$

#### **2.1.4.5. Nadir**

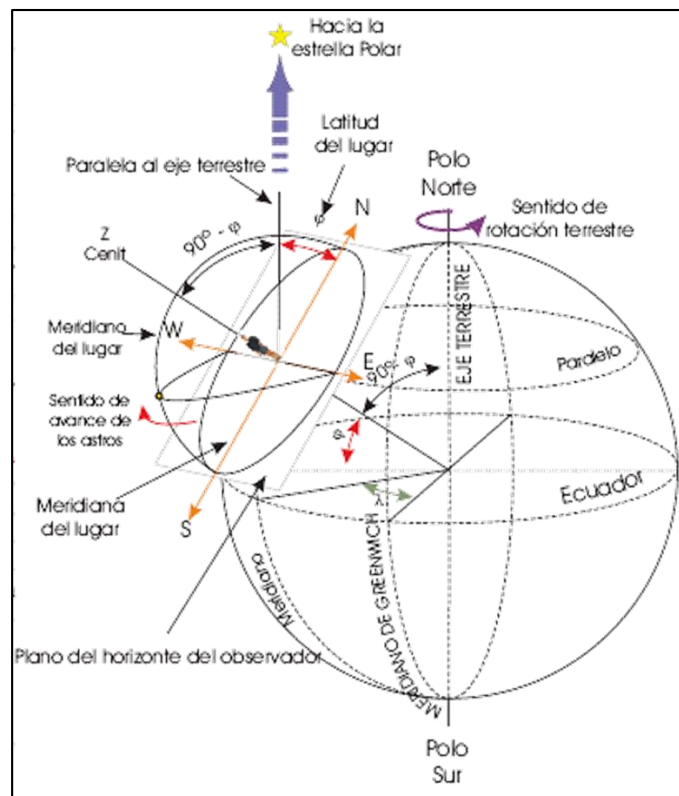
Es el vector opuesto de la esfera terrestre al cenit, lo que se denomina nadir. [6]

#### **2.1.4.6. Altura solar ( $\gamma_s$ )**

Es el ángulo generado en la horizontal por los rayos solares, la distancia cenital es complementaria al ángulo. [6]

### 2.1.4.7. Declinación

Es la postura angular que sea crea al unirse las direcciones de la superficie terrestre de plano al centro del sol. Por las Declinaciones que posee el eje que da la rotación a la tierra que es de  $23.45^\circ$  variando a medida que va pasando en un transcurso del tiempo. [6]



**Ilustración 7.** Desplazamiento solar durante el día

**Fuente:** (Monar, 2018)

La declinación  $\delta$  es expresada con la siguiente formula, dado en grados.

$$\sin \delta = 0,3979 \cdot \sin \left( \text{Número de días} \cdot \frac{360}{365} \right)$$

Los factores que pueden afectar la cantidad de radiación solar disponible:

### 2.1.4.8. Nubosidad

La radiación ultravioleta es dada por el efecto plano que se genera, en la que se origina un obstáculo que no permite el paso de la radiación solar , absorbiéndolo y reflejándolo, la



numerosa radiación ultravioleta es debilitada por la nube que en la atmosfera es presentada. Lo causado por las nubes más oscuras y densas es evitar la radiación ultravioleta, la cual su finalidad es reducir la eficiencia de las nubes blancas en las cuales la acción de radiación se desarrolla de mejor forma. [6]

#### ***2.1.4.9. Altitud***

La función de la altitud de la atmosfera es a mayor elevación es más fina, absorbe menor intensidad de la radiación ultravioleta. La altitud se aumenta cada 1000 metros, y el crecimiento de 10 a 12% de la intensidad de la radiación. [6]

#### ***2.1.4.10. Ozono***

Las radiaciones de la energía del sol son impactadas altamente las cuales son absorbidas, luego pasan a descomponerse para así crear átomos de libre oxígeno y también oxígeno nuclear, con el pasar de los días, meses y años cambia la concentración del ozono. [6]

### **2.1.5. Radiación solar sobre una superficie**

En dos factores se dan el impacto de flujo de radiación en la superficie del planeta tierra. [6]

#### ***2.1.5.1. Factores astronómicos***

Tanto el sol como la tierra depende geoméricamente de ellos. Que a la vez la longitud y latitud son coordenadas geográficas de la ubicación relativa en la que este la tierra y el sol. [6]

### 2.1.5.2. Factores climáticos

La temperatura es elevada, enfocada a los niveles de latitud por esta razón es importante la cantidad de rayos solares recibidos en la superficie ya que se determina la incidencia en el ángulo. [6]

**La radiación sobre una superficie esta expresada en la siguiente manera:**

Expresión de radiación a nivel de la superficie:

**$G_{dm}(0)$ :** Valor anual y mensual en la superficie diaria sobre la irradiación horizontal es  $kwh/(m2 * día)$ . [6]

### 2.1.6. Ángulo óptimo de inclinación de los módulos solares

Después de determinar el ángulo de inclinación óptima de la superficie fija, implementar la ecuación basada en el estudio estadístico de la radiación solar anual en superficies con diferentes ángulos de inclinación en diferentes latitudes calcular el ángulo de inclinación óptima para la distancia angular. [6]

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0,69 \cdot |\phi|$$

**Donde:**

- $\beta_{opt}$  = Ángulo de inclinación optima (grados) GFG.
- $|\phi|$  = Latitud del lugar, sin signo (grados).

Para determinar la optimización de la inclinación del ángulo hacia una superficie estable, implementamos una ecuación sobre el análisis de la radiación en las superficies de manera anual reflejado los estudios estadístico en los distintos ángulos y sus distintas latitudes. [6]

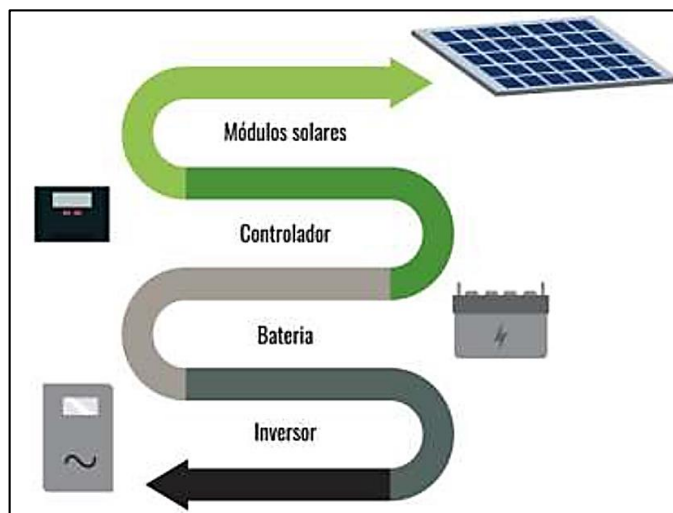
**Tabla 1.** Red de estaciones meteorológicas

<b>Provincia</b>	<b>Latitud (°)</b>	<b>Longitud</b>
Imbabura	15	24' 3" W
Pichincha	13	22' 0" W
Cotopaxi	1	35' 41" W
Manabí	2	27' 35" W
Los Ríos	4	29' 35" W
Orellana	55	25' 0" W
Pastaza	30	56' 38" W
El Oro	29	4' 54" W
Esmeraldas	1	22' 49" W
Santo Domingo de los Tsáchilas	28	20' 20" W
Tungurahua	23	25' 5" W
Cañar	33	56' 43" W
Azuay	14	16' 36" W
Loja	2	12' 4" W
Guayas	8	36' 1" W
Morona Santiago	41	57' 31" W
Carchi	29	2' 29" W
Bolívar	58	3' 48" W
Santa Elena	54	41' 0" W

**Fuente: (Monar, 2018)**

### **2.1.7. Componentes de la instalación fotovoltaica**

El principal componente de los sistemas fotovoltaicos es el panel solar, existen partes diferentes que conforman el sistema y se selecciona dependiendo para que se lo vaya aplicar. En la siguiente figura 4 se puede apreciar de mejor forma los componente y descripción de los mismos. [4]



**Ilustración 8.** Componentes de una instalación fotovoltaica

**Fuente:** (Monar, 2018)

### ***2.1.7.1. Panel solar o fotovoltaico***

Son dispositivos considerados como placas fotovoltaicas que realiza la captación de energía producto de la radiación solar para su aprovechamiento, están compuestas por celdas las cuales contienen células solares de forma individual conformadas de materiales tal como el silicio. [7]

El panel fotovoltaico está formado por el conjunto de celdas fotovoltaicas, las cuales se interconectan de manera conveniente protegidas y encajadas que compone el módulo fotovoltaico. Las células fotoeléctricas son las encargadas de transformación de energía solar en energía eléctrica, como corriente continua y esta a su vez se puede transformar a corriente alterna, para el uso de equipos electrónicos. Los paneles fotovoltaicos destacan por su potencia máxima o potencia nominal, que genera en condiciones ideales (radiación de  $1\text{kW/m}^2$  y temperatura de  $25^\circ\text{C}$ ). [7]



**Ilustración 9.** Panel fotovoltaico

**Fuente:** (Corrales, 2021)

Como lo indica Morales, los paneles fotovoltaicos pueden ser conectados en paralelo o serie dependiendo de lo que se requiere para el panel, las cuales son las siguientes:

#### ***2.1.7.2. Conexión en serie***

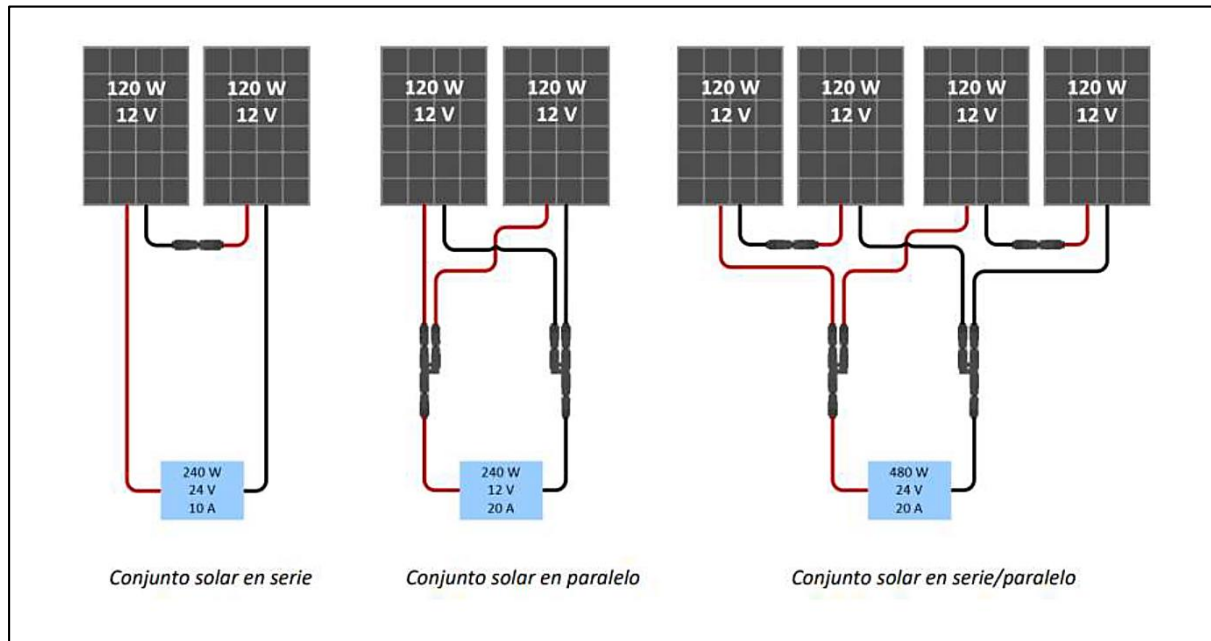
La conexión en serie permite mantener el voltaje e intensidad de cada uno de los paneles y que sumado da el total del voltaje. La desventaja de la conexión en serie es que llega a fallar alguno de ellos se puede caer el sistema, por lo que es recomendable el uso de diodos de bloqueo entre los módulos. [8]

#### ***2.1.7.3. Conexión en paralelo***

La conexión en paralelo se forma por la unión o empalme de los terminales positivos y los terminales negativos, donde el total de la corriente es la sumatoria de cada corriente producidas por los paneles y el voltaje se mantiene. [8]

#### 2.1.7.4. Conexión mixta

La conexión mixta es cuando los módulos se agrupan en serie y paralelo a la vez, por lo que obtiene las condiciones de intensidad y de voltaje que se requieren para llegar a la carga específica. [4]



**Ilustración 10.** Ejemplos de conexión de paneles solares (Victron Energy)

**Fuente:** (Morales, 2022)

#### 2.1.7.5. Ángulo de inclinación del panel solar

Se debe instalar el panel solar con un ángulo de inclinación en relación al eje horizontal de la tierra (terreno), igual al valor de la latitud. Se recomienda que los módulos se deben poner al ángulo de la latitud por lo que se le deben sumar un aproximado de 10 grados en el caso de invierno, en verano se le debe restar 10 grados a la latitud. [5]

#### ***2.1.7.6. Tipos de paneles fotovoltaicos***

Existen diferentes tipos de paneles fotovoltaicos, depende de los métodos de fabricación empleados en los materiales semiconductores. El material más usado en la actualidad para la fabricación de las celdas solares es el silicio, por tener un proceso constante de mejora y por ser eficiente, tiene elementos de difícil eliminación por lo que se extrae la arena, purifica, funde y posteriormente se hace la cristalización en lingotes redondos. Los paneles solares tienen diferentes diseños de acuerdo al tipo de materiales empleados en la fabricación se clasifican en mono- cristalinos o policristalinos, pero tienen la misma finalidad que es la captación de la energía solar para transformarla en energía eléctrica. [9]

#### ***2.1.7.7. Paneles monocristalinos***

Son fabricados con cristal de silicio puro, los paneles monocristalinos tienen una tasa de eficiencia mayor, debido a que tienen silicio de alta pureza, tiene una vida útil y su eficiencia esta entre el 18% y 22% es una tecnología desarrollada hasta la actualidad. Los fabricantes ofrecen 25 años de garantía, en consecuencia, estos paneles son más costosos a diferencia de los demás. [4]



**Ilustración 11.** Panel Monocristalino

**Fuente:** (Lindao, 2020)

### **2.1.7.8. Paneles policristalinos**

En los paneles policristalinos es más simple su fabricación, por lo que tiene un precio menor. La fabricación consiste en poner una semilla de cristal en un molde de silicio fundido, posteriormente se enfría por lo que el cristal que se encuentra alrededor de la semilla no es uniforme, para uso doméstico es ventajoso por el bajo costo, pero su eficiencia es mejor comparada con los monocristalinos, lo cual se puede solucionar utilizando paneles de mayor tamaño por lo que es necesario de un espacio grande y así alcanzar el rendimiento igual a los paneles monocristalinos. [4]



**Ilustración 12.** Panel Policristalino

**Fuente:** (Lindao, 2020)

### **2.1.7.9. Paneles de capa fina**

Este tipo de paneles tiene la función de poner en la base capas de material fotovoltaico y depende del material que se emplea se encuentran paneles de capa fina conformado por telurio de cadmio, cobre, silicio, galio, indio, selenio o células fotovoltaicas, este tipo de paneles tienen una estructura ligera y por lo general, inmunes a los problemas causados por sombras o por cualquier otra obstrucción y poca luz, lo cual afectaría a su rendimiento, también se pueden adaptar a múltiples superficies por lo que pueden ser flexibles. [4]



A continuación, se muestra en la ilustración 8 el panel de capa fina o flexible:



**Ilustración 13.** Panel de Capa Fina

**Fuente:** (Lindao, 2020)

### **2.1.8. Elementos principales de un sistema fotovoltaico**

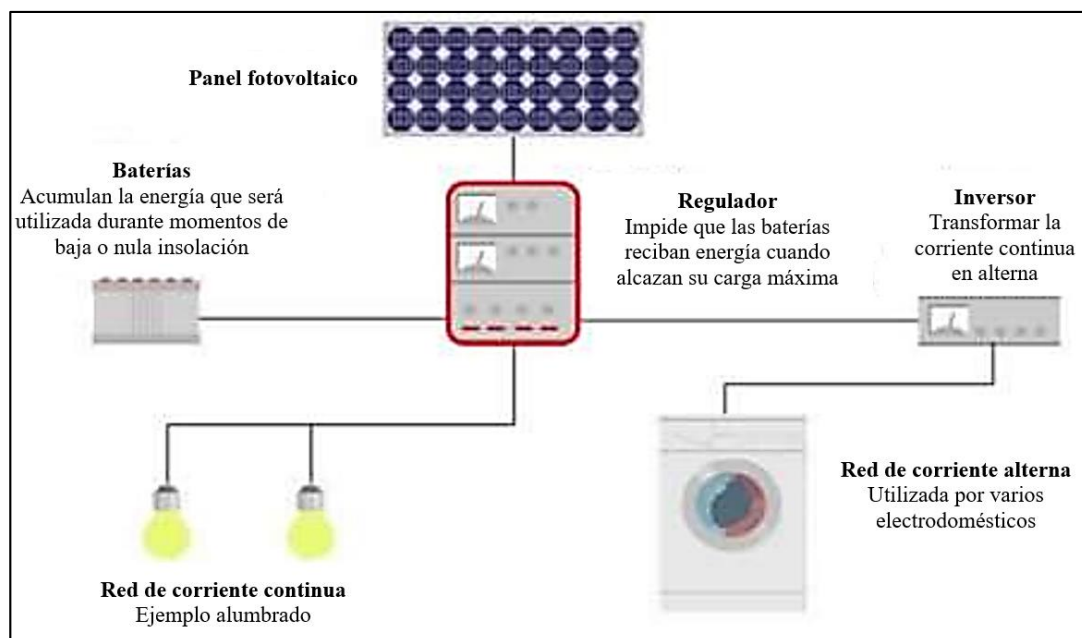
El panel solar o fotovoltaico es el elemento que se encarga de la captación de la energía solar para transformarla en energía eléctrica y pueda ser utilizada. Existe otros componentes que se usan en las instalaciones de los paneles solar como lo elementos que hacen más fácil la instalación y ofrecen seguridad. [9]

A continuación, se muestran los siguientes componentes:

#### **2.1.8.1. Controlador Solar**

Se requiere de un sistema de acumuladores o baterías en las instalaciones fotovoltaicas, para que la energía en excedente producida por el sol se pueda almacenar y posteriormente usarla en el caso de que los paneles no tengan la capacidad de producir la energía que demanda. El regulador o controlador de carga es el dispositivo que se encarga de controlar el proceso de carga y descarga de baterías, este dispositivo es primordial para la protección de la vida útil de

las baterías y también mejora la función del sistema fotovoltaico. En la ilustración 3 se presenta la conexión del regulador ya que el inversor solar va conectado a la salida de las baterías y no del regulador. [4]



**Ilustración 14.** Conexión del regulador.

**Fuente:** (Lindao, 2020)

### 2.1.8.2. Regulador

Es el elemento encargado de regular la corriente desde los paneles solares a la batería, el regulador de verificar el buen funcionamiento del estado de carga de la batería lo que da acceso el paso de energía eléctrica que proviene de los paneles solares cuando baja su energía. El regulador evita una sobrecarga ya que no deja que la energía pase en el caso de que la batería en cargada en su totalidad. [9]

Es un dispositivo que funciona junto a la batería, dado que un sistema de almacenamiento de batería sin la ayuda de un regulador debe ser de mayor tamaño para dar la garantía en caso de que exista una sobrecarga con una concepción de teoría a diferencia de uno equipado con regulador. La batería y el regulador de un sistema fotovoltaico en la práctica tienen la

característica de costo-beneficio, disminuye el riesgo que el sistema colapse, el regulador no permite que ingrese una carga que no pueda soportar los demás componentes del sistema, lo que pone en peligro la funcionalidad e integridad del panel. Por lo general es de vital importancia el funcionamiento de una matriz de células solares para así controlar la salida del voltaje a un nivel constante y maximizar la salida de la corriente, también se conoce como equipos de acondicionamiento de energía a los reguladores. Es de vital importancia este dispositivo en los sistemas fotovoltaicos, debido a que admite la interconexión del sistema por lo que el flujo de la energía se puede regular, mediante la asociación de los paneles que pueden ser en serie o paralelo. (Barzola)

Como lo indica Barzola, existen varios tipos de reguladores los cuales son los siguientes:

#### ***2.1.8.3. Modelos de reguladores***

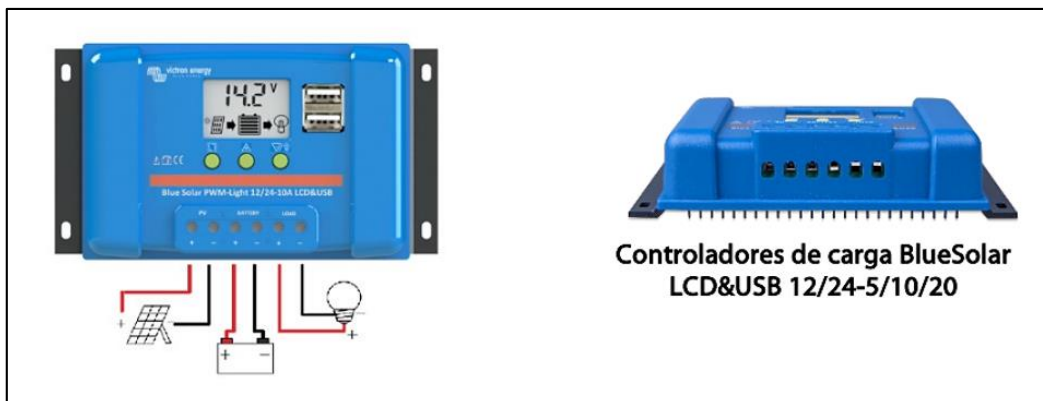
##### **RD051 - Victron Energy BlueSolar PWM-LCD&USB 12/24V-10A SCC010010050**

Este modelo de regulador aplica el controlador PWN, ligero, bajo costo y sencillo. Tiene una pantalla de cristal líquido para poder configurarlo y hacer el seguimiento respectivo, se puede ajustar de forma rápida de la configuración y temporizador se efectúa por medio de los siete segmentos y la pantalla de dos dígitos. Este regulador realiza la carga de las baterías en etapas diferentes que no son programables: inicial, absorción y flotación. Está compuesto de salidas USB de 5 voltios, 2 A de máxima corriente, cuenta en su interior de un sensor de temperatura para prevenir el sobrecalentamiento. (Victron)

BlueSolar PWM Controlador de carga	12/24-5	12/24-10	12/24-20	12/24-30	48-10	48-20	48-30
Tensión de la batería	12/24 V con detección automática de la tensión de entrada				48V		
Corriente de carga nominal	5A	10A	20A	30A	10A	20A	30A
Desconexión automática de las cargas consumidoras	Sí						
Tensión solar máxima	28V / 55V (1)				100V (1)		
Autoconsumo	< 10 mA						
Salida de carga	Control manual + desconexión por baja tensión + temporizador						
Protección	Inversión de la polaridad de la batería (fusible)		Cortocircuito de salida		Sobretensión		
Protección contra sobrecarga	Desconexión tras 60 s en caso de alcanzar el 130% de carga						
	Desconexión tras 5 s en caso de alcanzar el 160% de carga						
	Desconexión inmediata en caso de cortocircuito						
Puesta a tierra	Positivo común						
Rango de temp. de funcionamiento	-35 to +60°C (carga completa)						
Humedad (sin condensación)	Máx. 95%						
<b>BATERÍA</b>							
Tensión de carga de "absorción"	Ajuste de fábrica: 14,4V/28,8V				Ajuste de fábrica: 57,6V		
Tensión de carga de "flotación" (2)	Ajuste de fábrica: 13,7V / 27,4V				Ajuste de fábrica: 54,8V		
Desconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 11,2V / 22,4V				Ajuste de fábrica: 44,8V		
Reconexión de carga por baja tensión	Ajuste de fábrica: 12,6V / 25,2V				Ajuste de fábrica: 50,4V		
<b>USB</b>							
Tensión	5V						
Corriente	2A (total de 2 salidas)						
<b>CARCASA</b>							
Clase de protección	IP20						
Tamaño de los terminales	6 mm <sup>2</sup> / AWG10			16mm <sup>2</sup> / AWG6			
Peso	0,15kg			0,3kg			
Dimensiones (al x an x p)	96 x 169 x 36 mm (3,8 x 6,7 x 1,4 pulgadas)			101x184x47mm (4,0 x 7,4 x 1,8 pulgadas)			
<b>NORMAS</b>							
Seguridad	EN60335-1, IEC 62109-1						
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, ISO 7637-2						
1) Para 12V utilice paneles solares de 36 celdas Para 24V utilice paneles solares de 72 celdas, o 2 de 36 celdas en serie				2) El controlador conmuta al nivel de tensión de flotación 2 horas después de alcanzada la tensión de absorción Siempre que la tensión de la batería caiga por debajo de 13V, se inicia un nuevo ciclo de carga.			

**Tabla 2.** Características técnicas del regulador de carga RD051

**Fuente:** (Victron)



**Ilustración 15.** Victron Energy BlueSolar PWM-LCD&USB 12/24V  
**Fuente:** (Victron)

### **RP060 - Victron Energy SmartSolar MPPT 75/15 Retail (SCC07515060R)**

Tiene un cargador que recoge la energía de los paneles solares y es almacenada en las baterías, utiliza la más rápida y última generación. Este regulador de corriente es un equipo diseñado para impedir que el consumo en corriente directa logre descargar al batería bajo del nivel mínimo y protege a la batería de ciclo profundo de cargas del panel solar. (Victron)



**Ilustración 16.** Victron Energy SmartSolar MPPT 75/15  
**Fuente:** (Victron)

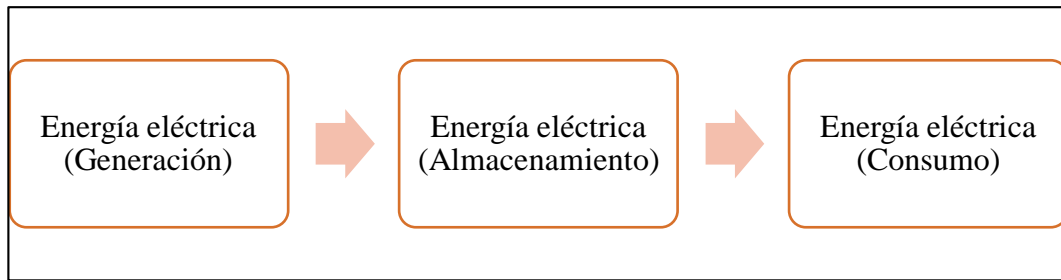
Controlador de carga SmartSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15	MPPT 100/20	MPPT 100/20 48V
Tensión de la batería	Selección automática 12/24V				48V
Corriente de carga nominal	10A	15A	15A	20A	20A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	145W	220W	220W	290W	n.a.
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	290W	440W	440W	580W	n.a.
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1160W
Máxima corriente de corto circuito FV 2)	13A	15A	15A	20A	20A
Desconexión automática de la carga	Sí				
Tensión máxima del circuito abierto FV	75V		100V		
Eficiencia máxima	98%				
Autoconsumo	12V: 25 mA 24V: 15 mA				15mA
Tensión de carga de "absorción"	14,4V / 28,8V (ajustable)				57,6V (ajust.)
Tensión de carga de "flotación"	13,8V / 27,6V (ajustable)				55,2V (ajust.)
Algoritmo de carga	adaptativo multifase				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Corriente de carga continua	15A		20A	1A	
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V/22,2V/44,4V u 11,8V/23,6V/47,2V o algoritmo BatteryLife				
Reconexión de carga por baja tensión	13,1V/26,2V/52,4V o 14V/28V/56V o algoritmo BatteryLife				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible)/Cortocircuito de salida/Sobret temperatura				
Temperatura de trabajo	De -30 a +60 °C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
<b>CARCASA</b>					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales de conexión	6 mm <sup>2</sup> / AWG10				
Grado de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	0,5 kg	0,6 kg	0,65 kg		
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm	100 x 113 x 50 mm	100 x 113 x 60 mm		
<b>NORMATIVAS</b>					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia.					
1b) La tensión FV debe exceder Vbat + 5V para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.					
2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador.					

**Tabla 3.** Características técnicas del regulador de carga RP060

**Fuente:** (Victron)

#### 2.1.8.4. Batería

Una batería proporciona energía constante, cabe recalcar que los paneles solares hacen su captación a intervalos. Pueden proporcionar una mayor potencia, como en el arranque de motores o fluorescentes. La capacidad va a depender de la radiación solar, por lo que colocar baterías más grades no es necesario, porque no van a llenar por consiguiente producirá sulfatación en las baterías. [10]



**Ilustración 17.** Funcionamiento básico del acumulador en una instalación fotovoltaica

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

#### **2.1.8.5. Batería de Plomo Acido**

Las baterías de plomo acido tradicionales tienen un diseño específico para tener un trabajo optimo en las aplicaciones con amplia cantidad de energía o amplia capacidad de potencia, más no en los dos. Tienen la función de proteger el sistema eléctrico, debido a que absorben los picos de elevación de voltaje del sistema eléctrico, de esta forma se puede proteger a otros elementos del sistema que sean sensibles. Las baterías de plomo no usan en los vehículos eléctricos ampliamente. A pesar de que hay gran cantidad de vehículos, lo que puede representar que es una tecnología accesible y barata, por ello en el futuro se puede acondicionar y dar conocimientos al público las características que tienen los vehículos eléctricos a baterías.

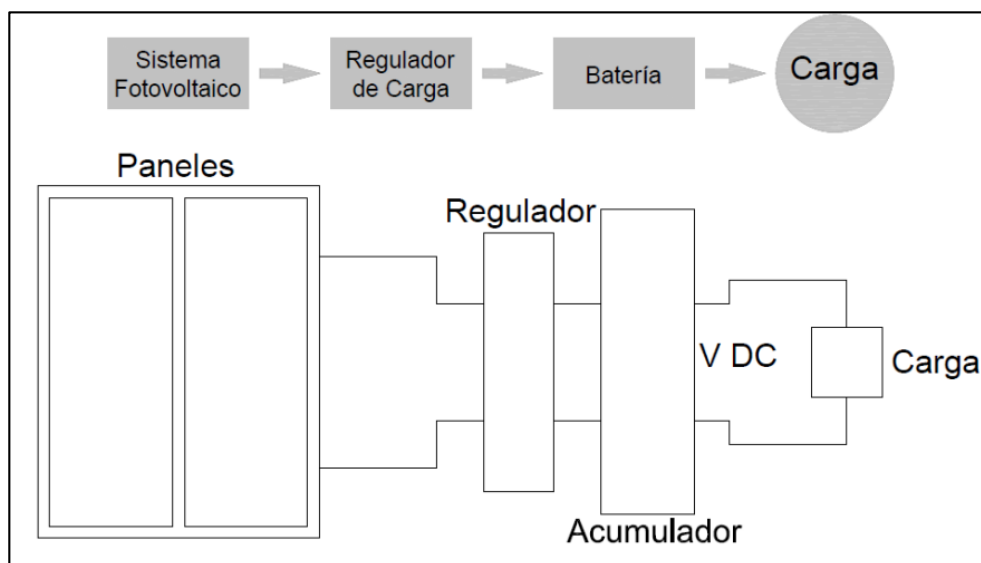
[11]

Como lo indica Cueva, en las baterías de plomo acido existen diversos tipos de tecnología como lo son: plomo acido regulada por válvula (VRLA), plomo acido avanzada, plomo acido, baterías plomo carbón y sistema hibrido de batería plomo acido. Según la aplicación para la que se diseñó la batería plomo acido será su vida útil.

### 2.1.8.6. Inversor o convertidor de voltaje

Es un elemento que convierte la energía eléctrica que es producido mediante paneles en corriente alterna con iguales características a la red eléctrica. Existen distintos tipos de inversores, se recomienda escoger el tipo de inversor de acuerdo al tamaño de la instalación que se va a realizar. [10]

Un inversor de voltaje es un convertidor de CD a AC. Los inversores se clasifican de acuerdo a su topología, el inversor suministra energía eléctrica de acuerdo a la producción y la demanda, necesita de fuentes externas debido a una excesiva demanda o protección del acumulador, de esta forma se gestiona la carga de la batería y hace su función como cargador. [12]



**Ilustración 18.** Sistema con regulador y batería

**Fuente:** (Jalca, 2018)



## IN072 - Victron Energy Phoenix Inverter 12/250 120V VE.Direct NEMA 5-15R PIN122510500

Mediante este equipo el estado de corriente continua que es generado por la energía dada por la batería se transforma a corriente alterna de esta manera se conectan cargan al sistema solar autónomo de equipos entre 110VAC A 60Hz. La potencia en la salida es dada por la capacidad del inversor en el cual no se podrá sobrepasar en cantidad de potencia que demande el mismo consumo. (Victron) (Victron)

Inversor Phoenix	12 voltios 24 voltios 48 voltios	12/250 24/250 48/250	12/375 24/375 48/375	12/500 24/500 48/500	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia cont a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)	230VCA o 120VCA +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%					
Rango de tensión de entrada	9,2 - 17 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 62,0V					
Desconexión por CC baja (ajustable)	9,3 / 18,6 / 37,2V					
Dinámica (dependiente de la carga)	Desconexión dinámica, ver					
Desconexión por CC baja (totalmente ajustable)	<a href="https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff">https://www.victronenergy.com/live/ve-direct:phoenix-inverters-dynamic-cutoff</a>					
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)	10,9 / 21,8 / 43,6V					
Detector de batería cargada (ajustable)	14,0 / 28,0 / 56,0V					
Eficacia máx.		87 / 88 / 88%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%
Consumo en vacío		4,2 / 5,2 / 7,9W	5,6 / 6,1 / 8,5W	6 / 6,5 / 9W	6,5 / 7 / 9,5W	7 / 8 / 10W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (Intervalo de reintento: 2,5 s, ajustable)		0,8 / 1,3 / 2,5W	0,9 / 1,4 / 2,6W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0W	1 / 1,5 / 3,0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo ECO	Ajustable					
Protección (2)	a - f					
Rango de temperatura de trabajo	-40 to +65°C (refrigerado por ventilador) (reducción de potencia del 1,25% por cada °C por encima de 25°C)					
Humedad (sin condensación)	máx. 95%					
<b>CARCASA</b>						
Material y color	Chasis de acero y carcasa de plástico (azul RAL 5012)					
Conexión de la batería	Bornes de tornillo					
Sección de cable máxima:	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	10mm <sup>2</sup> / AWG8	25/10/10mm <sup>2</sup> / AWG4/8/8	35/25/25 mm <sup>2</sup> / AWG 2/4/4	
Tomas de corriente CA estándar	230V: Schuko (CEE 7/4), IEC-320 (enchufe macho incluido) UK (BS 1363), AU/NZ (AS/NZS 3112) 120V: Nema 5-15R					
Tipo de protección	IP 21					
Peso	2,4kg / 5,3lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs	
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p, pulgadas)	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 172 x 275 3,4 x 6,8 x 10,8	105 x 216 x 305 4.1 x 8.5 x 12.1 (12V modelo: 105 x 230 x 325)	117 x 232 x 327 4.6 x 9.1 x 12.9 (12V modelo: 117 x 232 x 362)	
<b>ACCESORIOS</b>						
On/Off remoto	Sí					
Conmutador de transferencia automático	Filax					
<b>ESTÁNDARES</b>						
Seguridad	EN-IEC 60335-1 / EN-IEC 62109-1					
EMC	EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3					
Directiva de automoción	ECE R10-4					
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 2) Claves de protección: a) cortocircuito de salida b) sobrecarga c) tensión de la batería demasiado alta d) tensión de la batería demasiado baja h) temperatura demasiado alta f) ondulación CC demasiado alta						

**Tabla 4.** Características técnicas del inversor Victron Energy Phoenix Inverter 12/250

**Fuente:** (Victron)



**Ilustración 19.** Victron Energy Phoenix Inverter 12/250 120V

**Fuente:** (Victron)

#### **2.1.8.6. Medidores Digitales Multifunción**

En cada una de las etapas se requiere saber el valor de las variables por ser un módulo de investigación, en el FV aislado se usa dispositivos de medición, tiene diversas funciones para realizar la medición de parámetros eléctricos como lo son: la corriente, voltaje, potencia activa, mediante un display de cristal líquido en donde se puede visualizar los datos que se recolectan acorde al funcionamiento de las baterías seleccionadas y a ser analizadas. [13]



**Ilustración 20.** Medidor de voltaje y corriente digital

**Fuente:** (Victron)

### 2.1.9. Interruptores magnetotérmicos

Los interruptores magnéticos poseen dos formas distintas de conmutación, los interruptores bimetálicos y el electroimán. El bimetálico generalmente se encuentra detrás de una barra de disparo y es parte del camino de conducción de la corriente. El bimetálico es calentado de tal manera que la barra producto del disparo se dobla, se genera al exceder la sobrecarga de corriente eléctrica a la superficie. El circuito es abierto por el disparo a medida que se va doblando el bimetálico, Varía la duración de doblaje del bimetálico es inversa a la corriente. [6]

Como lo indica Monar, los interruptores magnéticos son usados para cuando de manera rápida se busca disminuir la corriente del cortocircuito. Mediante electroimán se trata de eliminar el arco que es generado hacia los contactos del interruptor en 4ms. En interruptores tipo Hidráulicos y magnéticos son más factibles por su velocidad al interrumpirse dado esto por la energización del solenoide usado para no generar las corrientes de cortocircuitos, estos tienen la ventaja del tiempo de generalmente está entre los 10 ms o más al obstaculizar el paso de la corriente. Los termomagnéticos no son de ambientes en superficies caloríficas ellos son de ambiente normal.



**Ilustración 21.** Interruptor magnetotérmico Schneider electric

**Fuente:** (Monar, 2018)

### 2.1.10. Tomacorriente

Un tomacorriente es un elemento eléctrico en el cual se conectan aparatos eléctricos para al recibir la corriente eléctrica necesaria para el correcto funcionamiento. Es conectado por medio de un sistema de cables a la fuente de energía que debe ser una instalación eléctrica manejada por una empresa la cual produce energía, es de uso estable sus tira metálicas generan el contacto con el enchufe eléctrico, introduciéndolo al enchufe, por medio de este elemento es por donde se transmite la corriente eléctrica.[6]



**Ilustración 22.** Tomacorriente 110v

**Fuente:** (Monar, 2018)

### 2.1.11. Luminarias

Se emplean para iluminar los ambientes recibe corriente eléctrica y por medio de la radiación electromagnética logra generar luz en su interior tienen tecnología de diodo emisor de luz. [6]



**Ilustración 23.** Luminaria led

**Fuente:** (Monar, 2018)

### 2.1.12. Carga inductiva

El motor eléctrico se define como una máquina eléctrica convierte la energía eléctrica que ingresa en sus terminales de alimentación a energía mecánica. Posee un circuito magnético y dos circuitos eléctricos y un rotor con un inductor. La corriente alrededor del inductor crea una velocidad variable y una dirección constante. [6]



**Ilustración 24.** Motor AC

**Fuente:** (Monar, 2018)

## 3.1. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO

### 3.1.1. Bornera

Es una pieza que funciona para la conexión, esta funciona en tipo hembra la cual conducen corrientes desde 4 a 50 AMPERIOS.



**Ilustración 25.** Bornera

**Fuente:** (Monar, 2018)

### 3.1.2. Cables plus macho banana

Son cables tipo macho que poseen plus en sus extremidades estos son los que se introducen hacia las borneras hembras así de esta manera se realizan las conexiones entre borneras.



**Ilustración 26.** Cables plus macho banana

**Fuente:** (Monar, 2018)

### 3.1.3. Estructura de la base del panel solar

Esta estructura fue diseñada con la finalidad de que el panel solar se mantenga en un estado de reposo se tiene la facilidad de manipular en la posición más factible dependiendo el clima, esta estructura tiene las siguientes dimensiones altura de 168.5 cm x 67 cm, con una base 10 cmx18 cm.



**Ilustración 27.** Estructura de la base del panel solar

**Fuente:** (Monar, 2018)

### 3.1.4. Estructura del módulo

Para la realización de este módulo didáctico, se elaboró una estructura metálica de medidas 83cm de largo x 88 cm de alto, con separaciones de 38 cm en ambas secciones con la finalidad de poder alojar todas las láminas y los elementos usado en nuestro módulo.



**Ilustración 28.** Estructura del módulo

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

#### 3.1.4.1. Ubicación de distintos elementos y láminas en módulo

Pasamos a colocar las láminas sin sus elementos, iniciamos presentando las láminas físicamente dentro del módulo correspondiente. Detallamos las láminas ya elaboradas previamente para el módulo:

- 1 lamina borneras para conexión de panel solar
- 1 lamina para Controlador PWM – CONTROLADOR MPPT
- 1 lamina para INVERSOR AISLADO
- 1 lamina para INVERSOR DE RED

- 1 lamina borneras para la conexión de la batería
- 1 lamina para BREAKER DE PROTECCIONES
- 1 lamina pana foco alógeno de 50 w, foco led de 6 w y selectores
- 1 lamina para MEDIDOR DIGITAL EN DC y TAMACORRIENTES



**Ilustración 29.** Lamina de Panel Solar

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

### 3.1.4.2. Lamina 1

Para la construcción de esta lámina se elabora un MIMICO DE PANEL SOLAR, como protección del panel se instala un Breaker de 15-20 A, el panel solar tiene una potencia de 150 w, el panel solar es el encargado de captar los rayos solares de esta manera se genera la tensión para así por medio del inversor convertirla en corriente y así para poder alimentar de energía al módulo cuenta con un total de 6 borneras esta que se conectan mediante plus tipo banana las dimensiones de la lámina son: 36.5 x 14 cm.





**Ilustración 30.** Lamina 1

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

### 3.1.4.3. Lamina 2

Como es de presasen física en la lámina se implementó un CONTROLADOR PWM tiene un cargador que recoge la energía de los paneles solares y es almacenada en las baterías y un CONTROLADOR MPPT 75/115 este regulador de corriente más allá que está diseñado impedir el consumo de corriente protege a la batería del ciclo profundo de cargas, tiene un total de 12 borneras tipo xxxx estas las conectamos mediante plus tipo banana las dimensiones de la lámina son: 36.5 x 21 cm



**Ilustración 31.** Lamina 2

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

#### 3.1.4.4. Lamina 3

En esta lamina se implementó un INVERSOR 12/250 120V, esta toma la energía por la batería y la convierte de corriente continua a corriente alterna y permite que de un sistema solar autónomo podamos conectar equipos eléctricos convencionales ya que tiene una salida de 110 Vac en 60 Hz, consta de 5 borneras estas las conectamos mediante plus tipo banana las dimensiones de la lámina son: 36.5 x 21 cm



**Ilustración 32.** Lamina 3

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

#### 3.1.4.5. Lamina 4

En esta lamina se implementó un inversor que consta de 5 borneras estas las conectamos mediante plus tipo banana las dimensiones de la lámina son: 36.5 x 21 cm.



**Ilustración 33.** Lamina 4

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

### 3.1.4.6. Lamina 5

Para la construcción de esta lámina se elabora un MIMICO DE Batería que es visualizado físicamente en parte exterior, la batería es colocado en la parte interior de la lámina, con la finalidad de que sirva como reserva de carga cuando los paneles solares no estén cargando y así de esta manera no dejar de energizar al módulo ya que esta alimenta a todo el módulo, este módulo consta de 5 borneras que se conectan mediante plus tipo banana, las dimensiones de la lámina son: 36.5x21 cm.

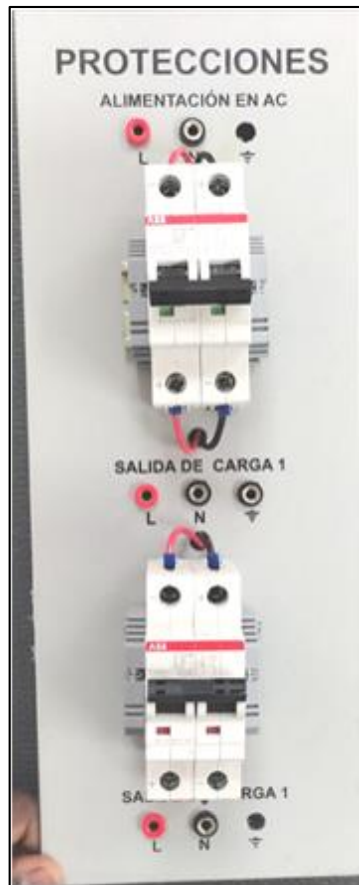


**Ilustración 34.** Lamina 5

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

### 3.1.4.7. Lamina 6

Como es visualización física esta lamina está formada por 2 breaker 2 polos de 5 A de marca AAB el cual mediante la acción de subir y bajar activa y desactiva el paso de corriente para las cargas conectadas en el módulo funciona como protector de las cargas conectadas en las demás laminas, con un total de 9 borneras esta que se conectan mediante plus tipo banana, las dimensiones de la lámina son:36.5 x 14 cm.



**Ilustración 35.** Lamina 6

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

#### **3.1.4.8. Lamina 7**

En esta lamina esta implementada por 1 foco led con una capacidad 6w tiene poca emisión de calor fue diseñado con disipador de calor evitando la sobrecarga, 1 foco alógeno con capacidad de 50w estos tienen muy extensa vida útil su onda calorífica es muy grande y 2 selectores los cuales abre el paso de corriente a los focos, un total de 3 borneras esta que se conectan mediante plus tipo banana las dimensiones de la lámina son: 36.5x21 cm.



**Ilustración 36.** Lamina 7

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

### 3.1.4.9. Lamina 8

En esta lamina se implementó medidores digitales en DC con el fin de visualizar el consumo de corriente de las cargas conectadas, tomacorriente de 110V para en este poder conectar cualquier equipo como forma de prueba para el módulo, con un total de 7 borneras esta que se conectan mediante plus tipo banana las dimensiones de la lámina son:36.5 x 21 cm



**Ilustración 37.** Lamina 8

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

### 3.1.5. Construcción de los conectores plus tipo banana

Para la construcción de los conectores tipos plus banana utilizamos los siguientes elementos un conductor calibre N° 20 AWG de colores (rojo, negro, verde). Para lograr que las laminadas tengan una conexión entre si es necesario la distribución de la longitud de los

• cables de 20 cm (rojo, negro, verde)

• Cables de 30 cm (rojo, negro, verde)

• Cables de 40 cm (rojo, negro, verde)

• Cables de 50 cm (rojo, negro, verde)

• Cables de 60 cm (rojo, negro, verde)



**Ilustración 38.** Conectores de prueba

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

## CAPÍTULO IV

### 4.1. PRUEBAS

Se realizó la prueba del sistema del sistema fv a vacío para determinar parámetros eléctricos, con un ensayo sin carga aplicada. Antes de realizar esta prueba se tomó la lectura de:

- a) Voltaje de las baterías en corriente directa



**Ilustración 39.** Medición de voltaje a vacío de la batería

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 40.** Medición de corriente del inversor a vacío

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

Voltaje a la salida del inversor se puede observar el voltaje de 120 voltios AC.



**Ilustración 41.** Medición del voltaje de salida del inversor

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

Se realizó prueba en vacío del panel fotovoltaico que disponía de las siguientes especificaciones:

**Tabla 5.** Panel solar Sun link

Potencia máxima :	150w
Tolerancia de potencia mínima:	0+30%
Corriente máxima :	8.72 A
Voltaje máximo :	17.2v
Corriente de cortocircuito:	9.25 A
Voltaje de circuito abierto:	21.6
Temperatura normal de las celdas en funcionamiento:	45+-2°C

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 42.** Panel solar Sun link 150 w

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



Las pruebas se llevaron a cabo en la terraza de la universidad politécnica salesiana edificio E empezando desde los  $0^\circ$  a los  $90^\circ$  orientación sur la prueba se realizó sin carga se puede apreciar la variación del voltaje y corriente del panel fotovoltaico.

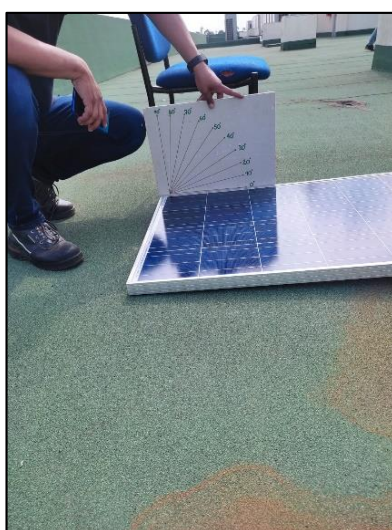
### Orientación: Sur

Grados:  $0^\circ$  A  $90^\circ$



**Ilustración 43.** Inclinción de  $0^\circ$  orientación sur

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 44.** Inclinción de  $0^\circ$  orientación sur

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 45.** Inclinación de  $30^\circ$  orientación sur

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 46.** Inclinación de  $70^\circ$  orientación sur

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

Al realizar dichas pruebas se pudo constatar la variación del voltaje, amperaje y vatiaje del Panel fotovoltaico se empleó una tabla con grafica que muestra dichas variaciones.

#### 4.1.1. Prueba máxima carga

En la prueba de máxima carga se realizan pruebas de los diferentes ángulos de inclinación (0° a 90°) y diferentes orientaciones (norte, sur, este, oeste).

Para la carga se emplea un ventilador con las siguientes especificaciones:

**Tabla 6.** Ventilador de pedestal My Factory

Voltaje	11-120 V
Frecuencia	60 HZ
Potencia	60W

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 47.** Ventilador 110-120 v

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 48.** Pruebas con carga

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 49.** Batería 12 v 250 A (SAE)

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

## 4.2. RESULTADOS

En las siguientes tablas e imágenes se puede apreciar las pruebas de los diferentes ángulos de inclinación y orientación con carga empleando la fórmula para adquirir la eficiencia de su potencia.

$$n = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}} \times 100$$



**Ilustración 50.** Inclinación 0° orientación oeste

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 51.** Inclinación 80° orientación oeste

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

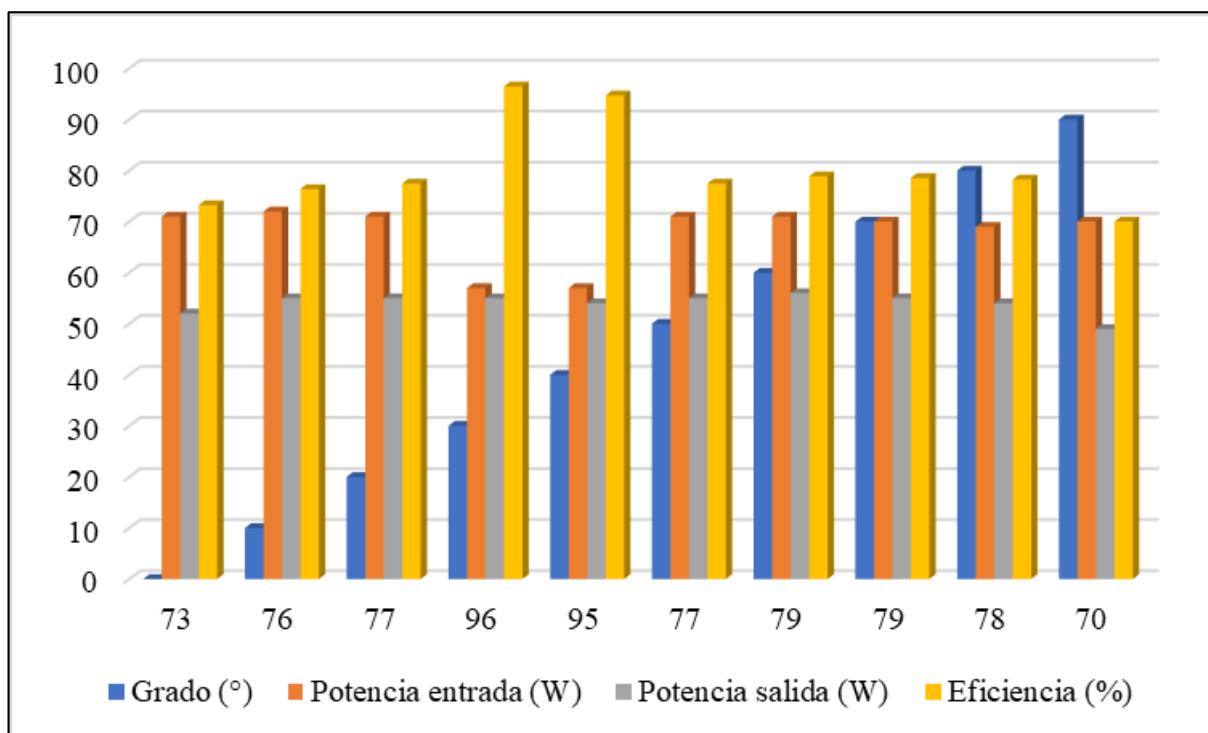
Cálculo de la eficiencia de los paneles solares basado en el ángulo de inclinación

### Orientación Norte

**Tabla 7.** Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación norte con carga

Grado (°)	Potencia entrada (W)	Potencia salida (W)	Eficiencia (%)
0	71	52	73
10	72	55	76
20	71	55	77
30	57	55	96
40	57	54	95
50	71	55	77
60	71	56	79
70	70	55	79
80	69	54	78
90	70	49	70

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 52.** Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros orientación norte con carga

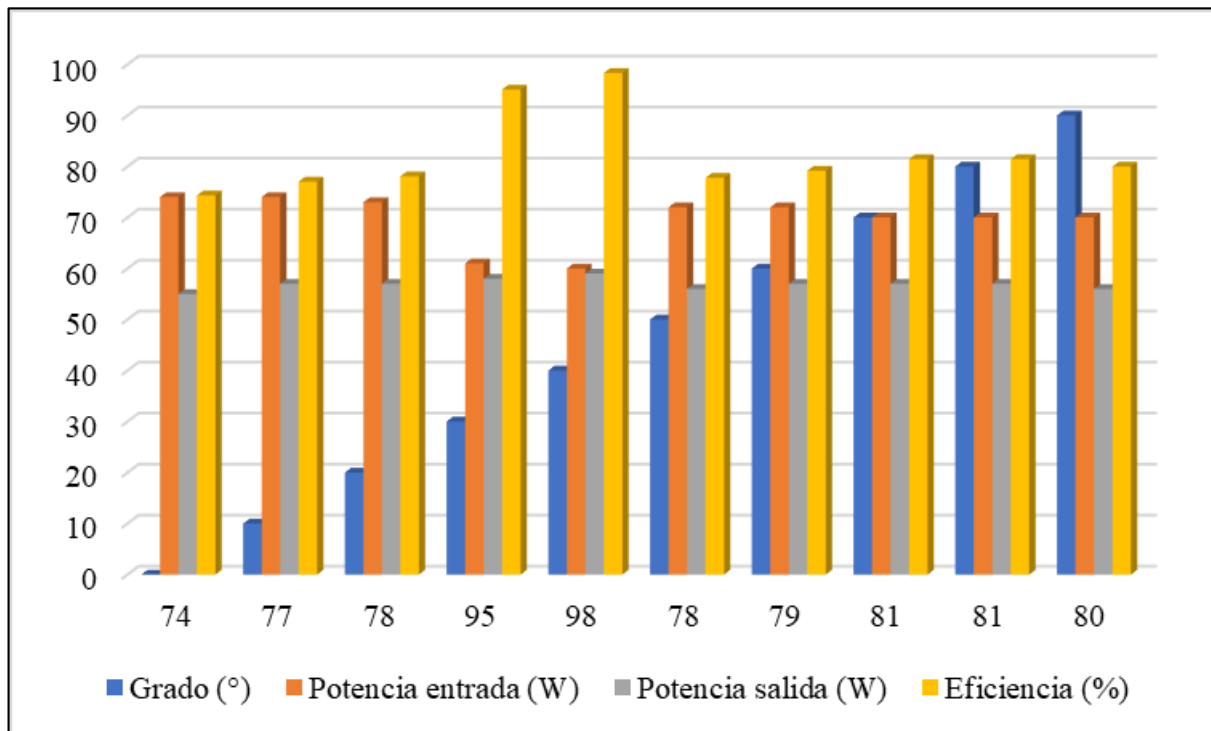
**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

### Orientación Sur

**Tabla 8.** Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación sur con carga

Grado (°)	Potencia entrada (W)	Potencia salida (W)	Eficiencia (%)
0	74	55	74
10	74	57	77
20	73	57	78
30	61	58	95
40	60	59	98
50	72	56	78
60	72	57	79
70	70	57	81
80	70	57	81
90	70	56	80

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 53.** Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros orientación sur con carga

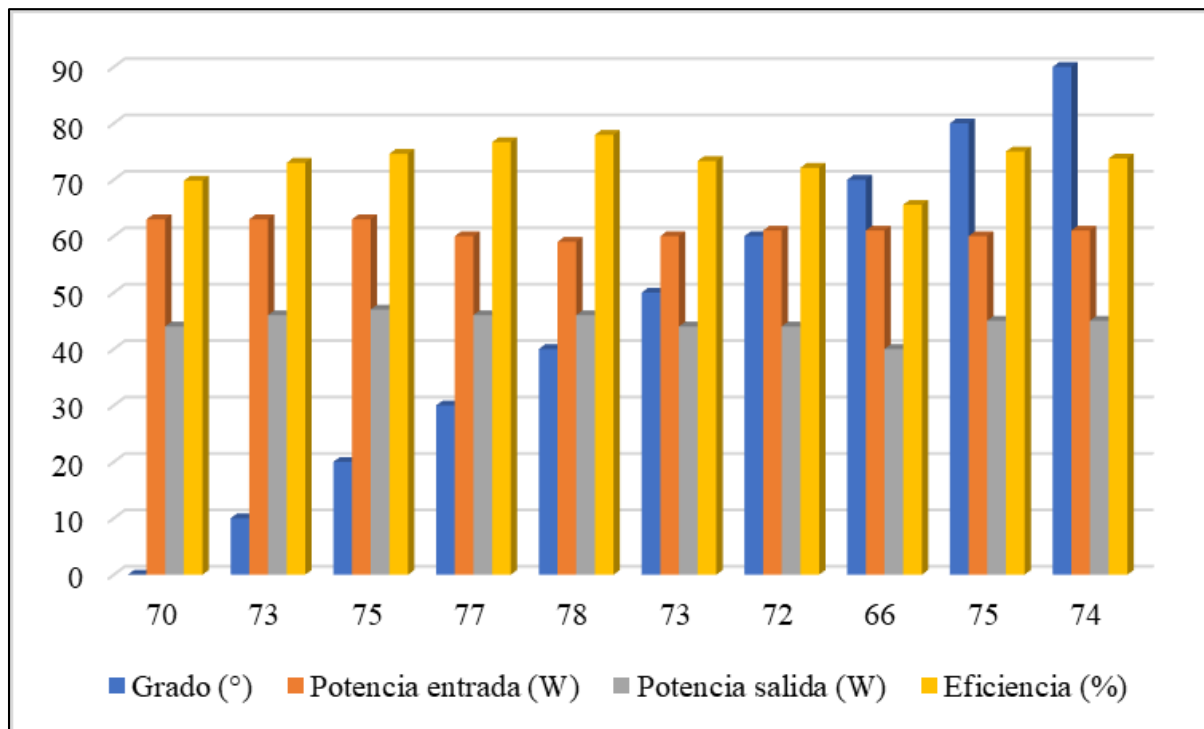
**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

### Orientación Este

**Tabla 9.** Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación este con carga

Grado (°)	Potencia entrada (W)	Potencia salida (W)	Eficiencia (%)
0	63	44	70
10	63	46	73
20	63	47	75
30	60	46	77
40	59	46	78
50	60	44	73
60	61	44	72
70	61	40	66
80	60	45	75
90	61	45	74

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 54.** Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros orientación este con carga

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

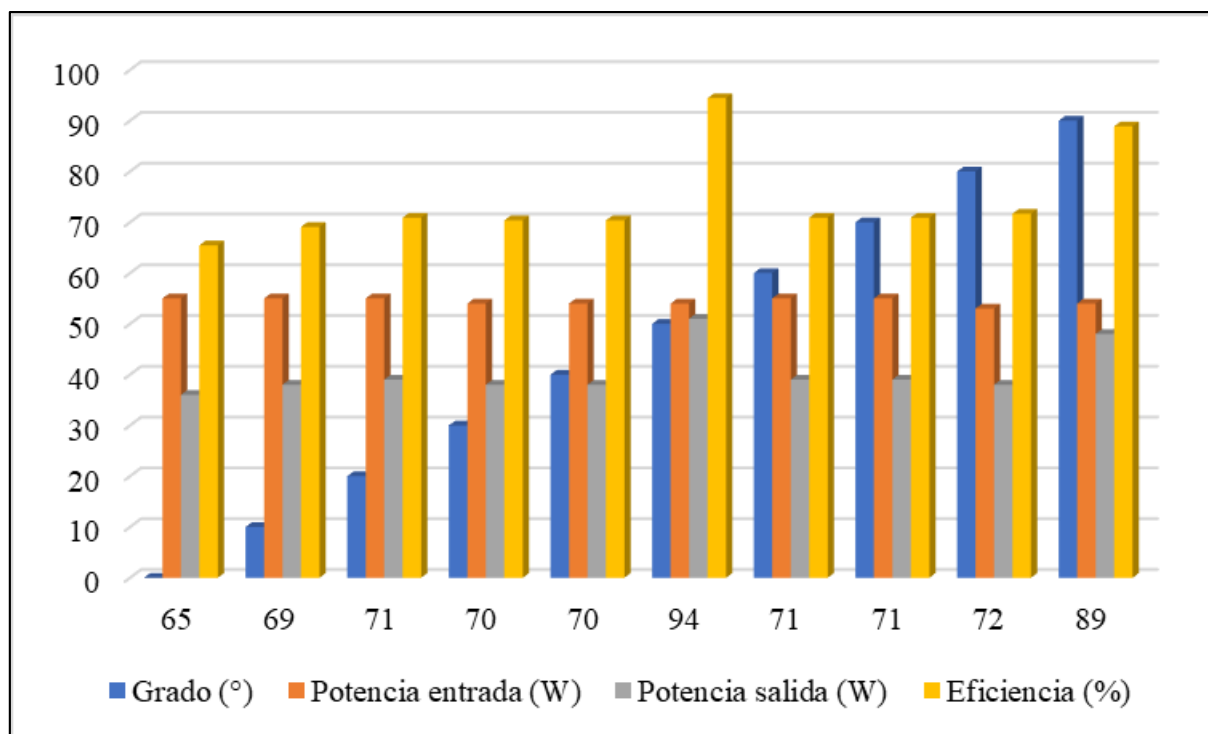
### Orientación Oeste

**Tabla 10.** Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación oeste con carga

Grado (°)	Potencia entrada (W)	Potencia salida (W)	Eficiencia (%)
0	55	36	65
10	55	38	69
20	55	39	71
30	54	38	70
40	54	38	70
50	54	51	94
60	55	39	71
70	55	39	71
80	53	38	72
90	54	48	89

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez





**Ilustración 55.** Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros orientación oeste con carga

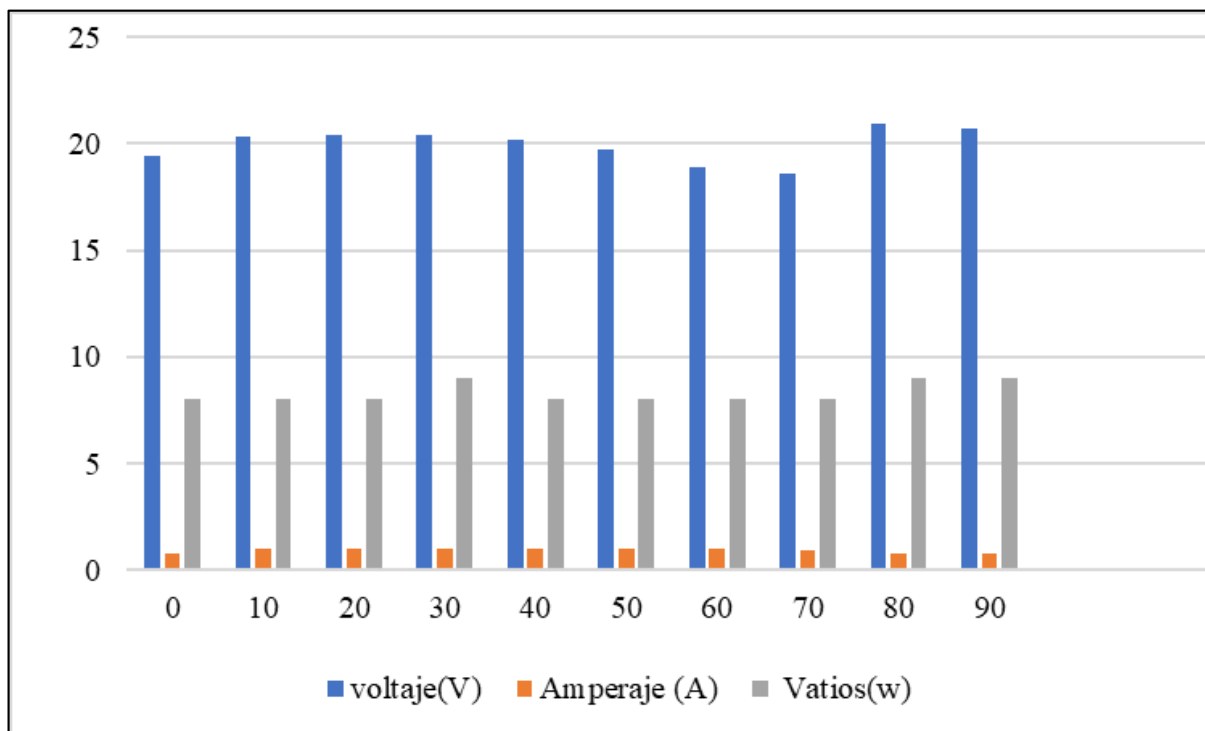
**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

### Orientación Sur sin carga

**Tabla 11.** Pruebas del panel fotovoltaico con ángulos del 0° a 90° orientación sur sin carga

Grado (°)	voltaje(V)	Amperaje (A)	Vatios(w)
0	19,4	0,8	8
10	20,3	1	8
20	20,4	1	8
30	20,4	1	9
40	20,2	1	8
50	19,7	1	8
60	18,9	1	8
70	18,6	0,9	8
80	20,9	0,8	9
90	20,7	0,8	9

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 56.** Muestra de las variaciones de los diferentes parámetros orientación sur sin carga

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

#### 4.2.1. Resultado de los diferentes ángulos de inclinación obtenidos de la aplicación

##### **Victronconnect**

En las siguientes tablas se puede apreciar los resultados generales del sistema solar datos obtenidos de la aplicación victronconnect.

**Tabla 12.** Valores obtenidos de la aplicación Victronconect orientación norte con carga

Grados	FV			Batería			Salida de carga		
	Potencia	Tensión	Corriente	Tensión	Corriente	Estado	Estado	Corriente	Potencia
0°	17W	19.67V	0.9A	13.81V	0.80A	Flotación	Encendida	1.4A	17W
10°	18W	20.01	0.9A	13.79V	0.80A	Flotación	Encendida	0.4A	6W
20°	18W	19.96V	0.9A	13.79V	0.80A	Flotación	Encendida	0.4A	6W
30°	17W	19.89V	0.9A	13.80V	0.80A	Flotación	Encendida	0.4A	6W
40°	17W	20.33V	0.9A	13.80V	0.80A	Flotación	Encendida	0.4A	6W
50°	17W	20.28V	0.8A	13.80V	0.80A	Flotación	Encendida	0.4A	6W
60°	18W	19.79V	0.9A	13.81V	0.90A	Flotación	Encendida	0.4A	6W
70°	18W	20.01V	0.9A	13.80V	0.80A	Flotación	Encendida	0.4A	6W
80°	18W	19.10V	0.9A	13.80V	0.80A	Flotación	Encendida	0.4A	6W
90°	19W	18.39V	1.0A	11.82V	0.10A	Carga inicial	Encendida	0.4A	6W

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

**Tabla 13.** Valores obtenidos de la aplicación Victronconnect orientación sur sin carga

Grados	FV			Batería			Salida de carga		
	Potencia	Tensión	Corriente	Tensión	Corriente	Estado	Estado	Corriente	Potencia
0°	8W	19.40V	0.4A	13.59V	0.60A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
10°	8W	20.35V	0.4A	13.50V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
20°	8W	20.43V	0.4A	13.62V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
30°	9W	20.43V	0.4A	13.60V	0.60A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
40°	8W	20.27V	0.4A	13.60V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
50°	8W	19.77V	0.4A	13.62V	0.60A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
60°	8W	18.95V	0.4A	13.60V	0.60A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
70°	8W	18.69V	0.4A	13.60V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
80°	9W	20.91V	0.4A	13.60V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
90°	9W	20.78V	0.4A	13.59V	0.60A	Flotación	Encendida	0.0A	0W

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

**Tabla 14.** Valores obtenidos de la aplicación Victronconect orientación este sin carga

Grados	FV			Batería			Salida de carga		
	Potencia	Tensión	Corriente	Tensión	Corriente	Estado	Estado	Corriente	Potencia
0°	9W	20.35V	0.4A	13.60V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
10°	8W	20.63V	0.4A	13.68V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
20°	8W	19.48V	0.4A	13.54V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
30°	9W	20.20V	0.4A	13.60V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
40°	8W	19.64V	0.4A	13.60A	0.60A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
50°	8W	18.67V	0.4A	13.60V	0.60A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
60°	9W	18.36V	0.5A	13.60V	0.50A	Flotación	Encendida	0.0A	0W
70°	15W	16.17V	0.9A	12.11V	1.30A	Carga inicial	Encendida	0.0A	0W
80°	72W	18.31V	3.9A	14.39V	1.20A	Absorción	Encendida	0.0A	0W
90°	72W	18.50V	3.9A	14.40V	0.90A	Absorción	Encendida	0.0A	0W

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

**Tabla 15.** Valores obtenidos de la aplicación Victronconect orientación oeste sin carga

Grados	FV			Batería			Salida de carga		
	Potencia	Tensión	Corriente	Tensión	Corriente	Estado	Estado	Corriente	Potencia
0°	71W	18.31V	3.9A	14.40V	1.10A	Absorción	Encendida	3.6A	52W
10°	72W	18.46V	3.9A	14.47V	1.00A	Absorción	Encendida	3.8A	55W
20°	71W	18.48V	3.9A	14.39V	1.10A	Absorción	Encendida	3.8A	55W
30°	71W	18.49V	3.9A	14.41V	1.20A	Absorción	Encendida	3.8A	55W
40°	71W	18.25V	3.9A	14.38V	0.90A	Absorción	Encendida	4.0A	58W
50°	71W	17.76V	4.0A	14.37V	0.90A	Absorción	Encendida	3.8A	55W
60°	71W	16.62V	4.3A	14.4V	1.10A	Absorción	Encendida	3.9A	56W
70°	57W	14.28V	4,0A	12.91V	0.00A	Absorción	Encendida	4.2A	55W
80°	31W	11.80V	2.6A	10.66V	0	Absorción	Encendida	4.9A	54W
90°	25W	11.57V	2.2A	9.90V	0	Absorción	Encendida	4.9A	49W

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

## CAPITULO V

### 4.2.2. SOFTWARE A UTILIZAR PVSYST

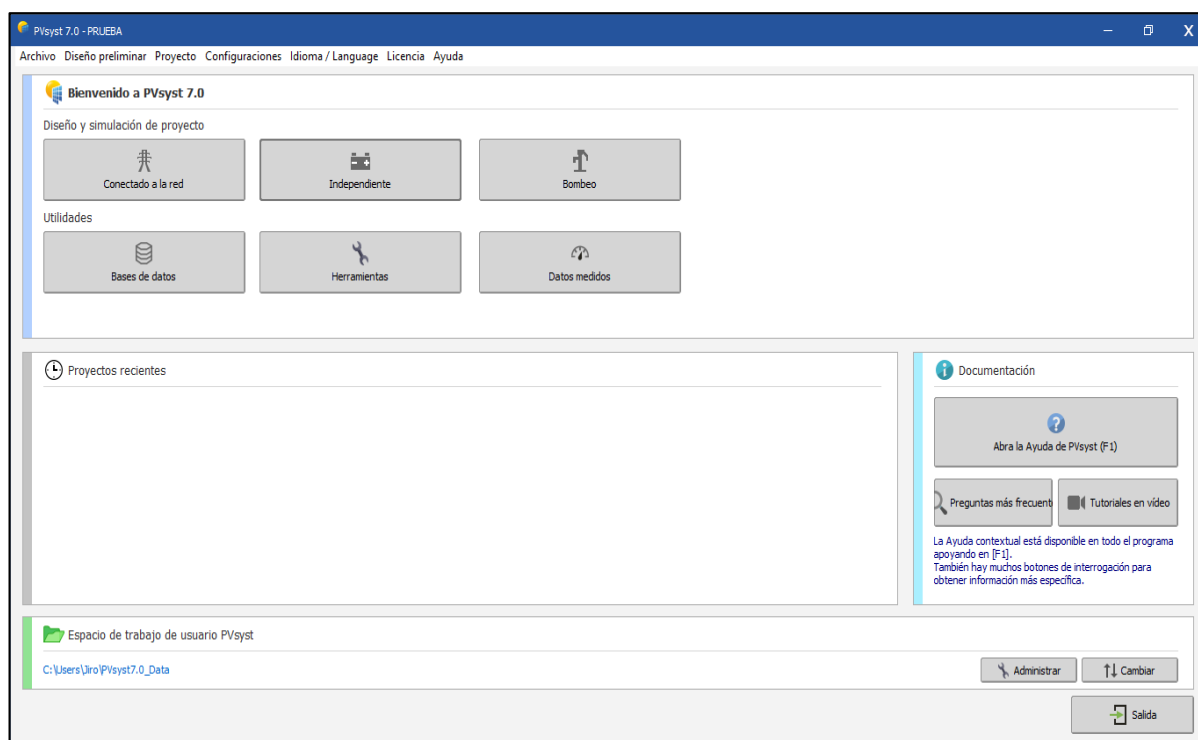
Este software es computacional su diseño se basa en su simpleza al procedimiento de diseño y su rapidez, de forma que el dimensionamiento y su forma de simular conexión a la red mediante sus sistemas fotovoltaicos, siguiendo con la identificación del área y su potencia (fv), seleccionamos los módulos en los componentes comerciales de su base interna, mediante el inversor se libera el programa y la configuración preliminar es llevada a simulación siempre y cuando estén en el porcentaje de rango adecuado para el funcionamiento, mediante colores presentados en forma de código son la señal de advertencia para un error en la configuración del software. [13]

Como lo indica Ramos, la forma de dimensionar el sistema es dar el uso visual a las herramientas, la curva I-V es característica dando la numeración correcta a los módulos, regulando la carga y dando al inversor los límites en las potencias, de manera que gráficamente se de la distribución cada año del arreglo fotovoltaico, las pérdidas y las consecuencias de la sobrecarga anual es dada por el tamaño del inversor, con el factor 1,25 se sobredimensiona el inversor. Se definen dos condiciones las ambientales y las de sombreado. Hay pérdidas de cableado, suciedad calidad del módulo los puntos calientes de indisponibilidad del sistema son evaluados por su comportamiento eficiente y su matriz

El reporte y la simulación de los resultados analizados durante un año es dado en un archivo pdf, exportable, la producción de energía (kwh) es uno de los principales resultados obtenidos con estos evaluamos la rentabilidad en términos económicos de nuestro sistema solar fotovoltaico, la energía y el sistema es indicado por el rendimiento de calidad del índice y

especifica la potencia que es la división de energía pico de este sistema, el de la producción en el lugar de implementación es disponible por su irradiación. [13]

Se muestra en las ilustraciones siguientes varias y diferentes configuraciones (independiente, conectado a la red y de bombeo) que son analizadas y dimensionadas. Para la correcta verificación de su trayectoria y su disponibilidad del módulo disponible, es un sistema independiente o aislado escogido por la Universidad Politécnica Salesiana. [13]



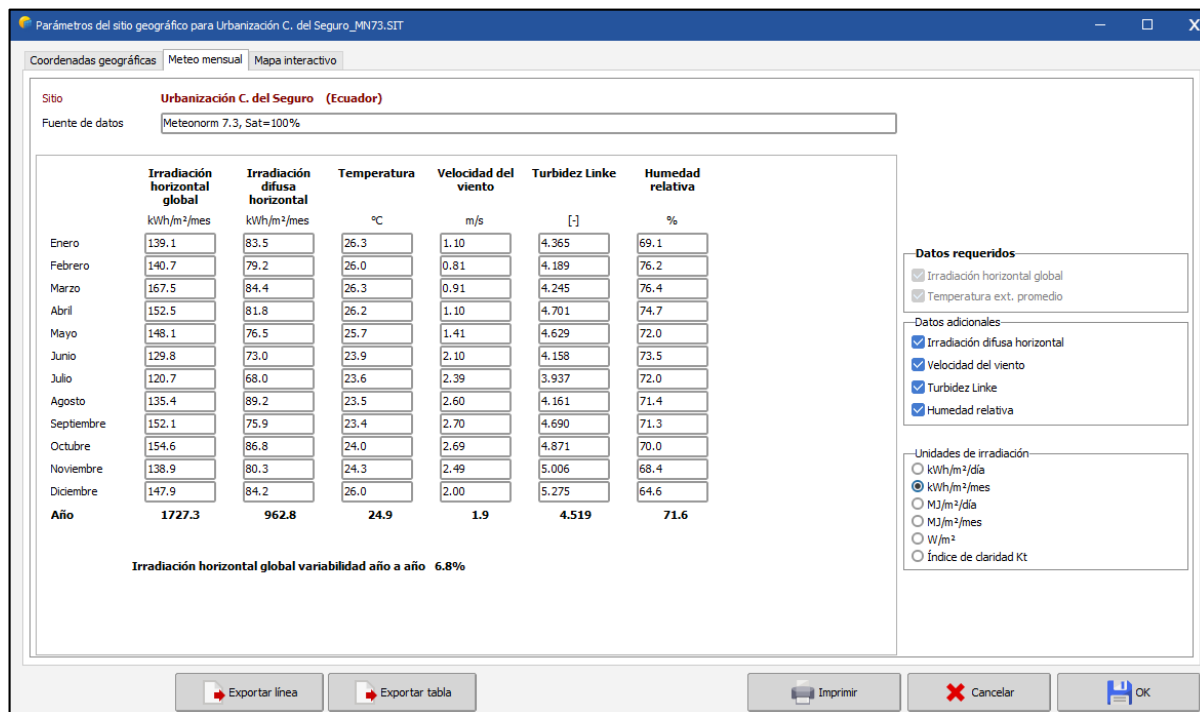
**Ilustración 57.** Diferentes tipos de sistemas en el software Pvsyst

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

Un sistema independiente ubicamos el mapa el sitio donde se llevara a cabo la implementación en los términos de longitud y de latitud descargamos variables meteorológicas en la base disponible en meteonom Nasa o Pvgis en sus respectivas unidades de la irradiación, por primera base es seleccionado el documento y KWH/M/mes



como la unidad, muestran muchas variables como la velocidad la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del viento dentro del punto que lo seleccionamos. [13]



**Ilustración 58.** Variables meteorológicas en el lugar seleccionado

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

Guardada la ubicación se presenta la ilustración 59 que es la página principal para el procedimiento de dimensionamiento del SF donde se tiene que ingresar varios parámetros principales que se mencionan a continuación. [13]

The screenshot displays the main interface of the Pvsyst software, divided into two main sections: 'Proyecto' (Project) and 'Variante' (Variant).

**Proyecto Section:**

- Buttons: Nuevo, Carga, Guardar, Configuración del proyecto, Eliminar, Cliente.
- Nombre del proyecto:  Nombre del cliente: No definido
- Archivo del sitio: Urbanización C. del Seguro\_MN73.SIT Meteoronorm 7.3, Sat=100% Ecuador
- Archivo meteo: Urbanización C. del Seguro\_MN73\_SYN.MET Meteoronorm 7.3, Sat=100% Sintético 0 k

**Variante Section:**

- Buttons: Nuevo, Guardar, Importar, Reordenar, Eliminar.
- Variante n°: VCO : Proyecto 2
- Parámetros principales:
  - Orientación
  - Necesidades usuario
  - Sistema
  - Pérdidas detalladas
- Opcional:
  - Horizonte
  - Sombreados cercanos
  - Evaluación económica
- Simulación:
  - Ejecutar simulación
  - Simulación avanzada
  - Informe
  - Resultados detallados

**Resumen de resultados:**

Tipo de sistema: Sistema independiente con baterías

Producción del sistema	1679 kWh/año
Producción específica	1400 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento	0.738
Producción normalizada	3.50 kWh/kWp/día
Pérdidas del conjunto	0.94 kWh/kWp/día
Pérdidas del sistema.	0.31 kWh/kWp/día

Sitio y archivo Meteo utilizado para esta:

Sitio:   
 Archivo meteo:

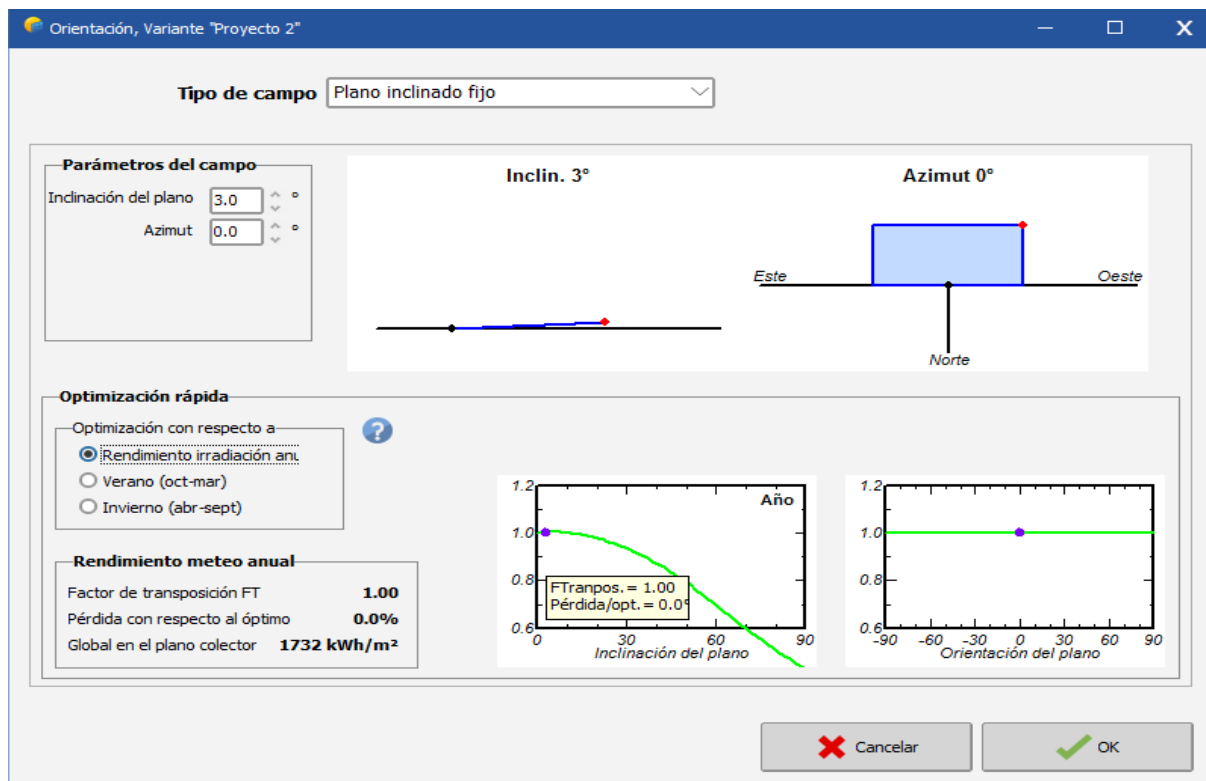
Botón: Salida

**Ilustración 59.** Interfaz principal del proyecto de dimensionamiento de Pvsyst

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

## 5.2. Resultados de la simulación

Fundamentalmente para la lograr los objetivos con el software se basa tanto en la orientación y la inclinación de los paneles, no específicamente en los dimensionamientos de los sistemas. [13]



**Ilustración 60.** Orientación para un plano inclinado fijo

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

Para verificar el rendimiento que tienen los paneles fotovoltaicos basado en su inclinación la forma experimental es dada por el voltaje, que lo representamos en la siguiente tabla, donde los paneles que reflejan el 0% de pérdidas en optima inclinación corresponde a la inclinación de  $0^{\circ}$  a  $10^{\circ}$ . [13]

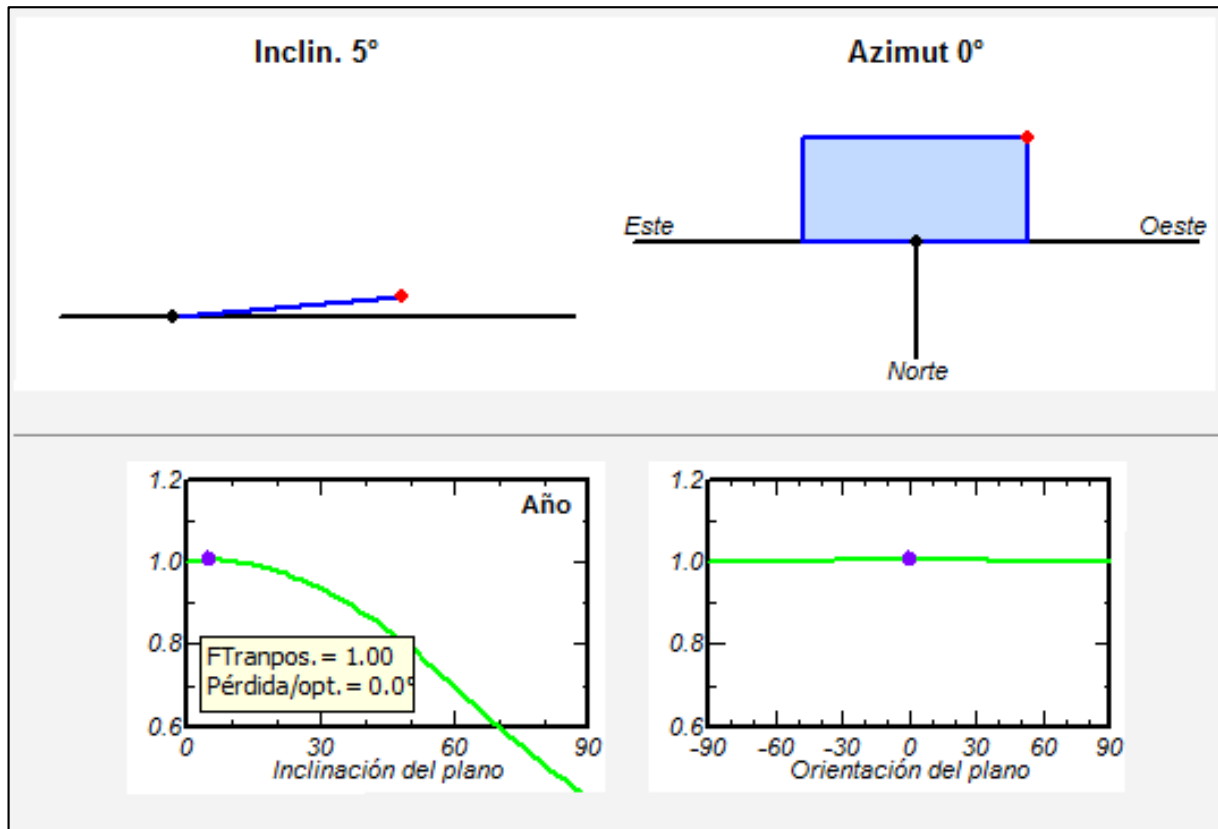
**Tabla 16.** Rendimiento del plano inclinado respecto a la inclinación

Inclinación FV	$0^{\circ}$	$5^{\circ}$	$10^{\circ}$	$20^{\circ}$	$30^{\circ}$
kWh/m <sup>2</sup>	1727	1733	1728	1690	1614
Pérdidas frente al óptimo	0%	0%	0%	-2.20%	-6.50%

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

Mientras que a  $5^{\circ}$  de inclinación pose una irradiación mayor y su inclinación adoptada, sabiendo que el correcto mantenimiento que se les brinda a los paneles ya que a esa inclinación es las más factibles que se llene de polvo y de esta manera disminuye el rendimiento. En la

ilustración 61 se nota la inclinación en el módulo, el azimut a  $0^\circ$  por orientación en el plano y por bajo rendimiento en inclinación. [13]



**Ilustración 61.** Resultados de la inclinación óptima

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

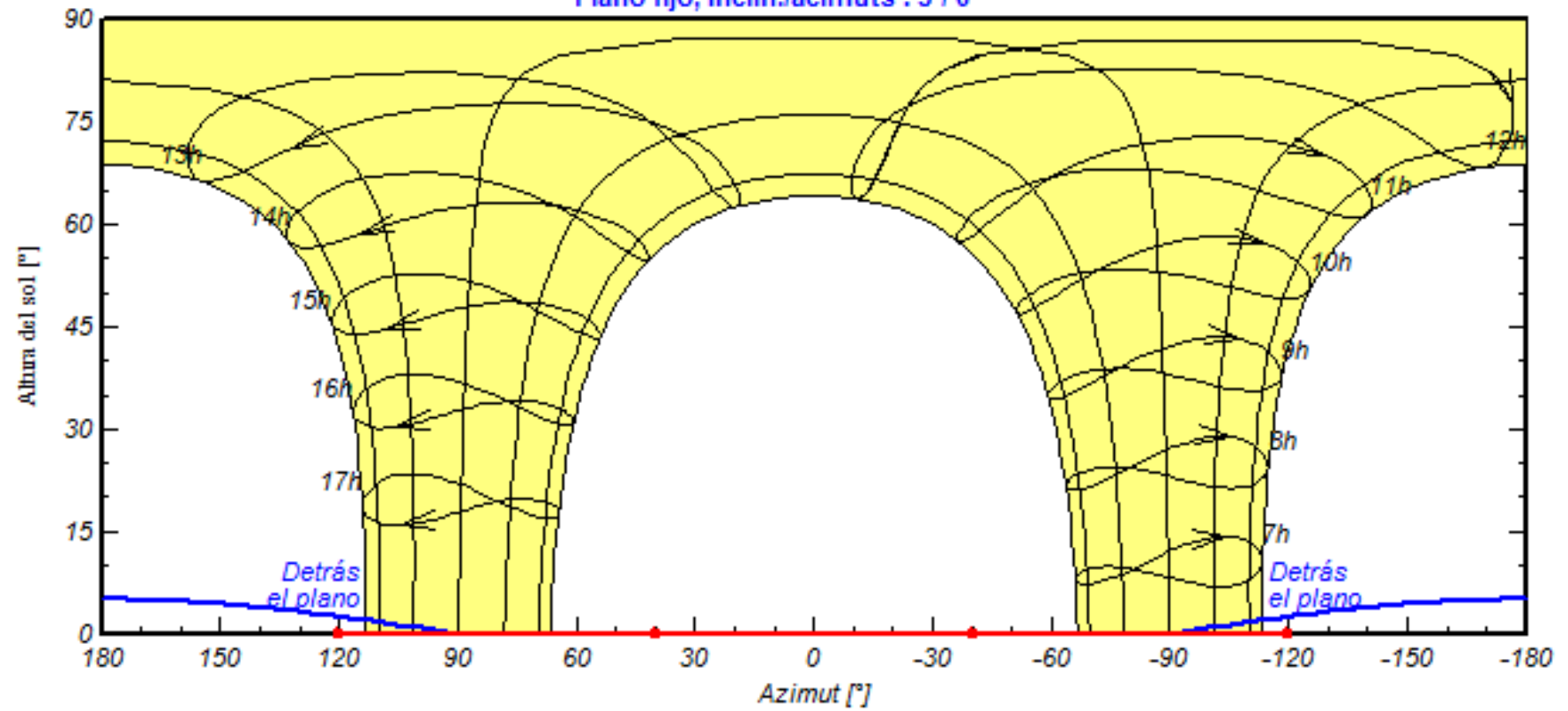
Para la trayectoria de una óptima inclinación en el mapa se refleja en la ilustración 62, en la cual existen pérdidas producto del sombreado en dado este año. Esto es producido por su latitud llegada a 0, las 12 horas diarias de luz brindadas por el sol al plano perpendiculares de los rayos durante el año, dadas estas condiciones el análisis reflejo que es el lugar más apropiado para la instalación de estos sistemas solares. [13]

Comentario

Línea de horizonte en Urbanización C. del Seguro

### Dibujo lineal de horizonte - Hora Legal

Plano fijo, Inclín./acimuts : 5°/ 0°



**Ilustración 62.** Mapa de trayectoria del sistema

Fuente: Ronny Plua & Jordano Valdez

## CAPÍTULO V

### 5.1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Tabla 17.** Cronograma de actividades

No.	Nombre de Tarea	NOMBRES DE LAS PERSONAS QUE REALIZARON EL TRABAJO	DURACIÓN	COMIENZO	FIN
1	Inicio de proyecto	Jordano Valdez, Ronny Plua	1 dia	4/4/2023	4/4/2022
2	Diseño de Modulo	Jordano Valdez, Ronny Plua	8 dias	5/4/2022	13/4/2022
3	Diseño de laminas del modulo	Jordano Valdez, Ronny Plua	11 dias	14/4/2022	25/4/2022
4	Eleccion de Materiales del Modulo	Jordano Valdez, Ronny Plua	5 dias	26/4/2022	31/04/2022
5	Cotizaciones de elementos	Jordano Valdez, Ronny Plua	7 dias	2 /5/20202	9/5/2022
6	Copra de elementos	Jordano Valdez, Ronny Plua	7 dias	13/5/2022	20/5/2022
7	Correcciones y Obsrvaciones	Jordano Valdez, Ronny Plua	2 dias	21/5/2022	23/5/2022
8	Revisión #1 de parte del tutor	Jordano Valdez, Ronny Plua	2 dias	24/5/2022	26/5/2022
9	Revisión #2 de parte del tutor	Jordano Valdez, Ronny Plua	2 dias	27/5/2022	29/5/2022
10	Pruebas con los elementos en la terraza del edificio E	Jordano Valdez, Ronny Plua	15 dias	30/5/2022	14/6/2022
11	Presentación física de los elementos en sus respectivas láminas	Jordano Valdez, Ronny Plua	4 dias	17/6/2022	21/6/2022
12	Revisión # 3 de parte del tutor	Jordano Valdez, Ronny Plua	8 dias	22/6/2022	30/6/2022
13	Revisión # 4 de parte del tutor	Jordano Valdez, Ronny Plua	8 dias	4/7/2022	12/7/2022
14	Montajes de elementos en modulo	Jordano Valdez, Ronny Plua	10 dias	13/7/2022	23/7/2022
15	Pruebas con los elementos ya en el módulo Montado	Jordano Valdez, Ronny Plua	11 dias	24/7/2022	03/08/202
16	Revisión de # 5 de parte del tutor	Jordano Valdez, Ronny Plua	7 dias	10/8/2022	17/8/2022
17	Últimos Cambios de tesis escrita	Jordano Valdez, Ronny Plua	15 dias	22/8/2022	5/9/2022
18	Sustentación de Tesis	Jordano Valdez, Ronny Plua	22 dias	8/9/2022	30/9/2022

**Elaborado por:** Ronny Plua & Jordano Valdez

## 5.2. PRESUPUESTO

**Tabla 18.** Presupuesto del módulo fotovoltaico

Descripción de Materiales	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Estructura y planchas del módulo	1	\$350	\$350
Soporte de panel y reflectores	1	\$250	\$250
Baterías selladas 12v 40 Ah	2	\$130	\$260
Controlador MPW LCD&USB 12/24V-10A	1	\$48.26	\$48.26
Controlador MPPT 75/15	1	\$147	\$147
Inverter 12/250 120V	1	\$167.36	\$167.36
Microinversor 120V /230	1	\$115	\$115
Variac	1	\$ 76.72	\$76.72
Medidores Digitales en AC	1	\$85	\$85
Foco Led 6W	1	\$6	\$6
Foco Halogeno de 50 W	1	\$13	\$13
Bornera Color Roja 14mm	30	\$ 0.45	\$13.5
Bornera Color Negra 14mm	25	\$0.45	\$11.25
Bornera Color Verde 14mm	10	\$0.45	\$4.5
Plug Banana Color Rojo	25	\$2.15	\$53.75
Plug Banana Color Negro	20	\$2.15	\$43
Plug Banana Color Verde	12	\$2.15	\$25.80
Selectores	2	\$7	\$14
Metro Cable Flexible color Roja 20 AWG	15	\$ 0.40	\$6
Metro Cable Flexible color Negro 20 AWG	15	\$0.40	\$6
Metro Cable Flexible color Verde 20AWG	15	\$0.40	\$6
BREAKER 5A	2	\$15	\$30
BREAKER 15 A	1	\$18	\$18
Reflectores de 200w	1	\$55	\$55
Computadora monitor y soporte	1	\$400	\$400
Panel Solar	1	\$150	\$150
<b>Total</b>			2355.14

**Elaborado por:** Ronny Plua & Jordano Valdez

## CAPÍTULO VI

### 6.1. CONCLUSIONES

Se planifico el diseño de los planos tanto eléctricos como estructurales para su aprobación como se observa en el capítulo 7 (Diagramas del módulo de prueba página 59) y posteriormente para su elaboración metalmecánica de su estructura y láminas para poder realizar el respectivo montaje en sus medidas acopladas a cada uno de los elementos de control como se observa en el capítulo 3 (3.1.4.Estructura del módulo)

Se determinaron los datos del rendimiento del panel fotovoltaico basado en el ángulo de inclinación como se observa en el capítulo 4.1.1 (pruebas en máxima carga), mediante la eficiencia de la potencia obtenida como se observa en las tablas del índice 4.2(resultados)

Tenemos que la inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos está entre los 30° y 40°orientación sur.

Con el uso del software Pvsyst se realizó el comportamiento del panel fotovoltaico bajo diferentes condiciones de ángulos como se observa en el capítulo 4(4.2.2 software a utilizar pvsyst) obteniendo valores aproximados a las tablas del capítulo 4.2.

Se determino el rendimiento del panel fotovoltaico comparando los datos de potencia y entrada y salida obtenidos en el capítulo 4.2 y a su vez comparando los datos obtenidos de la aplicación victron connect cuyas tablas las encontramos en el capítulo 4.2.1 y se observa la inclinación optima es de 30° y 40°.



## **6.2. RECOMENDACIONES**

Se recomienda complementar al módulo de prueba con un seguidor solar automático esto ayudará a lograr una mayor eficiencia desde el punto de vista energético permitirá un mayor aprovechamiento de la energía solar

Realizar estudios para incorporar equipos descargadores de voltaje para posibles sobretensiones que podrían afectar al módulo en el momento de realizar las pruebas en su máxima carga.

Se recomienda hacer un estudio de los diferentes ángulos de inclinación para un panel fotovoltaico con respecto a la época del año ya que esto afecta al rendimiento del panel

Se recomienda hacer un estudio con diferentes cargas para constatar la efectividad de los diferentes ángulos de inclinación.

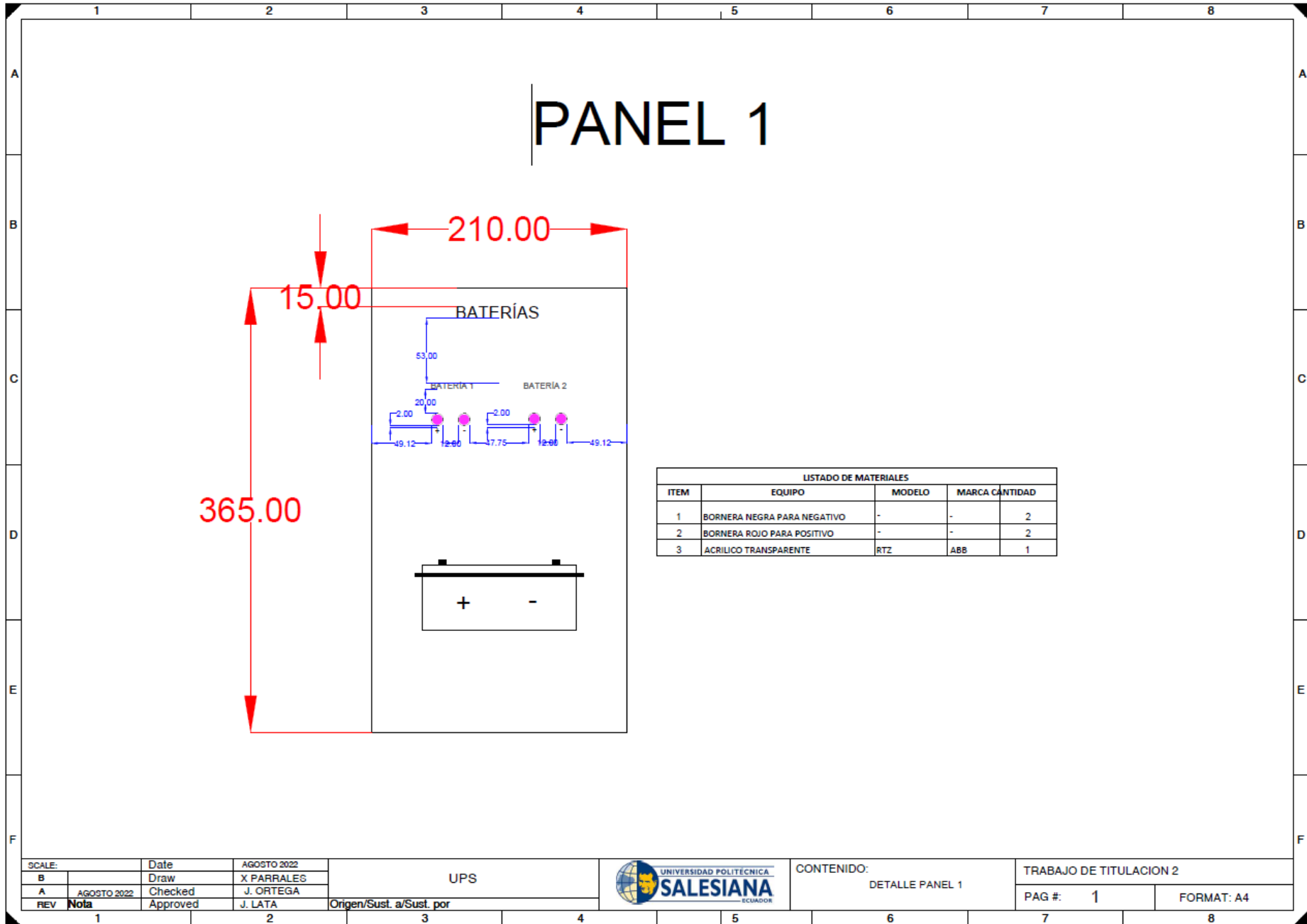
## CAPITULO VII

### 7.1. REFERENCIAS

- [1] K. Israel, A. Siguenza, J. Geovanny, and C. Vidal, “Implementación de un Sistema Fotovoltaico de 600w para alimentación del laboratorio de metrología,” 2020.
- [2] M. Zuñiga, “MODIFICACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE SERVICIOS CON GASOCENTRO DE GLP PARA LA INSTALACIÓN DE UN ESTABLECIMIENTO DE VENTA AL PÚBLICO DE GAS NATURAL VEHICULAR, CON SUMINISTRO ELÉCTRICO BASADO EN ENERGÍA SOLAR.,” *E“Efecto La Implementación La Gestión Logística Inversa En Los Result. Económicos Y Medioambientales La Empres. Ind. Reyemsa Periodo 2017,* p. 164, 2021, [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12336/MDzutoma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [3] J. R. Vilca Quispe, “Estudio para el bombeo de agua mediante la Energía Solar Fotovoltaica aplicado al riego en el Sector Ganadero de Rosaspata ubicado en la Cuenca Llallimayo,” *Univ. Nac. del Altiplano,* p. 179, 2021, [Online]. Available: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15432>.
- [4] W. E. Lindao, “Propuesta de Diseño de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica. Caso de Aplicación en Casa Comunal de Cooperativa Los Paracaidistas en la Ciudad de Guayaquil,” *J. Chem. Inf. Model.,* p. 87, 2020.
- [5] J. I. Palacios Rios and A. Morales Benavides, “Productividad de Paneles Solares Monocristalinos,” *Somim,* pp. 73–81, 2018.
- [6] I. Monar, “DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA OPTIMIZANDO EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES.,” *Syria Stud.,* vol. 7, no. 1, pp. 37–72, 2018, [Online]. Available:

- [https://www.researchgate.net/publication/269107473\\_What\\_is\\_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars\\_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625](https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625).
- [7] P. Dairon, “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA CONOCER LA VIABILIDAD DE IMPLEMENTAR CARGADORES O TOMAS DE CORRIENTE EN LAS BANCAS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA A TRAVES DE PANELES SOLARES PARA EL USO DE DISPOSITIVOS MOVILES,” p. 93, 2018.
- [8] M. Peñafiel, A. Joel, G. Bravo, and D. Andrés, “DIMENSIONAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS APLICADOS AL ÁREA RESIDENCIAL EN UN SECTOR COSTERO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS, ECUADOR,” p. 104, 2022.
- [9] A. Jalca, “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO AUTOSUSTENTABLE MEDIANTE PANELES SOLARES Y SU CONTRIBUCIÓN EN EL MEJORAMIENTO DE LA DEFICIENCIA DE ENERGÍA DEL RECINTO SANTA ROSA DEL CANTÓN JIPIJAPA,” p. 113, 2018.
- [10] J. Vargas, “EVALUACIÓN TÉCNICO AMBIENTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO,” pp. 1–20, 2020.
- [11] E. Cueva, J. Lucero, A. Guzmán, J. Rocha, and L. Espinoza, “Revisión del estado del arte de baterías para aplicaciones automotrices ( Review of the state of the art of batteries in automotive applications ),” pp. 166–176, 2018.
- [12] S. Morocho and D. Armando, “Diseño e implementación de técnicas de modulación por ancho de pulso para sistemas inversores de voltaje trifásicos,” p. 74, 2020.

- [13] D. Ramos, “Implementación de un módulo para el análisis de la trayectoria solar en paneles fotovoltaicos,” p. 73, 2021.



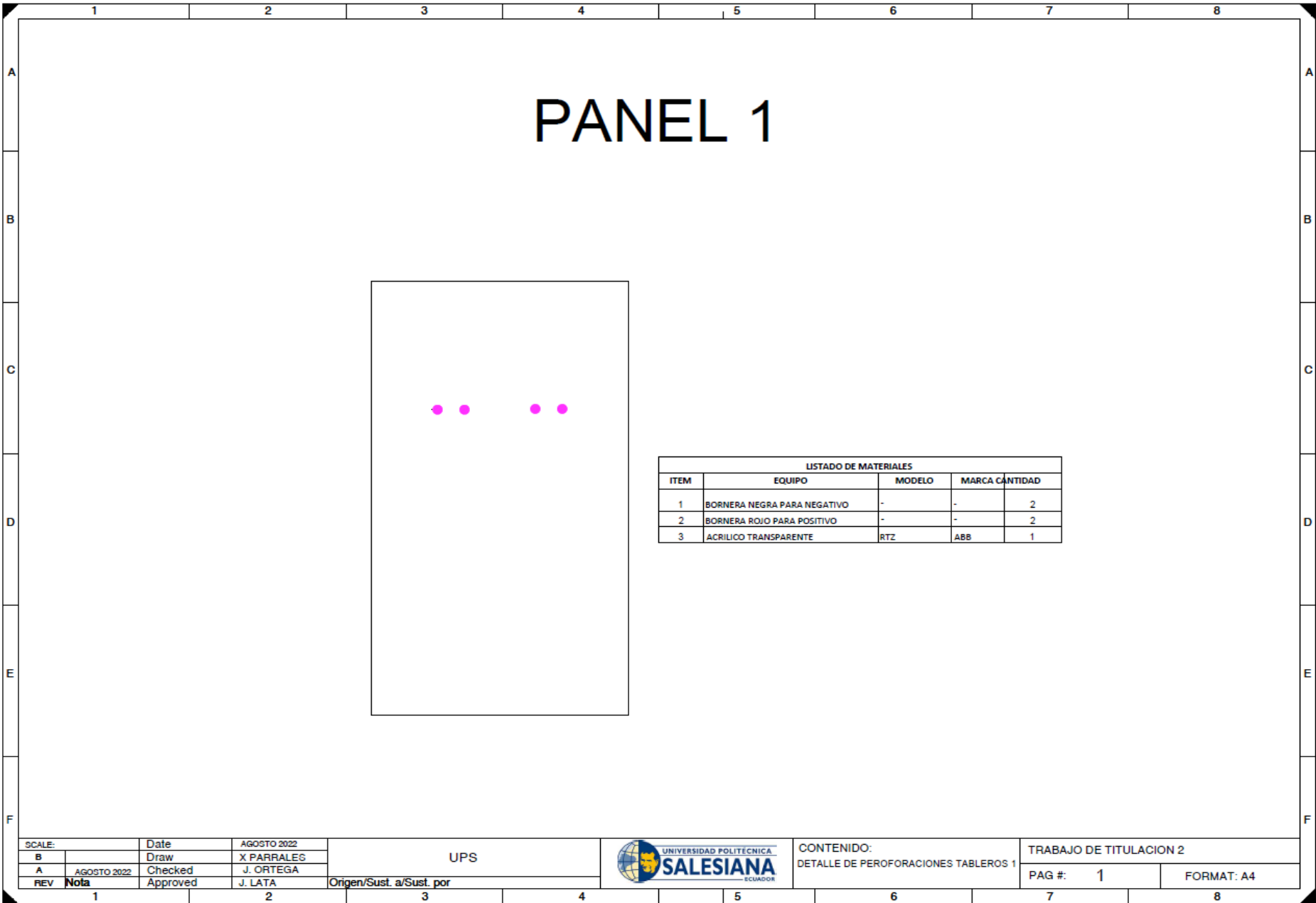
SCALE:	Date	AGOSTO 2022
B	Draw	X PARRALEG
A	AGOSTO 2022	Checked J. ORTEGA
REV	Nota	Approved J. LATA

UPS	
Origen/Sust. a/Sust. por	



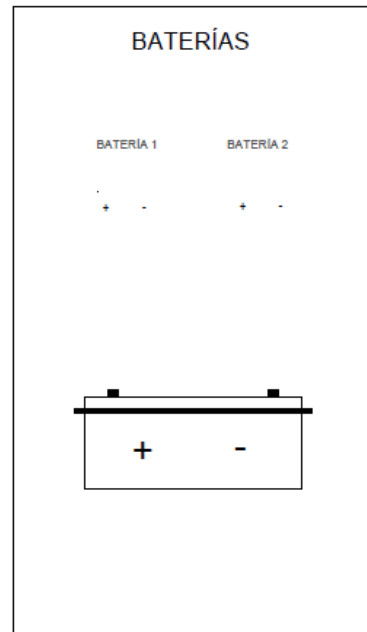
CONTENIDO:	DETALLE PANEL 1
------------	-----------------

TRABAJO DE TITULACION 2	
PAG #: 1	FORMAT: A4



SCALE:	Date	AGOSTO 2022					
B	Draw	X PARRALES	UPS			CONTENIDO:	
A	AGOSTO 2022	Checked	J. ORTEGA	Origen/Sust. a/Sust. por		DETALLE DE PERFORACIONES TABLEROS 1	TRABAJO DE TITULACION 2
REV	Nota	Approved	J. LATA			PAG #: 1	FORMAT: A4

# PANEL 1



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	BORNERA NEGRA PARA NEGATIVO	-	-	2
2	BORNERA ROJO PARA POSITIVO	-	-	2
3	ACRILICO TRANSPARENTE	RTZ	ABB	1

SCALE:	Date	AGOSTO 2022
B	Draw	X PARRALES
A	AGOSTO 2022	Checked J. ORTEGA
REV	Nota	Approved J. LATA

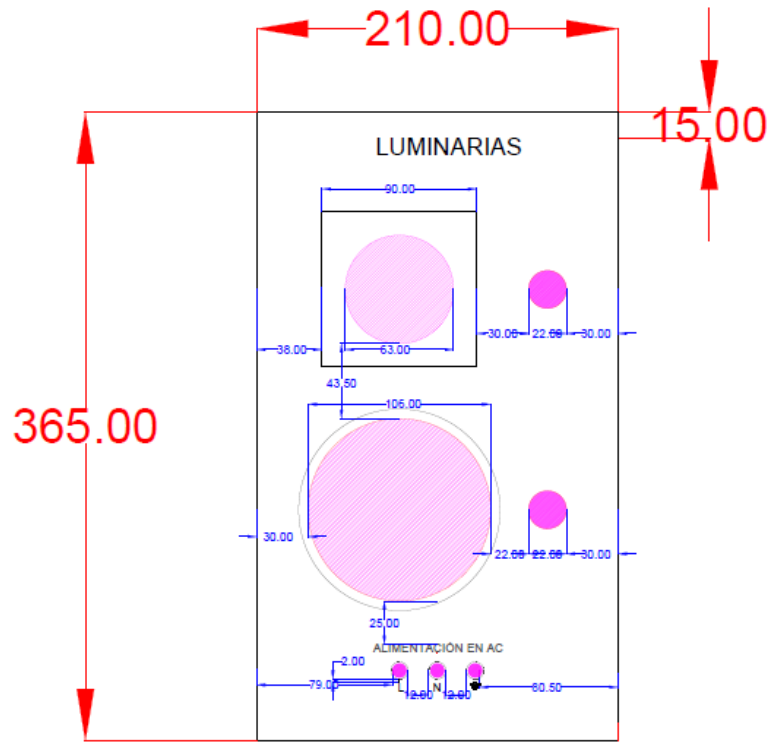
UPS	Origen/Sust. a/Sust. por
-----	--------------------------



CONTENIDO:	TRABAJO DE TITULACION 2
DETALLE SERIGRAFIA PANEL 1	PAG #: 2

FORMAT: A4
------------

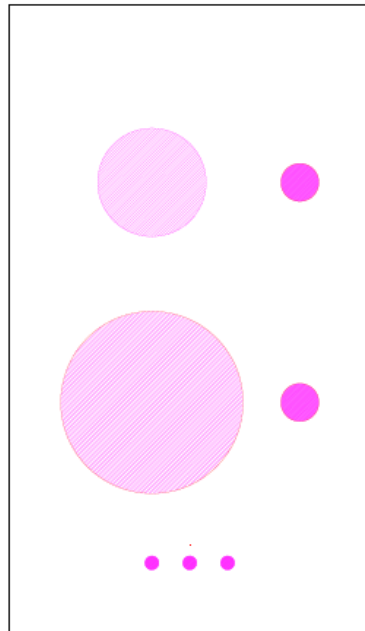
# PANEL 2



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	LUMINARIA LED 6W	-	-	2
2	SELECTOR ON/OFF	-	-	3
3	LUMINARIA LED 15W	-	-	1
4	BORNERAS DE CONEXION	-	-	3



# PANEL 2



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	LUMINARIA LED 6W	-	-	2
2	SELECTOR ON/OFF	-	-	3
3	LUMINARIA LED 15W	-	-	1
4	BORNERAS DE CONEXION	-	-	3

SCALE:	Date	AGOSTO 2022
	Draw	X PARRALES
C	AGOSTO 2022	Checked J. ORTEGA
REV	Nota	Approved J. LATA

UPS



CONTENIDO:  
DETALLE DE PERFORACIONES TABLERO 2

TRABAJO DE TITULACION 2

PAG #: 1

FORMAT: A4

1

2

3

4

5

6

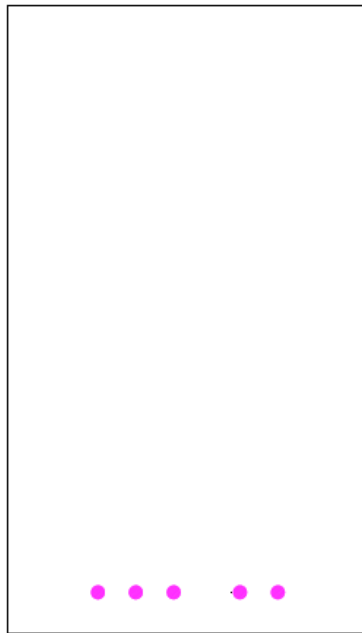
7

8



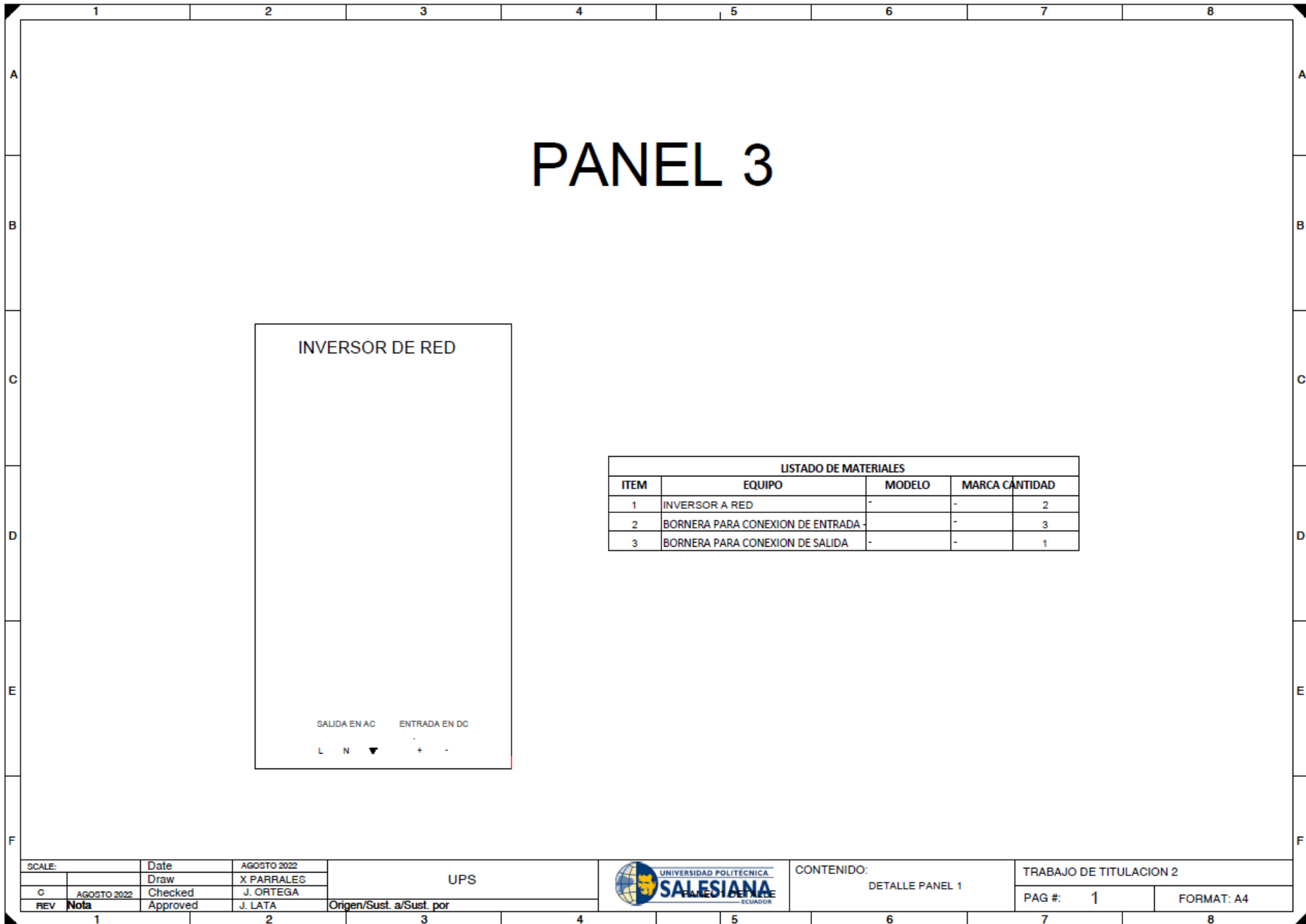


# PANEL 3



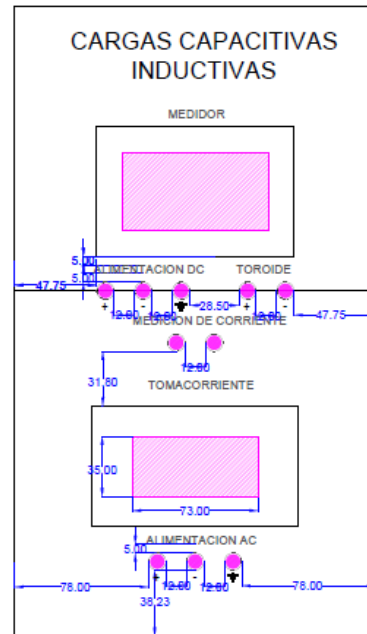
LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	INVERSOR A RED	-	-	2
2	BORNERA PARA CONEXION DE ENTRADA	-	-	3
3	BORNERA PARA CONEXION DE SALIDA	-	-	1

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS		CONTENIDO: DETALLE DE PERFORACIONES PANEL 3	TRABAJO DE TITULACION 2			
C	AGOSTO 2022	Draw				X PARRALES	PAG #: 3	FORMAT: A4	
REV	Nota	Checked				J. ORTEGA			
		Approved	J. LATA	Origen/Sust. a/Sust. por					



SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS		CONTENIDO:	TRABAJO DE TITULACION 2
	Draw	X PARRALES			DETALLE PANEL 1	
C	AGOSTO 2022	Checked	J. ORTEGA			PAG #: 1
REV	Nota	Approved	J. LATA	Origen/Sust. a/Sust. por		FORMAT: A4

# PANEL 4



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	MULTIMETRO DIGITAL	-	-	2
2	BORNERA PARA MEDICION DE VOLTAJE	-	-	3
3	BORNERA PARA ALIMENTACION DE MEDIDOR	-	-	2
4	BORNERAS PARA ALIMENTACION DE CORRIENTE	-	-	2
5	TOMACORRIENTE PARA SALIDA DE CARGAS			1
6	BORNERAS PARA ALIMENTACION DE TOMACORRIENTE	-	-	3

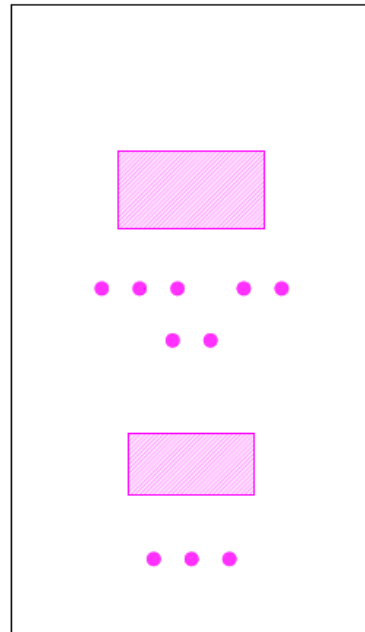
SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS	
	Draw	X PARRALES		
C	AGOSTO 2022	Checked		J. ORTEGA
REV	Nota	Approved		J. LATA
		Origen/Sust. a/Sust. por		



CONTENIDO:  
DETALLE PANEL 4

TRABAJO DE TITULACION 2  
PAG #: 1  
FORMAT: A4

# PANEL 4



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	MULTIMETRO DIGITAL	-	-	2
2	BORNERA PARA MEDICION DE VOLTAJE	-	-	3
3	BORNERA PARA ALIMENTACION DE MEDIDOR	-	-	2
4	BORNERAS PARA ALIMENTACION DE CORRIENTE	-	-	2
5	TOMACORRIENTE PARA SALIDA DE CARGAS			1
6	BORNERAS PARA ALIMENTACION DE TOMACORRIENTE	-	-	3

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS	
	Draw	X PARRALES		
C	AGOSTO 2022	Checked		J. ORTEGA
REV	Nota	Approved		J. LATA
			Origen/Sust. a/Sust. por	

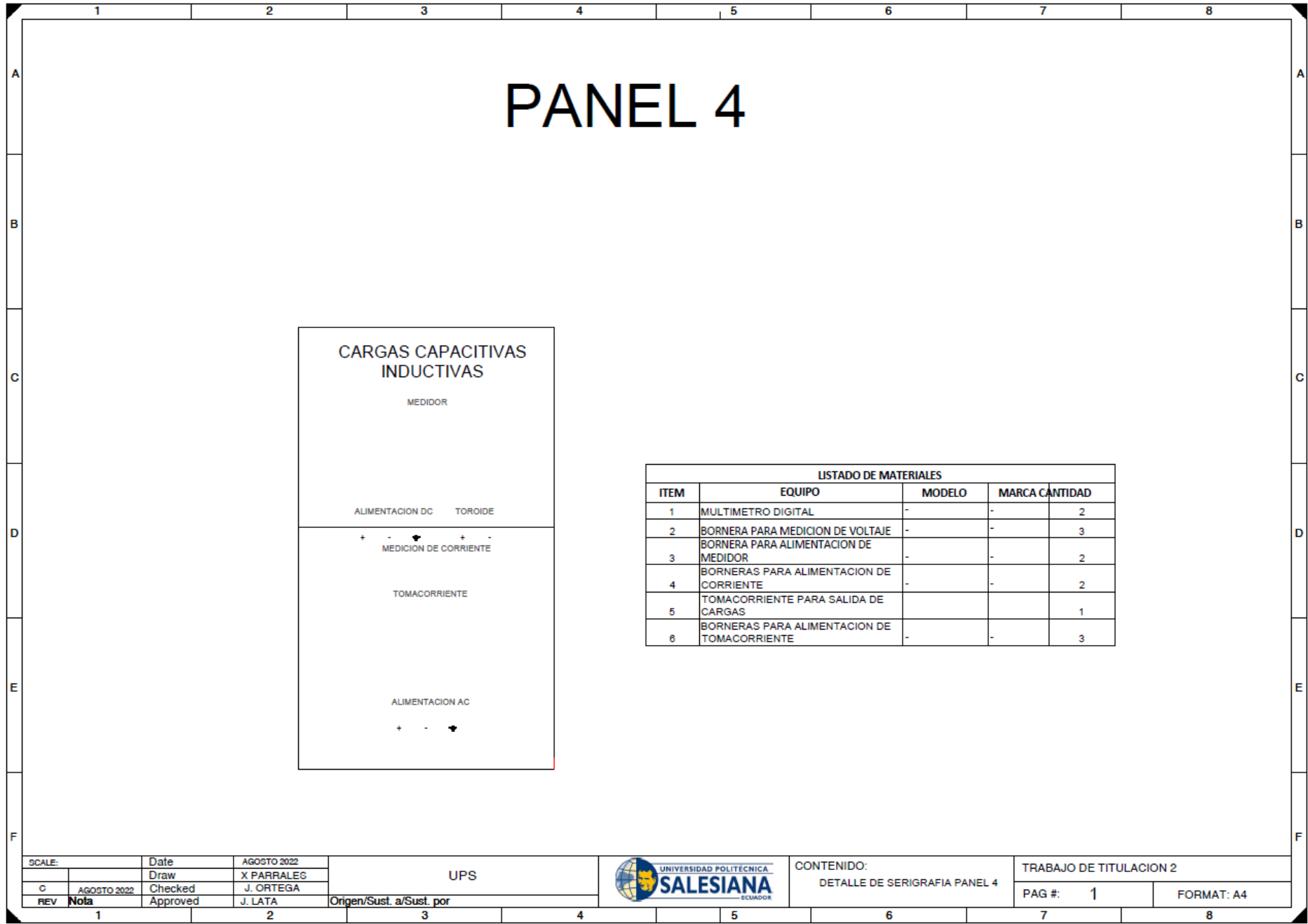


CONTENIDO:  
DETALLE DE PERFORACIONES PANEL 4

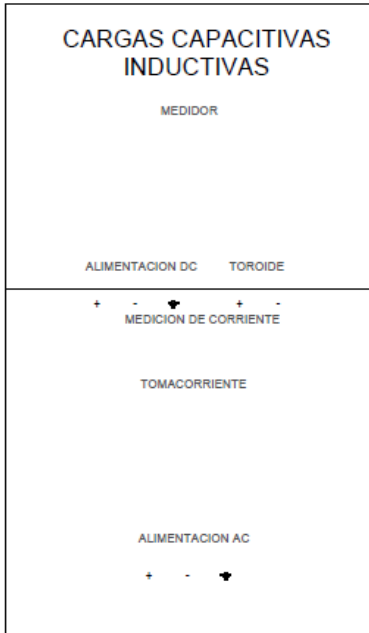
TRABAJO DE TITULACION 2

PAG #: 1

FORMAT: A4



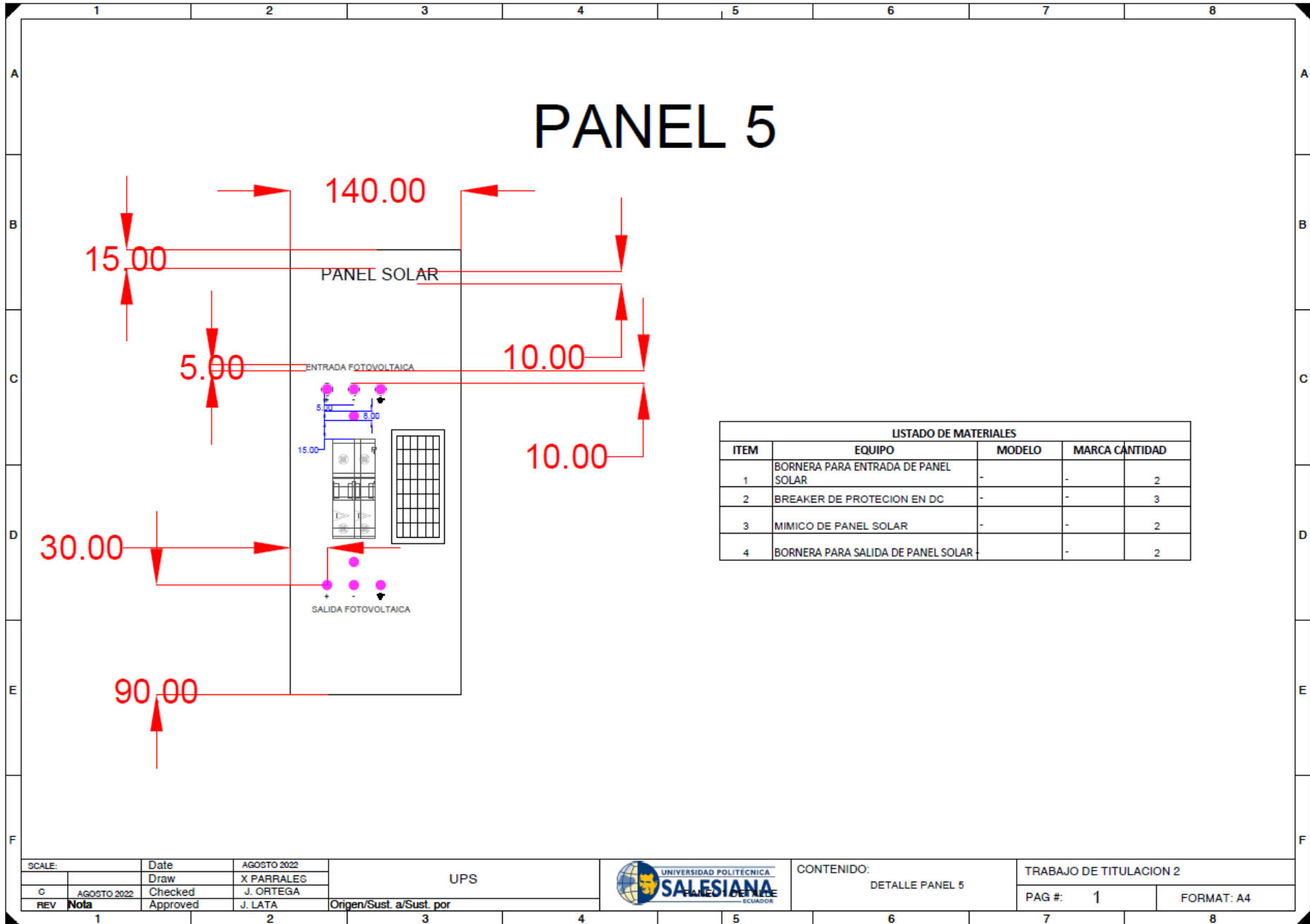
# PANEL 4



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	MULTIMETRO DIGITAL	-	-	2
2	BORNERA PARA MEDICION DE VOLTAJE	-	-	3
3	BORNERA PARA ALIMENTACION DE MEDIDOR	-	-	2
4	BORNERAS PARA ALIMENTACION DE CORRIENTE	-	-	2
5	TOMACORRIENTE PARA SALIDA DE CARGAS			1
6	BORNERAS PARA ALIMENTACION DE TOMACORRIENTE	-	-	3

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS		CONTENIDO: DETALLE DE SERIGRAFIA PANEL 4	TRABAJO DE TITULACION 2		
C	AGOSTO 2022	Draw				X PARRALES	PAG #: 1	FORMAT: A4
REV	Nota	Checked				J. ORTEGA		
		Approved	J. LATA	Origen/Sust. a/Sust. por				





SCALE:	Date	AGOSTO 2022
	Draw	X PARRALES
C	AGOSTO 2022	Checked J. ORTEGA
REV	Nota	Approved J. LATA

UPS



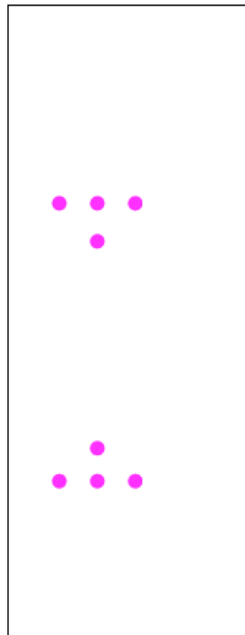
CONTENIDO:  
DETALLE PANEL 5

TRABAJO DE TITULACION 2

PAG #: 1

FORMAT: A4

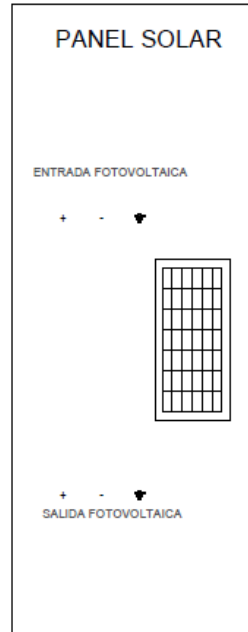
# PANEL 5



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	BORNERA PARA ENTRADA DE PANEL SOLAR	-	-	2
2	BREAKER DE PROTECION EN DC	-	-	3
3	MIMICO DE PANEL SOLAR	-	-	2
4	BORNERA PARA SALIDA DE PANEL SOLAR	-	-	2

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS		CONTENIDO: DETALLE PERFORACIONES PANEL 5	TRABAJO DE TITULACION 2			
C	AGOSTO 2022	Draw				X PARRALES	PAG #:	1	FORMAT: A4
REV	Nota	Checked				J. ORTEGA	Approved	J. LATA	Origen/Sust. a/Sust. por

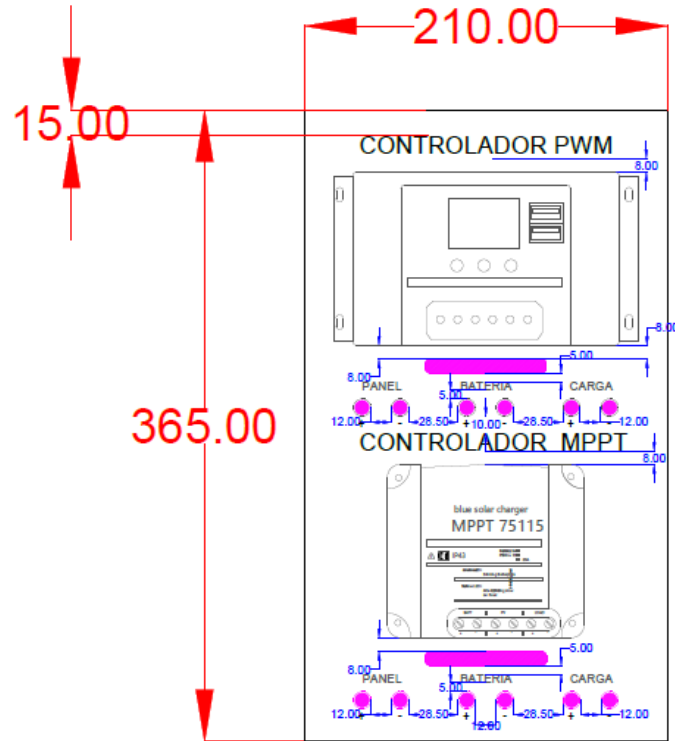
# PANEL 5



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	BORNERA PARA ENTRADA DE PANEL SOLAR	-	-	2
2	BREAKER DE PROTECION EN DC	-	-	3
3	MIMICO DE PANEL SOLAR	-	-	2
4	BORNERA PARA SALIDA DE PANEL SOLAR	-	-	2

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	CONTENIDO:	TRABAJO DE TITULACION 2
C	AGOSTO 2022	Draw			X PARRALES	DETALLE SERIGRAFIA PANEL 5
REV	Nota	Checked	J. ORTEGA	Origen/Sust. a/Sust. por		

# PANEL 6



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	REGULADOR PWM	-	-	2
2	REGULADOR PPT	-	-	3

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS		 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	CONTENIDO:	TRABAJO DE TITULACION 2	
C	AGOSTO 2022	Draw	X PARRALES			DETALLE PANEL 6	PAG #:	1
REV	Nota	Checked	J. ORTEGA	Origin/Sust. a/Sust. por				
	1	Approved	J. LATA					

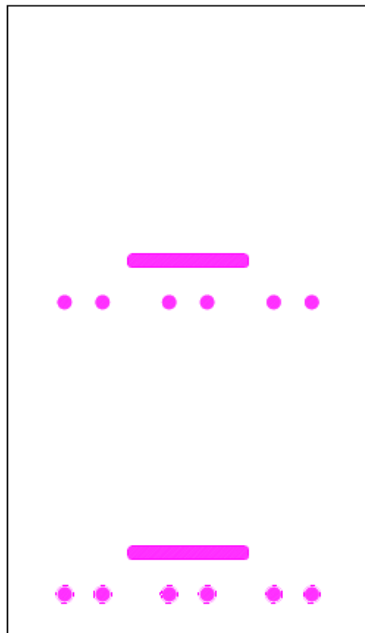
# PANEL 6



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	REGULADOR PWM	-	-	2
2	REGULADOR PPT	-	-	3

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> - ECUADOR -	CONTENIDO:	TRABAJO DE TITULACION 2
C	AGOSTO 2022	Draw			X PARRALES	DETALLE SERIGRAFI PANEL 6
REV	Nota	Checked	J. ORTEGA	Origen/Sust. a/Sust. por		

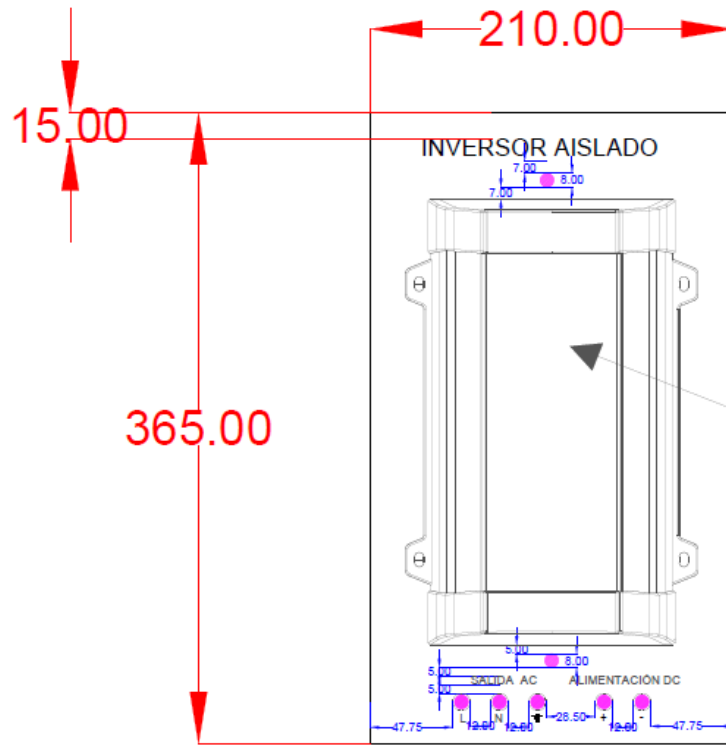
# PANEL 6



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	REGULADOR PWM	-	-	2
2	REGULADOR PPT	-	-	3

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	CONTENIDO:	TRABAJO DE TITULACION 2
C	AGOSTO 2022	Draw			J. ORTEGA	DETALLE PERFORACIONES PANEL 6
REV	Nota	Checked	J. LATA	Origen/Sust. a/Sust. por		

# PANEL 7



1

LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	INVERSOR 250 VA	-	-	2
2	BORNERAS PARA SALIDA DE CARGA	-	-	3
3	BORNERAS PARA ENTRADA EN DC	-	-	2

SCALE:	Date	AGOSTO 2022
C	Draw	X PARRALES
AGOSTO 2022	Checked	J. ORTEGA
REV Nota	Approved	J. LATA

UPS	Origen/Sust. a/Sust. por
-----	--------------------------



CONTENIDO:  
DETALLE PANEL 7

TRABAJO DE TITULACION 2
PAG #: 1
FORMAT: A4

# PANEL 7

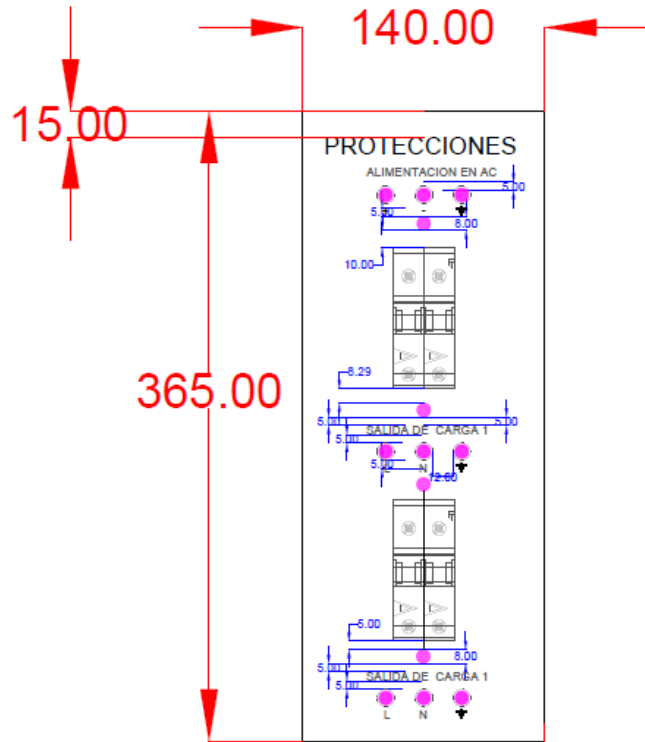


LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	INVERSOR 250 VA	-	-	2
2	BORNERAS PARA SALIDA DE CARGA	-	-	3
3	BORNERAS PARA ENTRADA EN DC	-	-	2

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ESCUELA DE INGENIERÍA ECUADOR	CONTENIDO:	TRABAJO DE TITULACION 2	
C	AGOSTO 2022	Draw			X PARRALES	DETALLE DE PERFORACIONES PANEL 7	PAG #:
REV	Nota	Checked	J. ORTEGA	Origen/Sust. a/Sust. por			
	Approved	J. LATA					



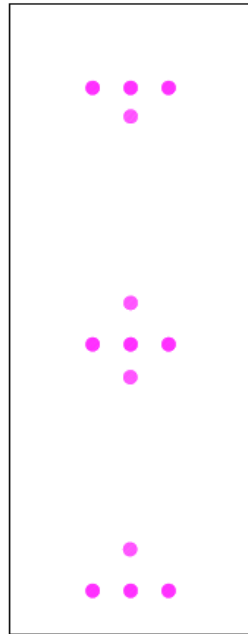
# PANEL 8



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	BORNERAS PARA ENTRADA EN DC	-	-	4
2	BREAKER 10 A	-	-	3
3	BORNERAS PARA SALIDA EN DC	-	-	2

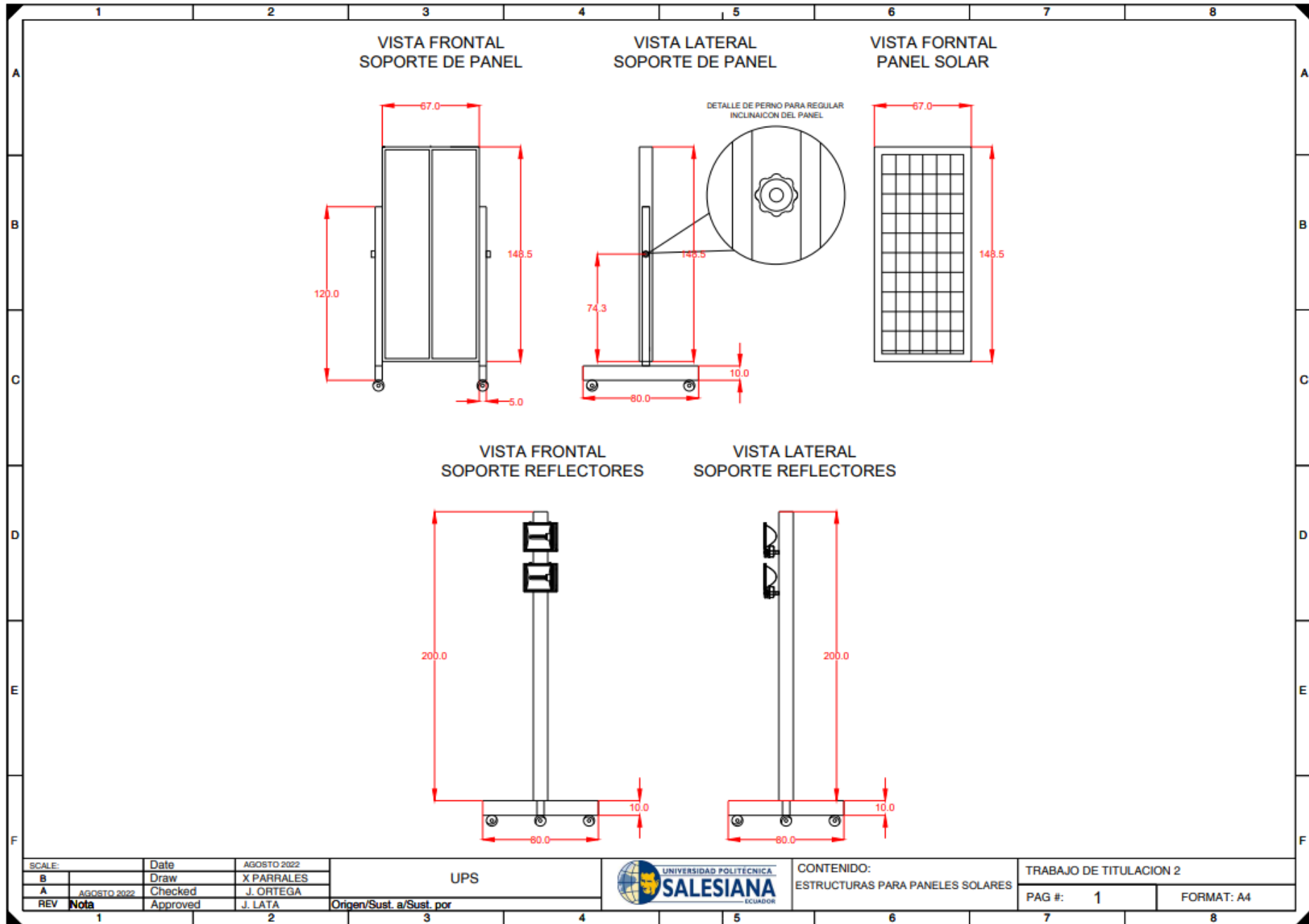
SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	CONTENIDO: DETALLE PANEL 8	TRABAJO DE TITULACION 2	
C	AGOSTO 2022	Draw				X PARRALES	PAG #: 1
REV	Nota	Checked	J. ORTEGA	Origen/Sust. a/Sust. por			
	Approved	J. LATA					

# PANEL 8



LISTADO DE MATERIALES				
ITEM	EQUIPO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	BORNERAS PARA ENTRADA EN DC	-	-	4
2	BREAKER 10 A	-	-	3
3	BORNERAS PARA SALIDA EN DC	-	-	2

SCALE:	Date	AGOSTO 2022	UPS		CONTENIDO: DETALLE PERFORACIONES PANEL 8	TRABAJO DE TITULACION 2	
C	AGOSTO 2022	Draw				X PARRALES	PAG #: 1
REV	Nota	Checked	J. ORTEGA	Origen/Sust. a/Sust. por			
		Approved	J. LATA				



SCALE:	Date	AGOSTO 2022
B	Draw	X PARRALES
A	AGOSTO 2022	Checked J. ORTEGA
REV	Nota	Approved J. LATA

UPS  
 Origen/Sust. a/Sust. por



CONTENIDO:  
 ESTRUCTURAS PARA PANELES SOLARES

TRABAJO DE TITULACION 2

PAG #: 1

FORMAT: A4

## Fotografías del módulo de entrenamiento de paneles solares



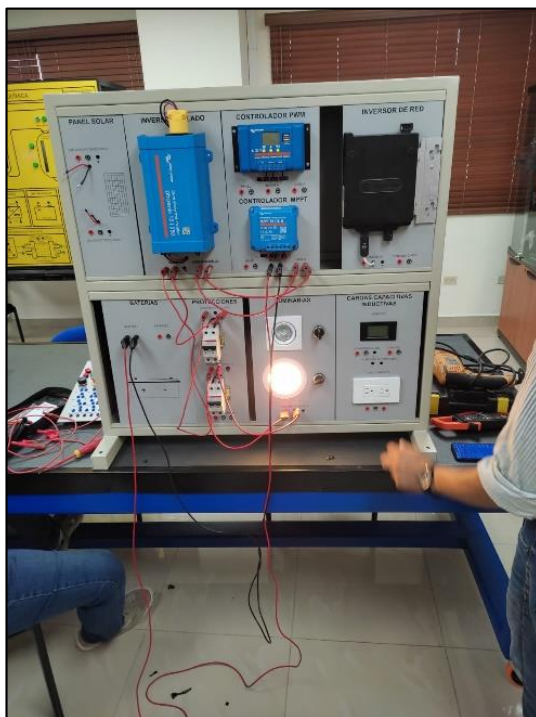
**Ilustración 63.** Armado del módulo con colocación de láminas

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 64.** Colocación de componentes del módulo

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 65.** Pruebas realizadas con carga (Un foco led)

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 66.** Pruebas realizadas con carga (Dos focos led)

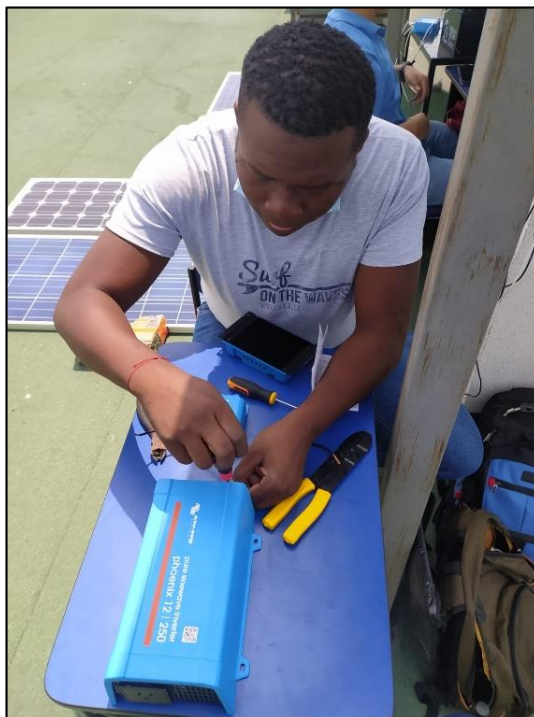
**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

## Pruebas realizadas al panel fotovoltaico en diferentes orientaciones y ángulos



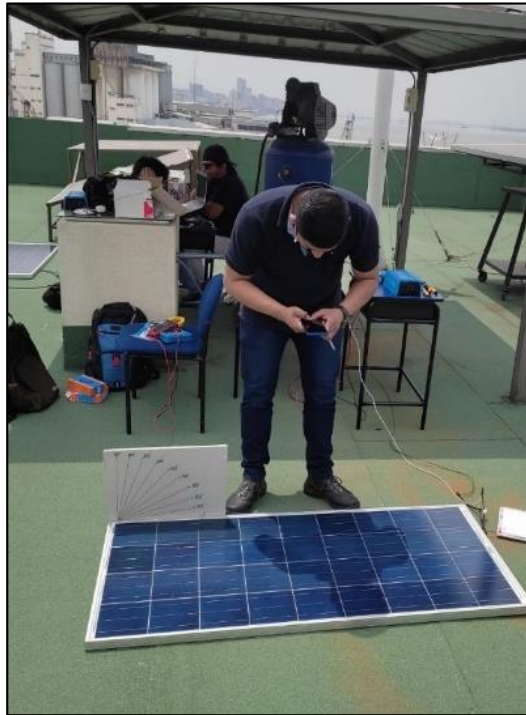
**Ilustración 67.** Conexiones de los controladores e inversor

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 68.** Conexión y medición de la salida del inversor

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 69.** Colocación del FV con orientación oeste y ángulo  $0^{\circ}$

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



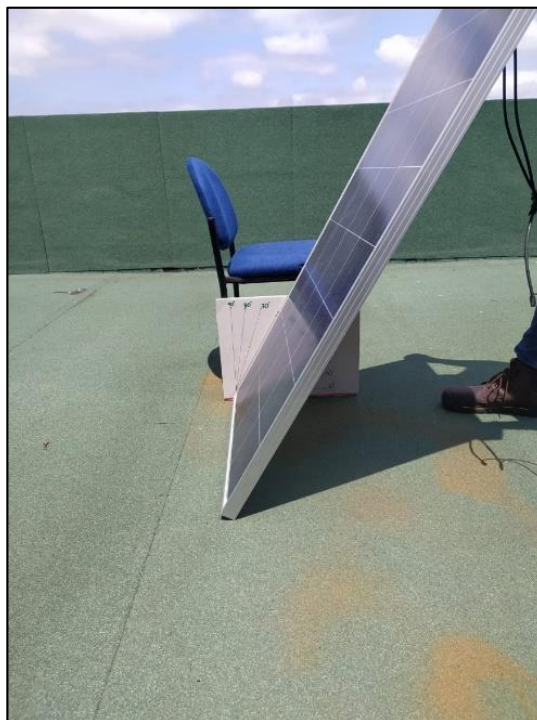
**Ilustración 70.** Colocación del FV con ángulo  $0^{\circ}$

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 71.** Colocación del FV con ángulo de  $80^\circ$  para su respectiva prueba

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 72.** Colocación del FV con un ángulo de  $60^\circ$  para su respectiva prueba

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



### Imágenes de las lecturas de parámetros mediante la aplicación Victron Connect



**Ilustración 73.** Orientación norte con un ángulo de 0° grados

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 74.** Orientación norte con un ángulo de 10°

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 75.** Orientación norte con un ángulo de 20°

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez



**Ilustración 76.** Orientación norte con un ángulo de 30°

**Fuente:** Ronny Plua & Jordano Valdez

## Imágenes de las pruebas realizadas en el Software PVSYST

Pruebas con ángulo de 20°



**PVsyst V7.2.0**

VC2, Simulation date:  
28/08/22 21:01  
with v7.2.0

Project: Proyecto de titulación

Variant: Nueva variante de simulación

### Project summary

<b>Geographical Site</b>		<b>Situation</b>		<b>Project settings</b>	
Urbanización C. del Seguro		Latitude	-2.22 °S	Albedo	0.20
Ecuador		Longitude	-79.89 °W		
		Altitude	16 m		
		Time zone	UTC-5		
<b>Meteo data</b>					
Urbanización C. del Seguro					
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético					

### System summary

<b>Stand alone system</b>		<b>Stand alone system with batteries</b>			
<b>PV Field Orientation</b>		<b>User's needs</b>			
Fixed plane		Daily household consumers			
Tilt/Azimuth		20 / 0 °		Constant over the year	
				Average	
				0.3 kWh/Day	
<b>System information</b>					
<b>PV Array</b>					
Nb. of modules	3 units		<b>Battery pack</b>		
Pnom total	600 Wp		Technology	Lead-acid, sealed, Gel	
			Nb. of units	1 Unit	
			Voltage	12 V	
			Capacity	90 Ah	

### Results summary

Available Energy	741.2 kWh/year	Specific production	1235 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	13.31 %
Used Energy	118.3 kWh/year			Solar Fraction SF	100.00 %

### Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Detailed User's needs	4
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7



PVsyst V7.2.0

VC2, Simulation date:  
28/08/22 21:01  
with v7.2.0

Project: Proyecto de titulación

Variant: Nueva variante de simulación

### Main results

#### System Production

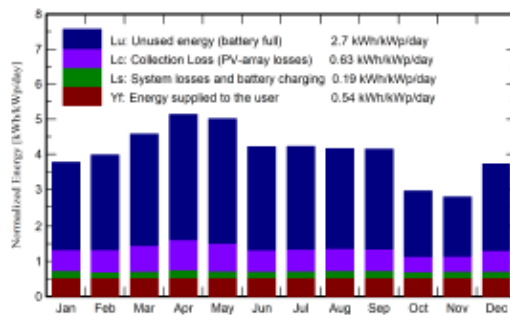
Available Energy 741.2 kWh/year  
Used Energy 118.3 kWh/year  
Excess (unused) 590.7 kWh/year  
Loss of Load  
Time Fraction 0.0 %  
Missing Energy 0.0 kWh/year

Specific production 1235 kWh/kWp/year  
Performance Ratio PR 13.31 %  
Solar Fraction SF 100.00 %

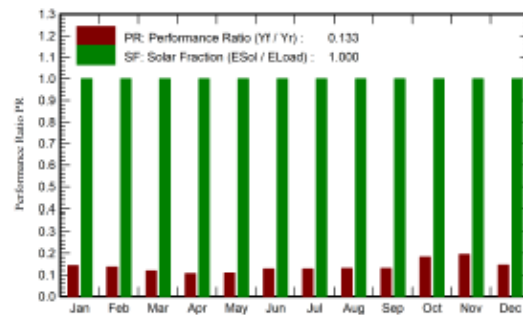
#### Battery aging (State of Wear)

Cycles SOW 84.9 %  
Static SOW 92.9 %

#### Normalized productions (per installed kWp)



#### Performance Ratio PR



#### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
January	134.1	112.2	58.34	45.30	0.000	10.04	10.04	1.000
February	122.5	107.5	55.58	44.39	0.000	9.07	9.07	1.000
March	147.8	137.7	70.75	57.91	0.000	10.04	10.04	1.000
April	150.5	150.4	76.38	63.24	0.000	9.72	9.72	1.000
May	144.3	151.5	77.94	64.98	0.000	10.04	10.04	1.000
June	117.3	123.3	64.26	51.94	0.000	9.72	9.72	1.000
July	122.6	127.5	66.26	53.34	0.000	10.04	10.04	1.000
August	124.6	125.5	64.84	51.84	0.000	10.04	10.04	1.000
September	126.8	120.5	62.65	50.07	0.000	9.72	9.72	1.000
October	98.7	88.4	45.74	33.67	0.000	10.04	10.04	1.000
November	93.4	80.2	41.05	29.26	0.000	9.72	9.72	1.000
December	133.8	110.5	57.36	44.76	0.000	10.04	10.04	1.000
Year	1516.3	1435.3	741.17	590.71	0.000	118.26	118.26	1.000

#### Legends

GlobHor Global horizontal irradiation  
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings  
E\_Avail Available Solar Energy  
EUnused Unused energy (battery full)  
E\_Miss Missing energy  
E\_User Energy supplied to the user  
E\_Load Energy need of the user (Load)  
SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)



PVsyst V7.2.0

VC2, Simulation date:  
28/08/22 21:01  
with v7.2.0

Project: Proyecto de titulacion  
Variant: Nueva variante de simulación

Loss diagram

