



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA PARA EL LABORATORIO DE  
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORAS:**

**NANCY PAULA ATUPAÑA CACHUPUD**

**MAYTE ANABEL ZAVALA LEÓN**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR  
FOTOVOLTAICA PARA EL LABORATORIO DE  
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORAS: NANCY PAULA ATUPAÑA CACHUPUD**

**MAYTE ANABEL ZAVALA LEÓN**

**DIRECTOR: ING. FÉLIX ANTONIO GARCÍA MORA**

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Nancy Paula Atupaña Cachupud & Mayte Anabel Zavala León

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotras, Nancy Paula Atupaña Cachupud & Mayte Anabel Zavala León, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de mayo de 2024



**Nancy Paula Atupaña Cachupud**  
**C.I: 172338002-6**



**Mayte Anabel Zavala León**  
**C.I:060508510-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA EL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**”, realizado por las señoritas: **NANCY PAULA ATUPAÑA CACHUPUD & MAYTE ANABEL ZAVALA LEÓN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Antonio Ordóñez Viñán <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2024-05-08
Ing. Félix Antonio García Mora <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	_____	2024-05-08
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	_____	2024-05-08

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarme sabiduría y fortaleza para seguir adelante y llegar a uno de los momentos más importantes de mi vida. A mis padres José Manuel Atupaña Tarco y María Trinidad Cachupud, por siempre estar para mí y ayudarme en mi formación académica con su esfuerzo y sacrificio, mis hermanos Hilda, Lucy, Miriam, Richard y Roberto quienes son un pilar fundamental e incondicional en mi vida. Todas las palabras que exprese no serán suficientes para demostrar el agradecimiento inmenso que siente mi corazón.

Nancy Paula Atupaña Cachupud

Dedico el presente Trabajo de Integración Curricular a las personas más importantes de mi vida, mis padres Luis Zavala y María León, por inculcar en mí valores importantes para convertirme en la persona que soy hoy, estar incondicionalmente en cada etapa de mi vida, educarme con amor y dedicación, y por el inmenso sacrificio y la tenacidad con la que han trabajado para apoyarme en mis estudios; a mi hermana Valeria por confiar en mí desde el primer momento, motivarme a continuar hasta cumplir el sueño de culminar mi carrera y ser mi ejemplo de dedicación y perseverancia; y a mis abuelitos Vicente y Lida por cuidarme, brindarme su amor incondicional y dejarme su legado de trabajo y esfuerzo, sé que hubiesen estado muy orgullosos de mí.

Mayte Anabel Zavala León

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por toda la sabiduría y entendimiento durante mi formación académica, a mi familia que siempre estuvo conmigo, en especial a mis padres que se sacrificaron para que nada me faltara en lo material y espiritual. A mi querida universidad ESPOCH y a cada uno de los docentes que hicieron parte de mis estudios, impartiéndonos sus conocimientos y experiencias; al Ing. Félix García e Ing. Marco Santillán quienes nos han guiado en este Trabajo de Integración Curricular, a Mayte y su familia, y, por último, a cada uno de mis amigos quienes estuvieron motivándome durante esta etapa de mi vida.

Nancy Paula Atupaña Cachupud

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta el último escalón de mi carrera junto a las personas que amo y que son el pilar fundamental de mi vida. A mi familia y amigos, en especial a Nancy. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Escuela de Mantenimiento Industrial junto con sus docentes, quienes han sido parte de mi proceso de formación profesional y han sembrado en mí enseñanzas que perdurarán en mi vida. Al director y asesor de mi tesis, Ing. Félix García e Ing. Marco Santillán por guiarnos para la culminación exitosa del presente Trabajo de Integración Curricular.

Mayte Anabel Zavala León

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
SUMMARY / ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Definición del problema .....	3
1.3. Justificación y actualidad .....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. Recurso solar en el Ecuador.....	5
2.2. Radiación solar.....	5
2.2.1. <i>Tipos de radiación solar</i> .....	6
2.2.2. <i>Radiación mínima con la que funciona un panel solar</i> .....	6
2.3. Energía solar fotovoltaica.....	6
2.4. Principios de funcionamiento de los sistemas de energía solar fotovoltaica .....	7
2.5. Características de la generación de energía fotovoltaica .....	7
2.5.1. <i>Parámetros eléctricos</i> .....	7
2.5.2. <i>Parámetros térmicos</i> .....	8
2.6. Conversión de energía solar en electricidad.....	8
2.7. Componentes del sistema solar fotovoltaico.....	9
2.7.1. <i>Celdas solares</i> .....	9

2.7.2.	<i>Panel solar</i> .....	10
2.7.3.	<i>Conexión de paneles solares en serie</i> .....	10
2.7.4.	<i>Conexión de paneles solares en paralelo</i> .....	10
2.7.5.	<i>Tipos de paneles fotovoltaicos</i> .....	11
2.7.6.	<i>Inversor DC / AC</i> .....	12
2.7.7.	<i>Baterías</i> .....	13
2.7.8.	<i>Controlador de carga</i> .....	15
2.7.9.	<i>Seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT)</i> .....	15
2.7.10.	<i>Protecciones eléctricas</i> .....	16
2.7.11.	<i>Conductores</i> .....	16
2.7.12.	<i>Conectores MC4</i> .....	17
2.8.	<i>Absorción óptica</i> .....	18
2.9.	<i>Instrumentos de medición de energía solar</i> .....	18
2.10.	<i>Sistemas fotovoltaicos</i> .....	18
2.10.1.	<i>Sistema fotovoltaico conectado a la red</i> .....	19
2.10.2.	<i>Sistema fotovoltaico autónomo</i> .....	20
2.11.	<i>Factores que afectan la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos</i> .....	20
2.11.1.	<i>Presencia de sombras</i> .....	21
2.11.2.	<i>Inclinación de los paneles</i> .....	21
2.11.3.	<i>Pérdida por cableado</i> .....	21
2.11.4.	<i>Localización geográfica</i> .....	21
2.11.5.	<i>Ángulo óptimo para inclinación de sistema fotovoltaico</i> .....	22
2.12.	<i>Dimensionamiento del sistema fotovoltaico</i> .....	23
2.12.1.	<i>Cálculo de demanda energética diaria</i> .....	23
2.12.2.	<i>Capacidad de baterías</i> .....	24
2.12.3.	<i>Cálculo del número de paneles solares</i> .....	24
2.12.4.	<i>Cálculo del controlador de carga</i> .....	25
2.12.5.	<i>Cálculo del inversor DC/AC</i> .....	25
2.13.	<i>Criterios de diseño</i> .....	25
2.14.	<i>Limpieza y mantenimiento</i> .....	26

### CAPÍTULO III

3.	<b>INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</b> .....	27
3.1.	<b>Análisis de cargas eléctricas del laboratorio</b> .....	27
3.2.	<b>Dimensionamiento del sistema</b> .....	28

<b>3.3.</b>	<b>Cálculo de capacidad de baterías</b> .....	28
3.3.1.	<i>Cálculo de capacidad neta</i> .....	28
3.3.2.	<i>Cálculo de capacidad bruta</i> .....	29
3.3.3.	<i>Cálculo de capacidad de batería (Ah)</i> .....	29
<b>3.4.</b>	<b>Cálculo de paneles solares</b> .....	30
3.4.1.	<i>Cálculo de las horas solares pico (HSP)</i> .....	31
3.4.2.	<i>Rendimiento del panel solar</i> .....	32
3.4.3.	<i>Potencia pico necesaria</i> .....	32
3.4.4.	<i>Número de paneles necesarios</i> .....	32
<b>3.5.</b>	<b>Cálculo de la inclinación y orientación del panel solar</b> .....	32
<b>3.6.</b>	<b>Cálculo del controlador de carga</b> .....	35
<b>3.7.</b>	<b>Cálculo del inversor DC/AC</b> .....	35
<b>3.8.</b>	<b>Cálculo de conductores</b> .....	35
<b>3.9.</b>	<b>Instalación del sistema fotovoltaico</b> .....	37
3.9.1.	<i>Montaje del panel solar</i> .....	37
3.9.2.	<i>Colocación de conectores MC4</i> .....	39
3.9.3.	<i>Conexión de protección eléctrica del panel solar</i> .....	39
3.9.4.	<i>Instalación de la batería</i> .....	40
3.9.5.	<i>Conexión de protección eléctrica de la batería</i> .....	41
3.9.6.	<i>Instalación del inversor</i> .....	42
3.9.7.	<i>Instalación del controlador de voltaje</i> .....	42
3.9.8.	<i>Instalación de la transferencia manual</i> .....	44
<b>3.10.</b>	<b>Aplicación de las 5S</b> .....	44
<b>3.11.</b>	<b>Protecciones eléctricas</b> .....	46

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	47
<b>4.1.</b>	<b>Proceso de manufactura de soportes</b> .....	47
<b>4.2.</b>	<b>Proceso de instalación del sistema fotovoltaico</b> .....	48
4.2.1.	<i>Selección del sitio</i> .....	48
4.2.2.	<i>Acople del panel solar a la base</i> .....	48
4.2.3.	<i>Instalación del panel solar sobre el techo</i> .....	48
4.2.4.	<i>Montaje de estructura de la batería en el cuarto del compresor</i> .....	49
4.2.5.	<i>Montaje de tablero y componentes eléctricos</i> .....	49
4.2.6.	<i>Identificación de componentes del tablero eléctrico</i> .....	51

4.3.	Verificación de la instalación del sistema .....	52
4.4.	Pruebas de funcionamiento .....	54
4.4.1.	<i>Medición del rendimiento</i> .....	54
4.4.2.	<i>Prueba de funcionamiento en un día soleado</i> .....	54
4.4.3.	<i>Prueba de funcionamiento en un día nublado</i> .....	56
4.4.4.	<i>Prueba de funcionamiento en un día lluvioso</i> .....	58
4.4.5.	<i>Prueba de funcionamiento con influencia de gotas de lluvia</i> .....	59
4.4.6.	<i>Prueba de funcionamiento del sistema durante la noche</i> .....	60
4.4.7.	<i>Prueba de funcionamiento a plena carga</i> .....	60
4.5.	Plan de mantenimiento .....	61
4.6.	Manual de operación .....	63
4.7.	Análisis de costos.....	63

## CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
5.1.	Conclusiones.....	64
5.2.	Recomendaciones.....	64

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Eficiencia de paneles fotovoltaicos .....	12
<b>Tabla 3-1:</b> Cargas eléctricas del laboratorio .....	27
<b>Tabla 3-2:</b> Cargas de iluminación y equipos informáticos .....	28
<b>Tabla 3-3:</b> Datos diarios de irradiancia en Riobamba.....	30
<b>Tabla 3-4:</b> Datos mensuales de irradiancia en Riobamba .....	31
<b>Tabla 4-1:</b> Datos en un día soleado .....	55
<b>Tabla 4-2:</b> Datos en un día nublado.....	57
<b>Tabla 4-3:</b> Datos en un día lluvioso.....	58
<b>Tabla 4-4:</b> Recursos económicos.....	63

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Irradiación global horizontal anual.....	5
<b>Ilustración 2-2:</b>	Radiación global (GHI).....	6
<b>Ilustración 2-3:</b>	Parámetros para la generación de energía fotovoltaica.....	7
<b>Ilustración 2-4:</b>	Semiconductor P-N.....	8
<b>Ilustración 2-5:</b>	Proceso de conversión de energía solar en electricidad.....	9
<b>Ilustración 2-6:</b>	Esquema representativo de un sistema fotovoltaico.....	9
<b>Ilustración 2-7:</b>	Estructura básica de una celda fotovoltaica.....	10
<b>Ilustración 2-8:</b>	Conexión de paneles solares en serie.....	10
<b>Ilustración 2-9:</b>	Conexión de paneles solares en paralelo.....	11
<b>Ilustración 2-10:</b>	Tipos de células fotovoltaicas.....	11
<b>Ilustración 2-11:</b>	Señal senoidal modificada, cuadrada y senoidal.....	13
<b>Ilustración 2-12:</b>	Estado de una batería.....	14
<b>Ilustración 2-13:</b>	Tipos de baterías.....	15
<b>Ilustración 2-14:</b>	Controlador de carga MPPT.....	16
<b>Ilustración 2-15:</b>	Conector MC4.....	17
<b>Ilustración 2-16:</b>	Heliógrafo.....	18
<b>Ilustración 2-17:</b>	Diagrama central fotovoltaica conectada a red.....	19
<b>Ilustración 2-18:</b>	Esquema de un sistema FV autónomo.....	20
<b>Ilustración 2-19:</b>	Posición correcta de paneles solares.....	22
<b>Ilustración 2-20:</b>	Ángulo del montaje del módulo fotovoltaico.....	23
<b>Ilustración 3-1:</b>	Sistema de información geográfica fotovoltaica (PVGIS).....	31
<b>Ilustración 3-2:</b>	Inclinación de la cubierta del Laboratorio.....	33
<b>Ilustración 3-3:</b>	Medición de ángulo azimut.....	34
<b>Ilustración 3-4:</b>	Lugar de colocación del panel solar.....	38
<b>Ilustración 3-5:</b>	Base del panel solar.....	38
<b>Ilustración 3-6:</b>	Comprobación del funcionamiento del panel solar.....	39
<b>Ilustración 3-7:</b>	Colocación de conectores MC4.....	39
<b>Ilustración 3-8:</b>	Instalación de protección eléctrica del panel solar.....	40
<b>Ilustración 3-9:</b>	Base de la batería.....	40
<b>Ilustración 3-10:</b>	Anclaje de la batería.....	41
<b>Ilustración 3-11:</b>	Colocación de terminales talón en la batería.....	41
<b>Ilustración 3-12:</b>	Instalación de protección eléctrica del panel solar.....	42
<b>Ilustración 3-13:</b>	Protección eléctrica del inversor.....	42

<b>Ilustración 3-14:</b> Montaje en tablero eléctrico .....	43
<b>Ilustración 3-15:</b> Conexiones en el controlador de carga .....	43
<b>Ilustración 3-16:</b> Conexión de la transferencia manual.....	44
<b>Ilustración 3-17:</b> Identificación de equipos.....	44
<b>Ilustración 3-18:</b> Eliminación de escombros durante la instalación .....	45
<b>Ilustración 3-19:</b> Finalización de limpieza de escombros .....	45
<b>Ilustración 3-20:</b> Señalética en el tablero del sistema fotovoltaico .....	45
<b>Ilustración 3-21:</b> Plan de mantenimiento del sistema fotovoltaico.....	46
<b>Ilustración 4-1:</b> Construcción base de la batería .....	47
<b>Ilustración 4-2:</b> Construcción de la base del panel solar .....	47
<b>Ilustración 4-3:</b> Acople del panel solar a la base.....	48
<b>Ilustración 4-4:</b> Instalación del panel solar .....	49
<b>Ilustración 4-5:</b> Instalación de la batería .....	49
<b>Ilustración 4-6:</b> Conexión de la transferencia manual.....	50
<b>Ilustración 4-7:</b> Ventana de visualización en el tablero eléctrico .....	50
<b>Ilustración 4-8:</b> Configuración de luces piloto.....	51
<b>Ilustración 4-9:</b> Identificación de componentes de sistema.....	51
<b>Ilustración 4-10:</b> Apagado de balizas.....	52
<b>Ilustración 4-11:</b> Transferencia manual en panel solar .....	52
<b>Ilustración 4-12:</b> Batería encendida .....	52
<b>Ilustración 4-13:</b> Inversor encendido .....	53
<b>Ilustración 4-14:</b> Medición de voltaje en tomacorrientes .....	53
<b>Ilustración 4-15:</b> Comprobación de funcionamiento de luminarias .....	53
<b>Ilustración 4-16:</b> Medición del voltaje en circuito abierto del panel solar .....	54
<b>Ilustración 4-17:</b> Lecturas de voltaje de panel solar y batería .....	54
<b>Ilustración 4-18:</b> Condición climática soleada.....	55
<b>Ilustración 4-19:</b> Voltaje del panel solar en un día soleado .....	55
<b>Ilustración 4-20:</b> Voltaje de la batería en un día soleado .....	56
<b>Ilustración 4-21:</b> Condición climática nublada .....	56
<b>Ilustración 4-22:</b> Voltaje de panel solar en un día nublado.....	57
<b>Ilustración 4-23:</b> Voltaje de batería en un día nublado .....	57
<b>Ilustración 4-24:</b> Condición climática lluviosa .....	58
<b>Ilustración 4-25:</b> Voltaje de panel solar en un día lluvioso.....	59
<b>Ilustración 4-26:</b> Voltaje de batería en un día lluvioso .....	59
<b>Ilustración 4-27:</b> Estado inicial de carga de la batería .....	60

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 2-1:</b> Cálculo de calibre del conductor .....	17
<b>Ecuación 2-2:</b> Cálculo de intensidad .....	17
<b>Ecuación 2-3:</b> Cálculo de ángulo de inclinación .....	23
<b>Ecuación 2-4:</b> Cálculo de carga total.....	24
<b>Ecuación 2-5:</b> Cálculo de capacidad neta .....	24
<b>Ecuación 2-6:</b> Cálculo de capacidad bruta .....	24
<b>Ecuación 2-7:</b> Cálculo capacidad de batería (Ah) .....	24
<b>Ecuación 2-8:</b> Cálculo de potencia pico .....	24
<b>Ecuación 2-9:</b> Cálculo de número de paneles.....	25
<b>Ecuación 2-10:</b> Cálculo de capacidad del controlador de carga .....	25
<b>Ecuación 2-11:</b> Cálculo de potencia del inversor .....	25
<b>Ecuación 2-12:</b> Cálculo de intensidad del inversor .....	25

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** TABLA DE CAPACIDAD DE CORRIENTE (NORMA CPE INEN 19)
- ANEXO B:** DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
- ANEXO C:** PLANOS DE BASE DEL PANEL SOLAR Y BATERÍA
- ANEXO D:** PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
- ANEXO E:** HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO E INSTRUCCIONES DE TAREA
- ANEXO F:** MANUAL DE OPERACIÓN
- ANEXO G:** CHECKLIST DE OPERACIÓN
- ANEXO H:** HOJA DE DATOS DEL PANEL SOLAR
- ANEXO I:** MANUAL DE OPERACIÓN DEL INVERSOR 1500W
- ANEXO J:** HOJA DE DATOS DE BATERÍA 190 AH
- ANEXO K:** HOJA DE DATOS DEL CONTROLADOR DE CARGA
- ANEXO L:** PROPIEDADES DEL ACERO GALVANIZADO A568 CS
- ANEXO M:** PROPIEDADES DEL ACERO ASTM A36

## RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular tiene como objetivo, construir un sistema de energía solar fotovoltaica en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica, con esta finalidad, se seleccionaron los equipos eléctricos cuyas funciones son esenciales para el desarrollo de las actividades académicas diarias tales como, sistema de iluminación, proyector y laptop; se realizó el cálculo de la carga eléctrica a abastecer y se evaluó la radiación solar incidente en Riobamba con la ayuda de la base de datos del sistema de información geográfica fotovoltaica. Además, se calculó la capacidad necesaria del panel solar y batería para almacenar energía y que el sistema pueda ser usado en días nublados o durante la noche, se seleccionó el controlador de carga e inversor considerando un sistema a 12V. Posteriormente, para la instalación del panel solar, se eligió el lugar y la inclinación óptima para evitar sombras parciales. Se realizó un sistema de transferencia manual entre la red eléctrica convencional y el sistema fotovoltaico, lo que permitirá tomar la energía de la red en cualquier momento, de tal manera que el Laboratorio cuente con una energía alternativa renovable en caso de cortes de suministro eléctrico inesperados. Finalmente, se realizaron pruebas de funcionamiento para la verificación de la correcta operación del sistema, un plan de mantenimiento con las hojas de tareas de mantenimiento e instrucciones de tarea para cada actividad, así como un flujograma de operación y un checklist para estandarizar el proceso de transferencia manual de red eléctrica a energía fotovoltaica. Como resultado, se logró que el laboratorio cuente con una fuente de energía inagotable que le permite tener independencia energética. Es necesario que mientras el laboratorio esté funcionando con energía solar fotovoltaica, se usen únicamente los elementos para los cuales fue diseñado, para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

**Palabras clave:** <PANEL SOLAR>, < ENERGÍA RENOVABLE>, <SISTEMA FOTOVOLTAICO>, <RADIACIÓN SOLAR>

0572-DBRA-UTP-2024

## **SUMMARY / ABSTRACT**

This Curricular Integration Work aims to build a photovoltaic solar energy system in the Corrective Maintenance Laboratory of the Faculty of Mechanics. For this purpose, electrical equipment, which functions such as a lighting system, projector, and laptop are essential for developing daily academic activities, was selected. The electrical load to be supplied was calculated, and the incident solar radiation in Riobamba was evaluated with the help of the photovoltaic geographic information system database. In addition, the necessary capacity of the solar panel and battery was calculated to store energy so that the system can be used on cloudy days or at night; the charge controller and inverter were selected considering a 12V system. Subsequently, the optimal location and inclination were chosen to avoid partial shadows for the installation of the solar panel. A manual transfer system was carried out between the conventional electrical grid and the photovoltaic system, allowing energy to be taken from the grid at any time so that the laboratory has alternative renewable energy in case of unexpected power outages. Finally, functional tests were carried out to verify the correct operation of the system. Also, a maintenance plan with maintenance task sheets and task instructions for each activity, an operation flowchart, and a checklist will be used to standardize the maintenance process—a manual transfer from electrical grid to photovoltaic energy. As a result, the laboratory was able to have an inexhaustible energy source that allowed it to have energy independence. It is necessary that while the laboratory is operating with photovoltaic solar energy, only the elements for which it was designed are used to ensure the correct functioning of the system.

**Keywords:** <SOLAR PANEL>, <RENEWABLE ENERGY>, <PHOTOVOLTAIC SYSTEM>, <SOLAR RADIATION>

## INTRODUCCIÓN

La energía fotovoltaica es una alternativa de generación de electricidad que se basa en la conversión de la radiación solar, considerada como energía renovable e inagotable, en energía eléctrica. El aprovechamiento del recurso solar es una opción viable ya que, la tecnología solar ha tenido avances significativos en los últimos años y cada vez va ganando mayor protagonismo a nivel mundial.

La energía solar fotovoltaica es poco aprovechada en el Ecuador, pese a estar ubicados en una zona geográfica beneficiosa debido a la incidencia de altos niveles de radiación solar durante todo el año; por este motivo se busca que el uso de esta energía sostenible y respetuosa con el medio ambiente se incremente con el fin de contribuir a la transformación de la matriz energética en el país.

En miras a crear una conciencia ambiental en la comunidad Politécnica y la necesidad de mitigar los efectos del cambio climático, el presente Trabajo de Integración Curricular busca promover el uso de fuentes de energía renovable para tener un futuro energético más limpio y aportar al desarrollo sostenible del país mediante la aplicación de la ciencia y tecnología, construyendo un sistema de energía fotovoltaica destinada a la utilización de los estudiantes de la Facultad de Mecánica y aprovechando este recurso natural abundante que evita la dependencia de proveedores de energía externos y fomenta la autonomía energética.

La construcción de un sistema de energía solar fotovoltaica tiene como objetivo implementar paneles fotovoltaicos eficientes y con alta durabilidad para lograr la sostenibilidad y eficiencia energética, contribuyendo así a crear la independencia de proveedores de energía eléctrica. Se espera que esta tesis impulse a que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo use esta fuente de energía verde en más carreras de la universidad y contribuya en la evaluación y clasificación que realiza la UI GreenMetric World University Rankings que se centra en medir el compromiso de las universidades con la sostenibilidad ambiental y la eficiencia energética.

El presente Trabajo de Integración Curricular se encuentra estructurada en cinco capítulos, donde se presenta el diagnóstico del problema, el marco teórico, el proceso de construcción e instalación del sistema de energía solar fotovoltaica, el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos y en el último capítulo se describen las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

Con relación al séptimo objetivo de desarrollo sostenible (ODS) concluido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en los próximos años, la energía deberá ser amigable con el medio ambiente y debe estar al alcance de todos, una excelente alternativa es el uso de energía solar fotovoltaica, esta energía es renovable, sostenible o verde. (Romero y Sánchez, 2022, p.1).

Rodríguez Calva, E. P. & Solís Córdova, F. D, indican que el hombre siempre ha aprovechado las herramientas que encuentra en su entorno con la finalidad de simplificar y mejorar su vida, así lo hace con los recursos naturales que se encuentran en la naturaleza y con la tecnología. En la actualidad, se busca implementar energías que no causen daño al medio ambiente, así como ahorrar la mayor cantidad de energía posible, con énfasis en el ahorro económico y el impacto ambiental, lo cual no ocurría en el pasado. (Rodríguez Calva y Solís Córdova, 2012, p.50).

Impulsar el uso y generación de energías alternativas que no afecten al ambiente es de vital importancia para contribuir con la sostenibilidad ambiental. Una de las energías más comunes y renovables es la que emite el sol, se considera como una fuente de energía limpia que, con el uso de los equipos y medios necesarios conjuntamente con la tecnología de los paneles solares como instrumento para convertir la energía solar en eléctrica, ha revolucionado la manera en la que se obtiene y se utiliza la energía. (Viteri et al, 2024).

La energía solar se considera como una energía renovable, la cual se utiliza como un generador de electricidad por medio del uso de paneles fotovoltaicos, los cuales se encargan de transformar la radiación solar en electricidad para ser usada en diferentes actividades. El sol no solamente puede generar energía eléctrica, sino que es la principal fuente de energía en nuestro planeta (Muñoz, 2020, p.30).

Debido a sus excelentes propiedades optoelectricas, los materiales de perovskita (Célula Solar de Perovskita /PSC), se han utilizado en una variedad de tecnologías en los últimos diez años. Según Myasaka, una de las aplicaciones más importantes de los materiales de perovskita es la tecnología de células solares y la eficiencia de conversión de energía, aunque a lo largo del tiempo, se han propuesto varios métodos para resolver la inestabilidad de las PSC, uno de los métodos para

aumentar la estabilidad de las PSC es el uso de electrodos a base de carbono y ensamblar dimensionalmente en heteroestructuras 2D/3D, haciendo de esta manera un diseño mejorado para la absorción de la luz al minimizar las pérdidas de energía en la interfaz entre las capas de óxido de grafeno.(Alabada et al. 2024).

Según Pilco, D. & Jaramillo, J. el proceso de generar electricidad a partir de un haz de luz se llama efecto fotovoltaico y fue descubierto por el físico Antoine Becquerel en 1839, para lo cual se requiere un material que tenga características de absorber la luz solar y convertirla en energía eléctrica, tal como lo hacen las células fotovoltaicas (Pilco y Jaramillo, 2020, p.4).

## **1.2. Definición del problema**

El uso de energía renovable es muy importante como práctica que aporte a la reducción de la contaminación y la mitigación de los efectos del cambio climático. Actualmente, se usan fuentes que generan un ahorro económico y reducen el impacto ambiental, en el Ecuador el 92% de energía eléctrica proviene de centrales hidráulicas, el 7% de centrales térmicas y apenas el 1% de fuentes no convencionales (fotovoltaica, eólica, entre otras), a pesar de que el país cuenta con un alto potencial de radiación solar gracias a su ubicación geográfica. El incorporar las nuevas tecnologías existentes para la producción de energía eléctrica y el uso de fuentes de producción de energía limpia y no convencional son estrategias que contribuyen a que nuestra universidad sea amigable con el ambiente al usar esta alternativa de energía prometedora por su inagotabilidad y respeto ambiental. (MEM, 2024).

Actualmente, el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica carece de un sistema de energía solar fotovoltaica como sistema de alimentación de energía eléctrica para el funcionamiento de sus componentes básicos, tales como iluminación y equipos informáticos, existe la posibilidad de construir e implementar paneles solares para aprovechar la radiación proveniente del sol, con un sistema de transferencia manual para tomar la energía eléctrica de la red en cualquier momento, de tal manera que el laboratorio cuente con una energía alternativa en caso de cortes de suministro eléctrico convencional

## **1.3. Justificación y actualidad**

En los últimos años la protección del medio ambiente ha tomado mayor protagonismo, y la energía solar fotovoltaica se ha convertido en la principal fuente renovable en varios mercados importantes como, China, India, Japón, Estados Unidos, entre otros. Según una proyección de la

Agencia Internacional de Energía (AIE) realizada para 2050, habrá 3000 GW de capacidad fotovoltaica en todo el mundo, que aportará el 11% del suministro eléctrico mundial. (Zhang, 2019, p.90).

Estudios realizados determinan que el Ecuador cuenta con una ubicación geográfica con un alto potencial de radiación solar, misma que se puede aprovechar mediante captadores de células fotovoltaicas para transformar la radiación procedente del sol en energía eléctrica. (Delgado y Orellana, 2015, p.1-50).

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es líder en el manejo sostenible de los recursos naturales institucionales en el UI Greenmetric World University a nivel nacional, debido al desarrollo y ejecución de proyectos investigativos en energías renovables y manejo sostenible de los recursos naturales.

Con la construcción de un sistema fotovoltaico se logrará que la Carrera de Mantenimiento Industrial cuente con un laboratorio que además de aportar con el aprendizaje de sus estudiantes, sea capaz de contribuir con el medio ambiente y con el desarrollo sostenible del país mediante esta energía inagotable y con nula contaminación.

#### **1.4. Objetivos**

##### ***1.4.1. Objetivo general***

Construir un sistema de energía solar fotovoltaica para el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

Realizar el análisis y cálculo de cargas eléctricas existentes en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo para el dimensionamiento correcto del sistema.

Instalar el sistema de energía solar fotovoltaica.

Realizar pruebas de funcionamiento.

Desarrollar un manual de operación y un plan de mantenimiento para el sistema de energía solar fotovoltaica.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

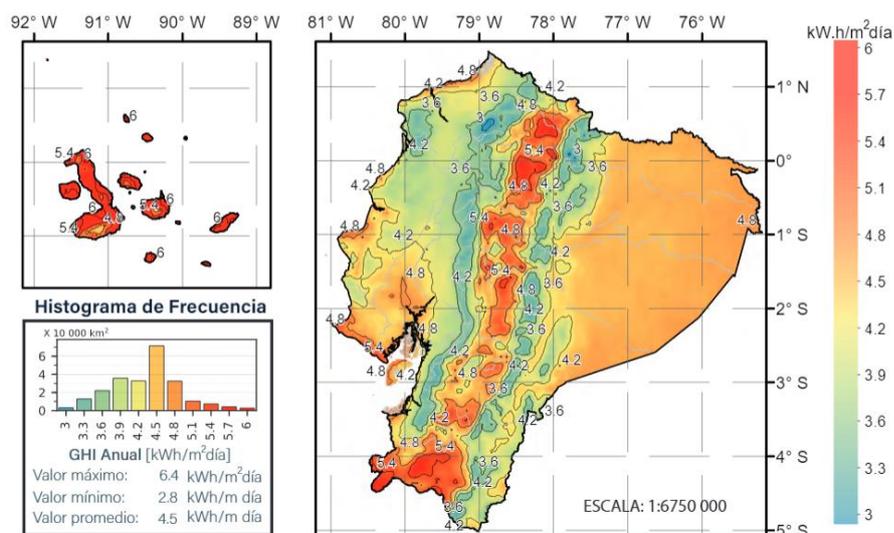
#### 2.1. Recurso solar en el Ecuador

El Ecuador se encuentra sobre la línea ecuatorial, por lo que la irradiación solar es casi constante durante todo el año, esto es de gran ventaja para evitar acumulaciones de energía o equipos auxiliares sobredimensionados. La cordillera de los Andes crea microclimas que pueden llegar a reducir este recurso en ciertas regiones del país, sin embargo, es lo suficientemente alto para sus aplicaciones tecnológicas solares térmicas y fotovoltaicas. (Ordoñez y Vaca, 2020, p.8).

#### 2.2. Radiación solar

La radiación solar que llega a la superficie terrestre cambia dependiendo de la latitud geográfica, el momento del día y también la temporada del año. Es la energía emitida por el sol, que recorre en forma de fotones a través del espacio y se difunde en todas las direcciones. (Martínez, 2016, p.3).

La irradiación global horizontal (GHI) anual que incide en el Ecuador varía desde 2,9 kWh/m<sup>2</sup> día a 6,3 kWh/m<sup>2</sup> día. Las ciudades que se encuentran a una elevada altitud poseen mayor radiación, debido a que en estas zonas el espesor de la atmósfera es menor y existe menos presencia de nubes. (Ordoñez y Vaca, 2020, p.15). En la ilustración 2-1 se muestra el mapa solar



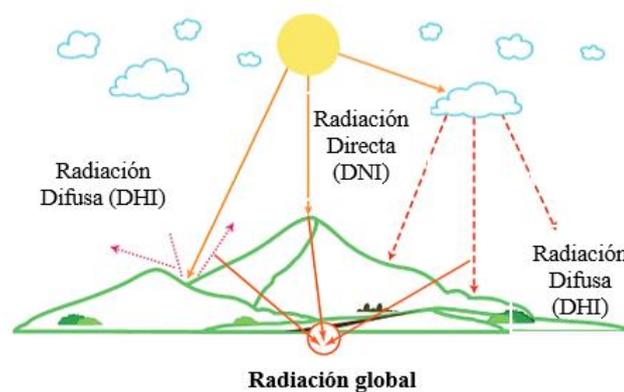
**Ilustración 2-1:** Irradiación global horizontal anual

Fuente: (Scinergy EPN, 2019).

### 2.2.1. Tipos de radiación solar

La energía solar, se manifiesta en formas distintas dependiendo de la manera que impacta con cualquier tipo de superficie, y consta de las siguientes componentes.

- **Radiación directa:** Es la radiación que llega directamente del sol, siendo la más eficaz para producir energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos. Consiste en los rayos directos que no se dispersan.
- **Radiación difusa:** Es la radiación que incide sobre el panel solar después de su dispersión en la atmosfera, sigue existiendo aun cuando existen condiciones nubladas.
- **Radiación reflejada:** Es la radiación que llega al panel solar después de ser reflejada en caso de existir superficies reflectantes cercanas.
- **Radiación global:** Se considera como la suma de la radiación directa, difusa y reflejada existentes en un lugar.



**Ilustración 2-2:** Radiación global (GHI)

Fuente: (Scinergy EPN, 2019).

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### 2.2.2. Radiación mínima con la que funciona un panel solar

No se puede determinar con exactitud cuánta radiación solar necesita un panel solar, pues funcionan con el efecto fotoeléctrico y en cuanto reciben la más mínima radiación solar, empiezan a funcionar y generar energía. (SOLCOR, 2023).

## 2.3. Energía solar fotovoltaica

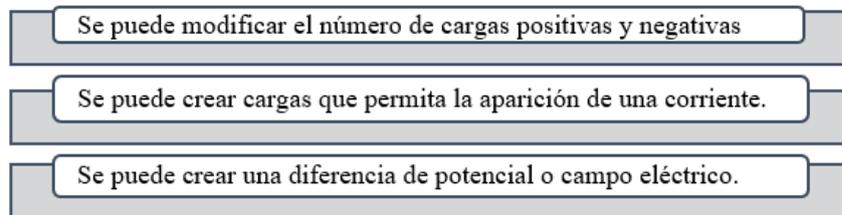
Se refiere a la electricidad generada a partir de la conversión de la luz solar mediante paneles solares fotovoltaicos, sin requerir combustibles ni procesos químicos, esta forma de energía es

limpia y sostenible ya que, no produce emisiones de gases de efecto invernadero.(Meinel y Meinel, 1982, p.20).

## 2.4. Principios de funcionamiento de los sistemas de energía solar fotovoltaica

El principio de funcionamiento de los sistemas de energía solar fotovoltaica se basa en la utilización del efecto fotovoltaico en donde los materiales semiconductores que componen el panel solar liberan electrones, esto se genera por la incidencia de la luz solar sobre ellos y generan una corriente eléctrica.

Las condiciones necesarias para que una célula fotovoltaica pueda producir energía eléctrica son las siguientes:



**Ilustración 2-3:** Parámetros para la generación de energía fotovoltaica

**Fuente:** (Scinergy EPN, 2019).

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

## 2.5. Características de la generación de energía fotovoltaica

Un sistema fotovoltaico dispone de ciertas características que vienen dadas por los fabricantes en condiciones estándar (STC) para una irradiancia de  $1000 \frac{W}{m^2}$ , la cual está compuesta de células conectadas convenientemente unas con otras.

### 2.5.1. Parámetros eléctricos

Los parámetros eléctricos vienen dados por fichas técnicas y se toma en cuenta lo siguiente:

- **Punto de máxima potencia:** Punto en que el producto de la tensión por la corriente alcanza su máximo valor de potencia en condiciones operativas específicas establecidas.
- **Corriente de cortocircuito.** Se trata de la corriente que fluye cuando los terminales están cortocircuitados, bajo condiciones específicas de temperatura e irradiancia, condiciones STC (Condiciones estándar de prueba).

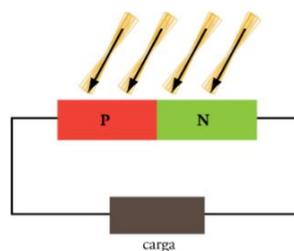
- **Potencia máxima nominal:** Es la máxima potencia bajo condiciones estándar de medida, la unidad que se utiliza es  $W_p$  (Vatio pico).
- **Voltaje:** Es la tensión producida cuando la potencia es máxima, bajo condiciones estándar a prueba.
- **Efecto de intensidad de iluminación:** Es la corriente que se genera en un panel solar, la cual se encuentra proporcional a la intensidad de la radiación y el área superficial de las células solares del panel. (TECNOSOL, 2019).

### 2.5.2. *Parámetros térmicos*

Se considera a la temperatura media de equilibrio que adquiere la célula en el interior de un módulo que tiene condiciones de referencia de  $1000 \frac{W}{m^2}$  de irradiancia, una temperatura de célula de  $25^\circ C$  y una distribución espectral de AM (Coeficiente de masa) de 1,5 G, velocidad de viento de 1 m/s, a circuito abierto. (Bayod, 2029, p.88).

## 2.6. **Conversión de energía solar en electricidad**

La conversión de energía solar en energía eléctrica es factible debido a un fenómeno físico que ocurre en las celdas, denominado efecto fotovoltaico que se basa en la interacción de los fotones que transportan energía, algunos son reflejados. Mientras que otros atraviesan el material o son absorbidos, transfiriendo su energía a los electrones del semiconductor, lo que genera una corriente eléctrica. (López y Martínez, 2014, p.8).



**Ilustración 2-4:** Semiconductor P-N

**Fuente:** (Tobajas, 2018, p.8).

Para lograr unir dos materiales semiconductores, uno debe ceder electrones (material tipo N), y otro receptor electrones con facilidad (material tipo P). El efecto fotovoltaico surge en el instante en que se ilumina la superficie de unión de los semiconductores, mismos que aumentan su conductividad eléctrica cuando son expuestos a la luz, pues se impulsa a los electrones presentes en el material, lo que incrementa su capacidad de conducción. (Arancibia y Best, 2010, p.5).

Generación de carga	Separación de la carga	Colección de carga
<ul style="list-style-type: none"> <li>•La luz excita los electrones, liberándolos para moverse a través de cristal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Un campo eléctrico dirigido hacia el material (unión p-n) barre electrones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Los electrones depositan su energía en una carga externa, lo cual completa el circuito</li> </ul>

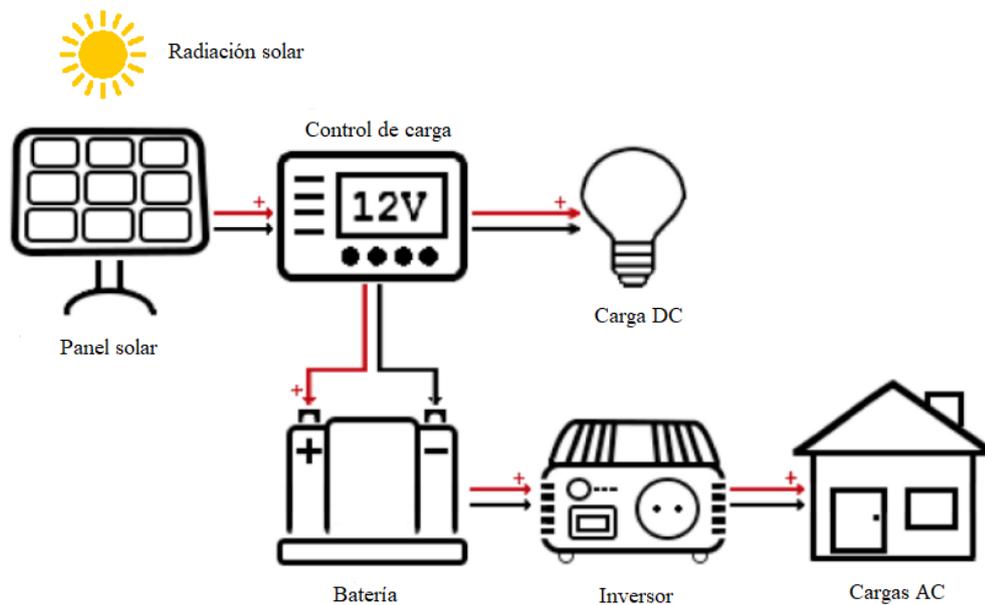
**Ilustración 2-5:** Proceso de conversión de energía solar en electricidad

Fuente: (Tobajas, 2018, p.8).

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

## 2.7. Componentes del sistema solar fotovoltaico

El sistema comprende de ciertos componentes eléctricos que aseguran el correcto funcionamiento y abastecimiento del sistema, mismos que se describen a continuación:



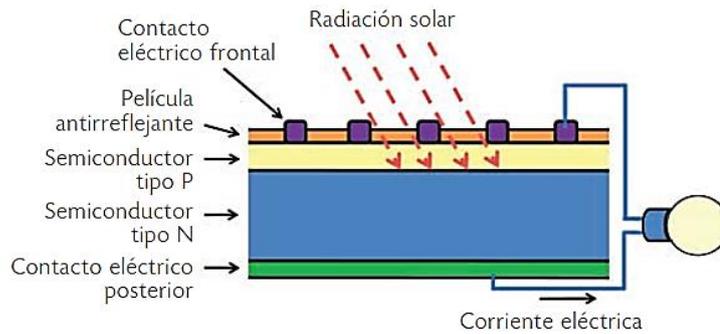
**Ilustración 2-6:** Esquema representativo de un sistema fotovoltaico

Fuente: (Pérez, 2021, p.18).

### 2.7.1. Celdas solares

Es fundamental considerar que, por lo general cuando una célula es expuesta a la luz, solo transforma alrededor del 20% de la irradiación en electricidad. La unión de células forma un campo eléctrico los cuales se separan los pares electrón-hueco.

Al iluminarse cuando una célula solar está conectada a una carga externa, se genera una disparidad de potencial en dicha carga, provocando un flujo de corriente que sale del circuito externo a través del terminal positivo y regresa a la célula a través del terminal negativo.



**Ilustración 2-7:** Estructura básica de una celda fotovoltaica

Fuente: (Arancibia y Best, 2010, p.16).

### 2.7.2. *Panel solar*

Son dispositivos semiconductores los cuales han sido creados para capturar la radiación del sol, para ser utilizada y convertida en diversas formas de energía, suministra al sistema cierto voltaje y corriente, esto varía según el tipo y número de células conectadas, así como del tipo de conexión.

### 2.7.3. *Conexión de paneles solares en serie*

Si conectamos los paneles solares en serie, el voltaje de cada panel solar se suma, mientras que la corriente se mantiene constante y está determinada por la corriente más baja de los paneles solares. La instalación se hace del terminal positivo de uno al negativo del siguiente, formando así una cadena continua. (Tobajas, 2018, p.15).



**Ilustración 2-8:** Conexión de paneles solares en serie

Fuente: (Suárez y Vallejo, 2022, p.19).

### 2.7.4. *Conexión de paneles solares en paralelo*

En este tipo de conexión, el voltaje se mantiene constante, la corriente total es la suma de las corrientes individuales de cada panel. Se unen los terminales positivos entre sí y los terminales negativos de la misma manera.



**Ilustración 2-9:** Conexión de paneles solares en paralelo

**Fuente:** (Suárez y Vallejo, 2022, p.68).

### 2.7.5. Tipos de paneles fotovoltaicos

Actualmente se puede encontrar en el mercado muchos tipos de paneles fotovoltaicos. Sin embargo, resaltan comúnmente tres tipos, los cuales poseen características y tecnologías de fabricación diferentes.



**Ilustración 2-10:** Tipos de células fotovoltaicas

**Fuente:** (Pérez, 2021, p.22).

- **Paneles solares monocristalinos:** Obtenidos de silicio que se encuentra dopado con boro. Por su rentabilidad son las placas más usadas y poseen un precio medio – alto. Cuentan con una gran sensibilidad para captar la energía solar. Puede llegar a rendimientos de conversión lumínica – eléctrica de hasta el 22%. Además, ofrecen alta eficiencia ocupando menos espacio. (Tobajas, 2018, p.20).
- **Paneles solares policristalinos:** Poseen un espesor reducido de varias micras, tienen forma cuadrada con el fin de aprovechar mejor el espacio entre cada célula existente. Su costo es medio debido a que se usa menor cantidad de silicio en su fabricación.
- **Paneles solares amorfos:** Son maleables, delgados y muy rentables. Poseen la desventaja de que la eficiencia de conversión es más baja. Son fabricados depositando una película de silicio en forma de vapor sobre una superficie de acero. Necesitan mayor

espacio para conseguir la misma potencia. Tienen un costo bajo, pero su estructura es muy irregular.

**Tabla 2-1:** Eficiencia de paneles fotovoltaicos

<b>MATERIAL</b>	<b>EFICIENCIA</b>
Silicio monocristalino	Hasta 22,0 %
Silicio policristalino	Hasta 19,0 %
Silicio amorfo	Hasta 13,0 %

Fuente: (Pérez, 2021, p.21).

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### 2.7.6. *Inversor DC / AC*

La señal de potencia que entrega un sistema de energía fotovoltaica es en voltaje continuo y debe ser convertida en alterna para su acoplamiento con la red eléctrica (Alonso, 2007, p.18).

Después de almacenar la energía eléctrica en el acumulador, existen dos alternativas: utilizar directamente la energía para alimentar lámparas y dispositivos de consumo que funcionen con 12 o 24 voltios de corriente continua, o bien convertir la corriente continua en corriente alterna 110/220V. (CONELEC, 2008).

El inversor eléctrico permite convertir la corriente continua producida por el panel solar, a un voltaje de salida de corriente alterna, a la magnitud que se requiera.

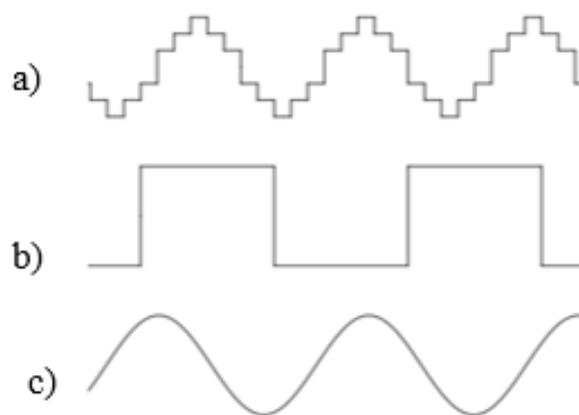
Al hablar de inversores conectados a la red eléctrica o para aplicación solar si se trata de un sistema aislado, existen tres tipos de inversores:

- **Inversor fuera de red:** Los inversores fuera de la red, también denominados off-grid, son utilizados en sistemas de generación independientes, los cuales son recomendados en áreas donde la conexión a la red eléctrica es complicada y costosa.
- **Inversor conectado a la red:** Estos dispositivos que se encuentran conectados a la red eléctrica son diseñados para vincularse al sistema principal de suministro eléctrico de una ubicación y complementar el consumo de energía. Durante periodos de disponibilidad de energía solar, el sistema dirige esta energía a los dispositivos eléctricos según sea necesario. En momentos en que la energía solar generada no es suficiente para cubrir la demanda, el sistema toma la energía de la red eléctrica.

- **Híbrido:** Son aquellos que permiten el uso de la red eléctrica convencional cuando se encuentra disponible y el uso del sistema de energía solar fotovoltaica cuando se haya suspendido el suministro de la red eléctrica.

Existe otra clasificación de inversores según su tipo de onda de salida generada, su elección depende de los equipos que se desee alimentar, y son:

- **Inversor de onda senoidal modificada:** Genera una onda cuadrada modificada, similar a la onda cuadrada pero más escalonada. Maneja altas sobretensiones por lo cual son recomendadas para uso residencial. Es más complejo que los de onda cuadrada pero más simple que los de onda senoidal pura, lo cual es una ventaja debido a que los equipos eléctricos están diseñados para operar con esta señal. La mayor parte de equipos funcionará de manera aceptable con ellos. (Ver ilustración 2-11 a).
- **Inversor de onda cuadrada:** Tiene bajo control en el voltaje de salida y no limita los picos de voltaje. (Ver ilustración 2-11 b).
- **Inversor de onda senoidal pura:** Poseen alta capacidad para controlar sobretensiones, lo cual lo hace ideal para el uso de equipos electrónicos complejos y con alta sensibilidad. (Ver ilustración 2-11 c). (Rodríguez. 2019, p.8)

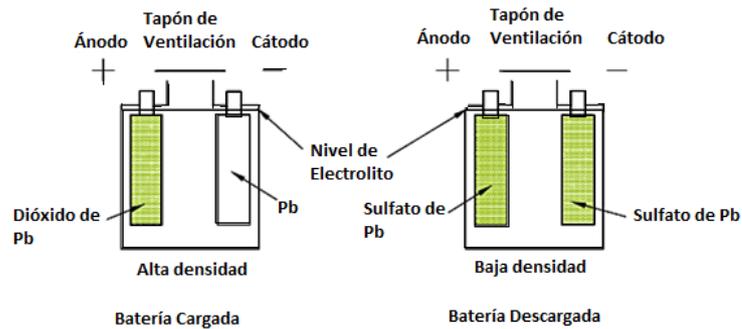


**Ilustración 2-11:** Señal senoidal modificada, cuadrada y senoidal

Fuente: (Rodríguez, 2019, p.8).

### 2.7.7. Baterías

En un sistema fotovoltaico la batería se denomina como un acumulador eléctrico es en donde se almacena la energía que se genera en el sistema fotovoltaico posterior que las ondas de luz solar hayan producido energía en la placa solar. (Tobajas, 2018, p.17).



**Ilustración 2-12:** Estado de una batería

Fuente: (Tobajas 2018)

Las baterías de paneles solares almacenan la energía generada para su uso posterior y tiene una mayor capacidad de almacenamiento. Además, que las baterías de los paneles son más gruesas, y su vida útil es mayor.

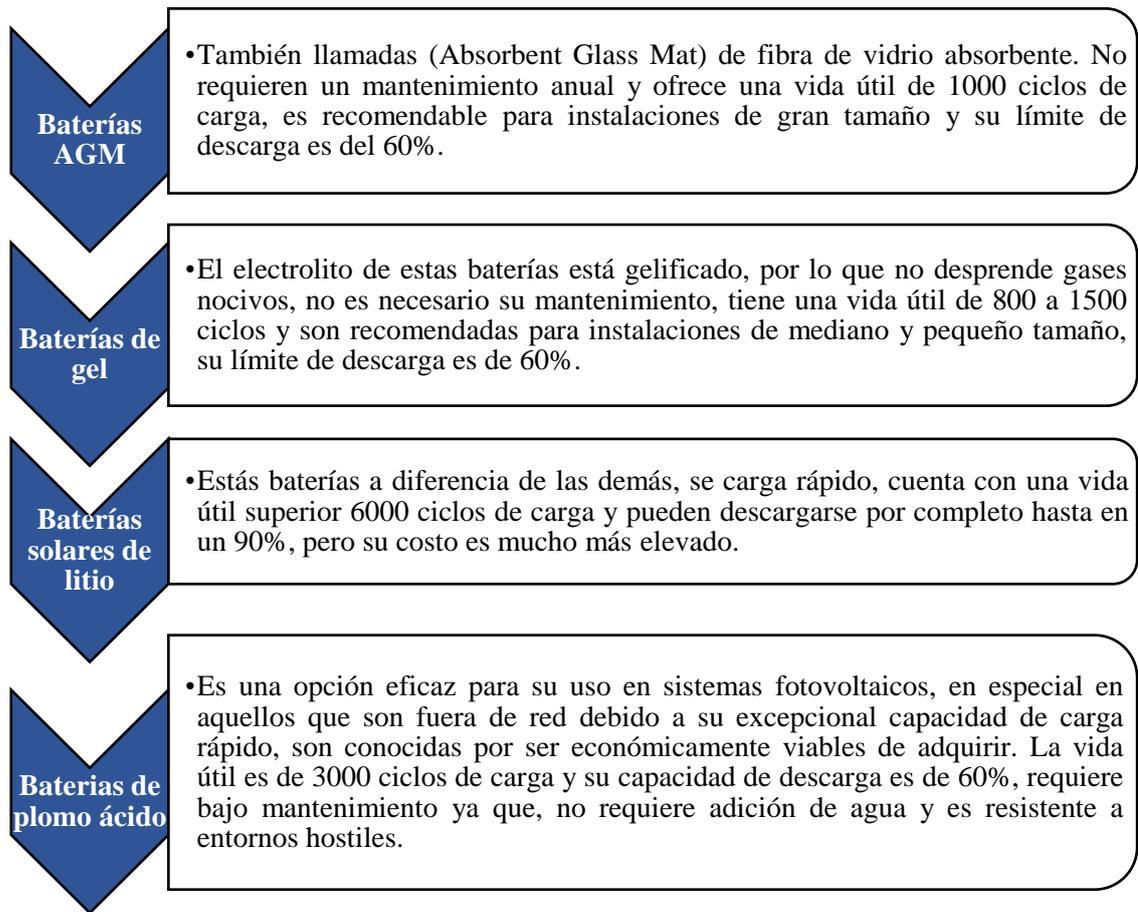
Las baterías se consideran como dispositivos electroquímicos, acumuladores eléctricos que acumulan energía que generan los paneles solares y son los elementos más importantes en un sistema fotovoltaico autónomo. Pueden ser:

- **Estacionarios:** Están destinados a mantenerse fijos en un determinado lugar y aprovechar las corrientes permanentes, y no están obligados a producir corrientes elevadas en periodos cortos de tiempo.
- **De arranque:** Es la batería de automóvil las cuales suministran una cantidad elevada de energía eléctrica en un espacio reducido de tiempo (segundos).

Lo más difícil al momento de realizar una instalación solar fotovoltaica es la selección de la batería, mayormente si es para una instalación solar aislada, por eso es necesario tener en cuenta ciertas características:

- **Amperaje:** Esta va a determinar cuánta energía circula en un circuito durante una hora.
- **Voltaje de baterías:** Es la medida de energía eléctrica que suministra y nos indica la diferencia de potencial a través de la cual se mueve la corriente que la batería proporciona.
- **Capacidad:** Se define como el valor de energía eléctrica que puede almacenar la batería.
- **Velocidad de descarga:** Se puede determinar la velocidad de descarga al analizar los amperios-hora (Ah) y la potencia proporcionada por la batería. (Arrieta, 2011, p.21).

Tipos de baterías según su fabricación:



### Ilustración 2-13: Tipos de baterías

Fuente: (Tobajas 2018)

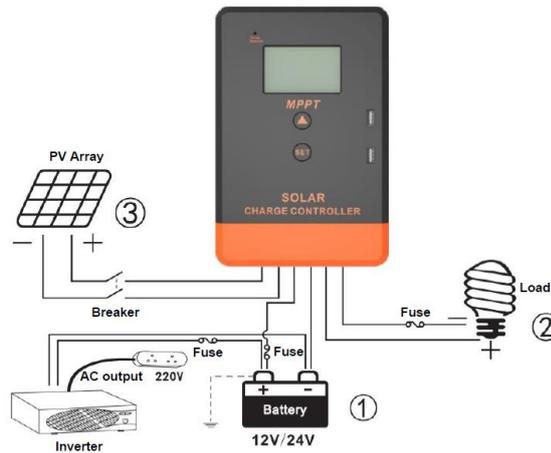
Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

#### 2.7.8. Controlador de carga

El sistema electrónico encargado del control de la carga usado en el sistema fotovoltaico permite regular automáticamente el voltaje y el flujo de corriente que ingresa a la batería desde el panel solar, y está fabricado con protección contra: cortocircuitos, circuitos abiertos, polaridad inversa y sobrecargas, de esa forma garantiza que las baterías no se sobrecarguen, así no se agota la carga y la deja sin almacenamiento.(Coyachamin y Herrera, 2022, p.11).

#### 2.7.9. Seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT)

MPPT o Maximum Power Point Tracking, son más avanzados que los controladores tradicionales, ya que están diseñados para extraer la máxima potencia posible de los paneles solares.



**Ilustración 2-14:** Controlador de carga MPPT

Fuente: (Keeper 2023)

Se adapta a las condiciones cambiantes de luz y temperatura, aumentando la eficiencia de potencia en un 30 %, separando la tensión de los paneles de la tensión de la batería y ubicándola en el punto óptimo para obtener la máxima energía. (Acevedo et al. 2018, p.6).

La selección de controlador de carga depende de que las características que posea le permitan controlar el voltaje de salida de los paneles solares instalados. Además, que sea compatible con la configuración del sistema sea 12 o 24V.

#### 2.7.10. Protecciones eléctricas

Los sistemas fotovoltaicos necesitan de protecciones eléctricas para que su operación sea segura y no existan daños en los componentes del sistema de forma inesperada.

Se usa un conjunto de dispositivos (interruptores de circuito o disyuntores, fusibles, etc.), que permiten cumplir los requerimientos de protección contra cortocircuitos y sobrecargas, con la rapidez óptima para los diferentes tipos de configuraciones y condiciones de operación.

#### 2.7.11. Conductores

La tarea de transferir energía eléctrica entre distintos componentes recae en los cables conductores. Calcular la sección del conductor adecuada para una instalación fotovoltaica es crucial, ya que se maneja una corriente continua de bajo voltaje (12 V), lo que resulta en un aumento en el número de amperios y, por ende, en las pérdidas de los cables si no están dimensionados correctamente. Se recomienda calcular la sección del conductor con un margen del 125% de la capacidad de corriente (NEC, 2018, p.9).

El cálculo del calibre del conductor se realiza con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 * I * L}{\sigma * \Delta V}$$

**Ecuación 2-1:** Cálculo de calibre del conductor

Donde:

I = Intensidad de corriente

L = Longitud

$\sigma$  = Conductividad

$\Delta V$  = Caída de tensión (No debe exceder el 1%)

Se utilizó la siguiente ecuación para obtener la intensidad:

$$I = I_{sc} * \# \text{ Paneles} * (1,25) * (1,25)$$

**Ecuación 2-2:** Cálculo de intensidad

Donde:

El valor 1,25 se utiliza como margen de error para el correcto dimensionamiento del sistema.

### 2.7.12. Conectores MC4

La elección de conectores es muy importante para el buen funcionamiento de la instalación fotovoltaica, el conector tipo MC4 macho y hembra, son muy utilizadas en este tipo de instalaciones ya que conectan cadenas de paneles o ensamblan extensiones para estos.



**Ilustración 2-15:** Conector MC4

Fuente: (CONNERA, 2021)

- Sistema de auto seguro para evitar que se desconecte accidentalmente.

- El revestimiento está diseñado según ciertas especificaciones para resistir la radiación ultravioleta, lo que previene el deterioro y garantiza la durabilidad del material frente a condiciones climáticas severas.

## **2.8. Absorción óptica**

La absorción de la radiación electromagnética se considera el proceso por el cual la radiación es captada por un material semiconductor. Cuando se produce la absorción en un rango de la luz visible se considera con el nombre de absorción óptica. Esta radiación, al ser absorbida, puede ser transformada en otro tipo de energía como calor o energía eléctrica.

## **2.9. Instrumentos de medición de energía solar**

Las medidas de radiación son de crucial importancia para diferentes estudios dependiendo de las condiciones climáticas y atmosféricas.

El instrumento de medición de energía solar usado en la estación agrometeorológica de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es el heliógrafo, instrumento que mide la intensidad lumínica solar y la insolación diaria, así como la posición del sol en cada instante.



**Ilustración 2-16:** Heliógrafo

Fuente: (TECFRESH 2023)

## **2.10. Sistemas fotovoltaicos**

El desarrollo en el ámbito de las energías alternativas renovables implica la producción a partir de fuentes sostenibles, las cuales se encuentran integradas en los sistemas eléctricos de diferentes

magnitudes o tamaños. Por otra parte, se puede evidenciar la disponibilidad intermitente de estas fuentes de energía resulta variable en diferentes circunstancias ambientales en las cuales se generará la energía. Por esta razón, se han desarrollado diversas tecnologías para almacenar el exceso de energía con el fin de utilizarlo cuando sea necesario y factible dentro de las condiciones operativas del sistema eléctrico (Tarrillo, 2012, p.8).

### 2.10.1. Sistema fotovoltaico conectado a la red

Los sistemas fotovoltaicos son más simples y accesibles en cuanto a costos, se genera una disminución de pérdidas por transmisión y distribución, soporte de voltaje y compensación de potencia.

Características:

- Arreglo fotovoltaico, el elemento encargado de transformar la luz del sol en electricidad.
- Un elemento acondicionador de la potencia producida (un inversor CD/CA), el cual permite ajustar la energía producida por el conjunto de paneles solares a las especificaciones eléctricas de la red para que pueda conectarse.

Configuración típica de un sistema conectado a red:

Esta configuración se aplica principalmente en construcciones de las zonas urbanas, los sistemas fotovoltaicos de energía están encargados de transformar la energía producida por sol en electricidad, la cual va a ser instalada sobre el techo de las diferentes construcciones para de esa manera proporcionar una mejor exposición a los rayos solares.



**Ilustración 2-17:** Diagrama central fotovoltaica conectada a red

**Fuente:** (Santillán Tituaña 2016).

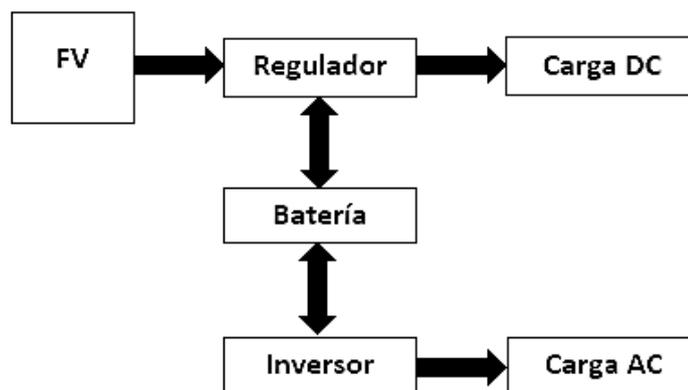
El usuario no diferencia en ningún momento la fuente de energía que proporciona electricidad a los dispositivos. Esto se debe a que la calidad de la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico es similar a la de la red eléctrica convencional. Cuando hay una brecha entre la demanda eléctrica del edificio y la generación fotovoltaica, esta diferencia se cubre con

electricidad proveniente de la red eléctrica convencional. Por el contrario, cuando hay un excedente de generación fotovoltaica en comparación con la demanda, este excedente se inyecta directamente en la red eléctrica del proveedor de servicios (González et al. 2018, p.20).

### 2.10.2. Sistema fotovoltaico autónomo

La electricidad se genera mediante la conversión fotovoltaica, y se emplea para satisfacer la demanda eléctrica en áreas remotas o desconectadas de la red eléctrica. Estos sistemas son competitivos con las opciones convencionales en cuanto a costos y fiabilidad del suministro.

Las posibles estructuras de los sistemas fotovoltaicos independientes pueden variar desde configuraciones sencillas, como un generador de energía fotovoltaica (FV) alimentando dispositivos de consumo de corriente continua, hasta sistemas con almacenamiento de energía y múltiples dispositivos de consumo en DC o en DC+AC. El uso de un inversor en un sistema fotovoltaico es con el fin de permitir el uso de dispositivos que requieran corriente alterna. (Abella, 2020, p.12).



**Ilustración 2-18:** Esquema de un sistema FV autónomo

Fuente: (Abella, 2020, p.6).

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

## 2.11. Factores que afectan la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos

La eficiencia energética que tienen las células fotovoltaicas (FV) que conforman un panel solar se calcula en base a la función de la energía de la luz solar que los dispositivos semiconductores transforman en electricidad. Su eficiencia oscila entre 15% a 20 % de la transformación de energía solar a eléctrica utilizable (González et al. 2018, p.18).

Existen varios factores que afectan a la eficiencia de los paneles solares:

- La cantidad de luz reflejada fuera de la superficie de la célula
- La intensidad del sol
- La cantidad de nubes
- La acumulación de calor, que afecta a la conductividad de los semiconductores.

#### **2.11.1. Presencia de sombras**

Es necesario evaluar las posibles sombras que pueden bloquear la irradiancia. Existen sombras producidas por elementos externos como árboles, muros u otras edificaciones contiguas o también las producidas por los mismos módulos en el caso de la instalación de varios módulos ya sea en serie o en paralelo, en este caso la distancia mínima entre filas de módulos debe ser suficiente para que los paneles de una fila no sombreen a la siguiente.

#### **2.11.2. Inclinación de los paneles**

A pesar de que las células fotovoltaicas cuentan con la más alta eficiencia, una orientación incorrecta puede llegar a producir pérdidas significativas y a su vez, disminuir la generación de electricidad.

Se debe colocar los paneles solares de tal manera que no posea sombras parciales; quedando el módulo fotovoltaico de forma perpendicular a los rayos solares, la determinación de la óptima inclinación depende de la técnica de montaje aplicada, el terreno y las condiciones climáticas. (Abdulateef y Hussien, 2022, p.8).

#### **2.11.3. Pérdida por cableado**

La baja de potencia en el cableado de un sistema fotovoltaico es proporcional al producto  $I^2R$ , de esto se deduce la noción básica de operar con corrientes lo más reducidas posible. Los paneles solares actuales se encuentran configurados para tolerar pérdidas de corriente considerables, así como tensiones de hasta 500V entre el marco y la célula.

#### **2.11.4. Localización geográfica**

La ubicación determina la cantidad de energía solar que puede incidir la hora del día y el clima. Comprender el recurso solar de un sitio es fundamental porque determina la capacidad necesaria

del conjunto fotovoltaico (Abdulateef y Hussen, 2022, p.10).

Para comprender mejor la superficie de la tierra, es esencial establecer un sistema referencia que nos ayude a ubicar con exactitud las áreas con mayor exposición solar. Esto se logra mediante un sistema tridimensional de coordenadas de altitud, latitud y longitud.

Es importante identificar con precisión la dirección sur geográfica para maximizar la captación de radiación solar y así aprovechar al máximo las horas de exposición al sol.

La altitud  $h$ , de un punto de la superficie terrestre es la altura, esta medida es tomada en dirección vertical, y se tiene como referencia la altitud sobre el nivel medio del mar.

La altitud  $L$ , de un lugar es el ángulo que forma el radio terrestre que va desde el centro de la tierra, a ese lugar en el plano ecuatorial. Todos los puntos del ecuador tienen latitud nula y todos los puntos de igual latitud están situados en una circunferencia, denominado paralelo.

La longitud, de un punto o lugar es la distancia que lo separa del meridiano cero o de Greenwich contada en grados.

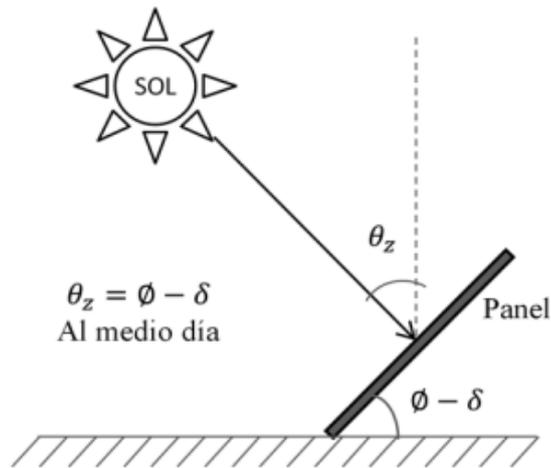


**Ilustración 2-19:** Posición correcta de paneles solares

Fuente: (Tobajas, 2018, p.49).

### 2.11.5. *Ángulo óptimo para inclinación de sistema fotovoltaico*

Se ha estudiado los ángulos de maximización de salida de paneles fotovoltaicos mediante pruebas experimentales y los hallazgos indican que la elección del ángulo de inclinación debe estar entre la latitud del lugar  $\pm 15^\circ$ , dicha aproximación genera una pérdida menor en la producción total del sistema (Abdulateef y Hussen, 2022, p.12).



**Ilustración 2-20:** Ángulo del montaje del módulo fotovoltaico

**Fuente:** (Arrieta Paternina et al, 2012, p.7)

Cuando el plano se encuentra perpendicular al ángulo zenit al mediodía, también lo está al sol, es cuando el sol alcanza su punto más alto en el cielo, lo que resulta en la menor distancia entre la Tierra y el sol, y, por ende, en la menor cantidad de masa de aire que puede atenuar la radiación directa. Debido a que el sol se mueve aproximadamente 15 grados por hora, el plano permanecerá perpendicular a la radiación solar durante alrededor de 2 horas.

Para calcular el ángulo óptimo de inclinación se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Ángulo de inclinación} = \text{Latitud} + 15^\circ$$

**Ecuación 2-3:** Cálculo de ángulo de inclinación

## 2.12. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

El propósito del dimensionamiento del sistema fotovoltaico es garantizar que se produzca la suficiente energía para abastecer el consumo energético del laboratorio, este es un paso crucial pues implica calcular la demanda energética diaria, el análisis de la radiación solar, selección del tipo y cantidad de paneles solares, elección del inversor adecuado, dimensionamiento de la batería, así como del controlador de carga.

### 2.12.1. Cálculo de demanda energética diaria

Consiste en elaborar una lista de los diferentes dispositivos conectados al sistema, junto con el número de horas de uso diario y la potencia nominal de cada uno. En teoría, calcular el consumo es simple y directo: solo se requiere determinar la energía utilizada por todos los dispositivos

incluidos en el sistema fotovoltaico. Sin embargo, en la práctica, la demanda de energía es incierta ya que a menudo se desconoce cuánto tiempo funcionará cada dispositivo (Abella, 2020, p.65)

$$\text{Demanda total (Wh)} = \text{Potencia total (W)} * \text{Consumo diario (h)}$$

**Ecuación 2-4:** Cálculo de carga total

### 2.12.2. *Capacidad de baterías*

Para el conocer la capacidad de las baterías es necesario realizar cálculos para abastecer al sistema durante cierto tiempo, se muestran las ecuaciones que permiten obtener la cantidad de Ah requeridos.

$$\text{Capacidad neta} = \text{Días de autonomía} * \text{Demanda (Wh)}$$

**Ecuación 2-5:** Cálculo de capacidad neta

$$\text{Capacidad bruta} = \frac{\text{Capacidad neta}}{\text{DOD}}$$

**Ecuación 2-6:** Cálculo de capacidad bruta

Donde:

DOD: Profundidad de descarga de la batería (Dato obtenido de la hoja de datos del equipo)

$$\text{Capacidad batería} = \frac{\text{Capacidad bruta}}{\text{Voltaje de la batería}}$$

**Ecuación 2-7:** Cálculo capacidad de batería (Ah)

### 2.12.3. *Cálculo del número de paneles solares*

Para el cálculo de paneles solares necesarios para abastecer al sistema, se presentan las siguientes ecuaciones:(Borja-Academia de energía solar, 2023).

$$\text{Potencia pico necesaria} = \frac{\text{Capacidad neta (Kw)}}{\text{HSP} * \text{Rendimiento}}$$

**Ecuación 2-8:** Cálculo de potencia pico

Donde:

HSP: Horas solares pico

Rendimiento: Se obtiene del datasheet.

$$\text{Número de paneles} = \frac{\text{Potencia pico W}}{\text{Potencia del panel}}$$

**Ecuación 2-9:** Cálculo de número de paneles

#### 2.12.4. *Cálculo del controlador de carga*

Se muestra la ecuación para calcular la capacidad del controlador de carga en A. (Astuvilva, 2023).

$$\text{Capacidad} = I_{sc} * \# \text{ Paneles solares}$$

**Ecuación 2-10:** Cálculo de capacidad del controlador de carga

Donde:

I<sub>sc</sub>: Corriente de cortocircuito del panel solar (Dato del datasheet)

#### 2.12.5. *Cálculo del inversor DC/AC*

La siguiente ecuación muestra la potencia en W del inversor para la demanda total calculada.

$$\text{Potencia del inversor} = \text{Demanda total} * 1,2$$

**Ecuación 2-11:** Cálculo de potencia del inversor

$$I = (\text{Potencia del inversor} * 1,25) / \text{Voltaje del sistema}$$

**Ecuación 2-12:** Cálculo de intensidad del inversor

### 2.13. **Criterios de diseño**

Los planos de diseño estructural y especificaciones técnicas se deben presentar de manera general en el trabajo a ejecutar e incluir aspectos estipulados en las especificaciones. (NEC 2018).

Los planos de fabricación y montaje o detalles incluyen:

- Los componentes estructurales que conforman la estructura general.
- La cimentación en donde se va a apoyar, con especificaciones del tipo de material y altura.

- La longitud de anclaje de la armadura.

La construcción de estructuras de acero consiste en el montaje de los distintos componentes de este material en un marco mediante un proceso que implica levantarlos y colocarlos en posición, y luego conectarlos entre sí. Generalmente, esto se logra mediante atornillado, pero a veces se utiliza soldadura en el sitio. Es importante que el marco ensamblado se encuentre alineado antes del atornillado y que sea seguro para cualquier actividad de mantenimiento.

#### **2.14. Limpieza y mantenimiento**

Mantenimiento está basado en grupo de tareas y acciones que se ejecutan teniendo en cuenta una serie de recurso materiales, humanos y financieros.

Los paneles deben ser limpiados periódicamente, la suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del panel reduce su rendimiento y puede producir efectos de inversión similares a los producidos por las sombras. La intensidad del efecto depende de la capacidad de residuo.

- Comprobación de las protecciones eléctricas: tomas de tierra, interruptores de seguridad y fusibles
- Comprobación del estado de los módulos
- Revisión de estructura de soporte: oxidación
- Baterías: limpieza y engrasado de terminales
- Comprobación de estado de inversor:

## CAPÍTULO III

### 3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

La instalación del sistema fotovoltaico es un proceso que requiere de varios cálculos y consideraciones para que el sistema opere de la forma más eficiente

#### 3.1. Análisis de cargas eléctricas del laboratorio

Se realiza el análisis de cargas de todos los equipos del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, como se muestra en la tabla 3-1, se usa la Ecuación 2-4 y se determina que la demanda total durante un consumo diario de 2h es 34553,2 Wh.

**Tabla 3-1:** Cargas eléctricas del laboratorio

Cant.	Equipo	Potencia (W)	Potencia total (W)	Consumo diario (h)	Demanda total Wh
1	Taladro de pedestal	249 W	249 W	2h	498
1	Esmeril	466 W	466 W	2h	932
1	Motor eléctrico 1	1491 W	1491 W	2h	2982
1	Motor eléctrico 2	550 W	550 W	2h	1100
1	Motor eléctrico 3	373 W	373 W	2h	746
1	Motor eléctrico 4	370 W	370 W	2h	740
1	Motor eléctrico 5	370 W	370 W	2h	740
1	Motor eléctrico 6	370 W	370 W	2h	740
1	Motor eléctrico 7	370 W	370 W	2h	740
1	Motor eléctrico 8	750 W	750 W	2h	1500
1	Motor eléctrico 9	180 W	180 W	2h	360
1	Motor eléctrico 10	3700 W	3700 W	2h	7400
1	Aire acondicionado	3600 W	3600 W	2h	7200
1	Compresor	3730 W	3730 W	2h	7460
1	Proyector	280 W	280 W	2h	560
1	Sistema Andon	163 W	163 W	2h	326
1	Reloj digital	1 W	1 W	2h	2
4	Balizas de señalización	1,5 W	6 W	2h	12
8	Lámparas fluorescentes	32 W	256 W	2h	512
1	Lámpara LED de emergencia	1,6 W	1,6 W	2h	3,2
<b>Total</b>					<b>34553,2 Wh</b>

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### 3.2. Dimensionamiento del sistema

Debido al alto consumo energético en Wh y el alto costo de instalación para abastecer la demanda existente en el Laboratorio, se decide alimentar con energía solar fotovoltaica únicamente los equipos necesarios para las actividades académicas diarias tales como la iluminación y tomacorrientes para equipos electrónicos, como proyector y computadora. Para el cálculo se usa la Ecuación 2-4. Se contemplan los siguientes componentes:

**Tabla 3-2:** Cargas de iluminación y equipos informáticos

Cant.	Equipo	Potencia (W)	Potencia total (W)	Consumo diario (h)	Demanda total (Wh)
1	Proyector	280 W	280 W	2h	560
1	Laptop	80 W	80 W	2h	160
8	Lámparas fluorescentes	32 W	256W	2h	512
1	Letrero de iluminación	36 W	36 W	2h	72
<b>Total</b>			652 W		1304 Wh

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### 3.3. Cálculo de capacidad de baterías

Para realizar el cálculo de la capacidad de baterías necesarias, se toma en cuenta un día de autonomía del sistema, esto con el fin de definir la cantidad de tiempo que puede funcionar la batería antes de requerir una recarga en caso de que las condiciones climáticas sean nubladas, de esta manera el sistema trabajará de manera independiente, es decir sin necesidad de una fuente de energía externa.

#### 3.3.1. Cálculo de capacidad neta

Para el cálculo se usa la Ecuación 2-5.

- **Días de autonomía**

Un factor importante al dimensionar la capacidad de batería necesaria es el número de días de autonomía, este dato indica que el sistema puede seguir funcionando durante las horas diarias de consumo para el cual es diseñado inicialmente (2h), independientemente de las condiciones de luz solar o incluso sin recibir entrada de irradiación durante un periodo de 24 horas; después de este tiempo, si no hay generación de energía solar para recargar la batería, el sistema no puede

seguir funcionando con normalidad y requiere captar luz solar para cargar la batería nuevamente.

$$\text{Capacidad neta} = \text{Días de autonomía} * \text{Demanda (Wh)}$$

$$\text{Capacidad neta} = 1 \text{ día} * 1304 \text{ Wh}$$

$$\text{Capacidad neta} = 1304 \text{ Wh}$$

Se considera un día de autonomía para la correcta operación del sistema en condiciones de mal tiempo, como días nublados o lluviosos.

### 3.3.2. *Cálculo de capacidad bruta*

Máxima cantidad de energía eléctrica que el panel puede manejar. Para el cálculo se usa la Ecuación 2-6.

$$\text{Capacidad bruta} = \frac{\text{Capacidad neta}}{\text{DOD}}$$

$$\text{Capacidad bruta} = \frac{1304 \text{ Wh}}{0,60}$$

$$\text{Capacidad bruta} = 2173,33 \text{ Wh}$$

### 3.3.3. *Cálculo de capacidad de batería (Ah)*

Indica la cantidad de corriente que una batería puede proporcionar a lo largo del tiempo. Para el cálculo se usa la Ecuación 2-7.

$$\text{Capacidad batería} = \frac{\text{Capacidad bruta}}{\text{Voltaje de la batería}}$$

$$\text{Capacidad batería} = \frac{2173,33 \text{ Wh}}{12}$$

$$\text{Capacidad batería} = 181,11 \text{ Ah}$$

La capacidad de la batería comercial que abastece el sistema es de 190Ah.

### 3.4. Cálculo de paneles solares

Al momento de realizar el dimensionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaico, es necesario determinar la irradiancia de la ubicación geográfica del lugar en donde se va a instalar el sistema.

Se recopila datos de irradiancia en la ciudad de Riobamba, de la base de datos más utilizada a nivel global, Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), es decir del sistema de información geográfica fotovoltaica.

La producción de paneles solares varía según los meses del año por lo que se toma en cuenta el mes más desfavorable para los cálculos.

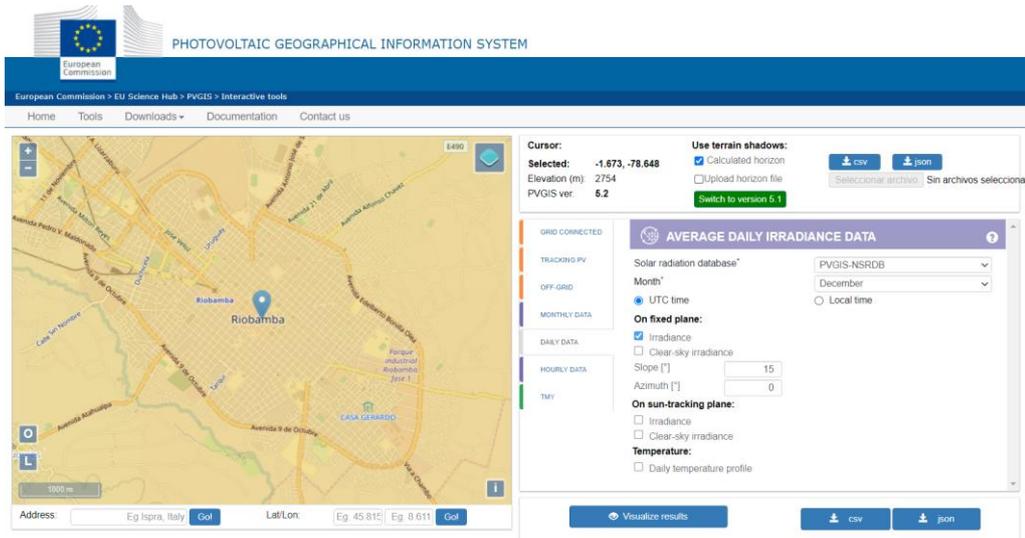
**Tabla 3-3:** Datos diarios de irradiancia en Riobamba

<b>Hora universal coordinada (UTC)</b>	<b>Irradiancia global G(i)</b>	<b>Irradiancia directa Gb(i)</b>	<b>Irradiancia difusa Gd(i)</b>
00:00	0	0	0
01:00	0	0	0
02:00	0	0	0
03:00	0	0	0
04:00	0	0	0
05:00	0	0	0
06:00	0	0	0
07:00	43,48	11,92	31,33
08:00	192,07	94,08	97,18
09:00	347,89	174,23	172,3
10:00	483,97	236,04	246,09
11:00	570,89	273,13	295,6
12:00	595,49	280,92	312,33
13:00	595,17	307,42	285,5
14:00	569,3	313,88	253,23
15:00	445,23	264,13	179,34
16:00	299,62	187,92	110,45
17:00	134,68	75,5	58,53
18:00	1,41	0	1,41
19:00	0	0	0
20:00	0	0	0
21:00	0	0	0
22:00	0	0	0
23:00	0	0	0

Fuente: (European Commission, 2022).

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se ingresa la localización del lugar de análisis para la obtención de datos.



**Ilustración 3-1:** Sistema de información geográfica fotovoltaica (PVGIS)

**Fuente:** (European Commission, 2022).

### 3.4.1. Cálculo de las horas solares pico (HSP)

Para el cálculo se considera el mes más desfavorable, es este caso junio con una irradiancia de 4,26 kWh.

**Tabla 3-4:** Datos mensuales de irradiancia en Riobamba

Mes	Irradiancia (kWh)
Enero	5,95
Febrero	5,56
Marzo	5,23
Abril	4,92
Mayo	4,77
<b>Junio</b>	<b>4,26</b>
Julio	4,90
Agosto	5,09
Septiembre	5,36
Octubre	5,91
Noviembre	5,95
Diciembre	5,86

**Fuente:** (European Commission, 2022).

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### **3.4.2. Rendimiento del panel solar**

La eficiencia o rendimiento de un panel solar se encuentra entre el 70 y 85%, para los cálculos se considera un rendimiento del 85%

### **3.4.3. Potencia pico necesaria**

La potencia pico necesaria es la cantidad de potencia máxima que se espera que el sistema pueda generar, depende de factores como la radiación y lugar de instalación. Para el cálculo se usa la Ecuación 2-8.

$$\text{Potencia pico necesaria} = \frac{\text{Capacidad neta (kW)}}{\text{HSP} * \text{Rendimiento}}$$

$$\text{Potencia pico necesaria} = \frac{1,304 \text{ kW}}{4,26 * 0,85}$$

$$\text{Potencia pico necesaria} = 0,360 \text{ kWp}$$

### **3.4.4. Número de paneles necesarios**

La potencia del panel comercial instalado es 550W. Para el cálculo se usa la Ecuación 2-9.

$$\text{Número de paneles} = \frac{\text{Potencia pico W}}{\text{Potencia del panel}}$$

$$\text{Número de paneles} = \frac{360 \text{ W}}{550 \text{ W}}$$

$$\text{Número de paneles} = 0,65$$

$$\text{Número de paneles} = 1 \text{ panel}$$

## **3.5. Cálculo de la inclinación y orientación del panel solar**

Los techos planos permiten una instalación flexible de sistemas fotovoltaicos, mientras que los techos inclinados requieren una consideración diferente debido a su orientación y ángulo de inclinación. Por lo general, los techos inclinados necesitan una estructura metálica fijada a la

edificación mediante tornillos.

El ángulo entre la superficie de los módulos y la del tejado no debe ser muy amplio, sino lo suficientemente inclinado para permitir una ventilación adecuada y evitar obstrucciones en el flujo de agua de lluvia, hojas u otras impurezas.

El ángulo óptimo de inclinación del panel solar se calcula con la Ecuación 2-3

$$\text{Ángulo de inclinación} = \text{Latitud (Riobamba)} + 15^\circ$$

$$\text{Ángulo de inclinación} = - 1,67^\circ + 15^\circ$$

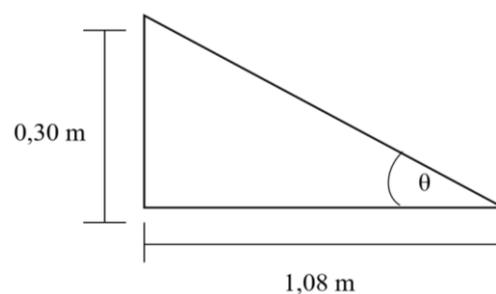
$$\text{Ángulo de inclinación} = 13,33^\circ$$

La inclinación de la cubierta del Laboratorio es de  $15^\circ$  por lo que simplemente se coloca una estructura que soporte al panel solar por tener un ángulo similar.



**Ilustración 3-2:** Inclinación de la cubierta del Laboratorio

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.



$$\tan \theta = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}}$$

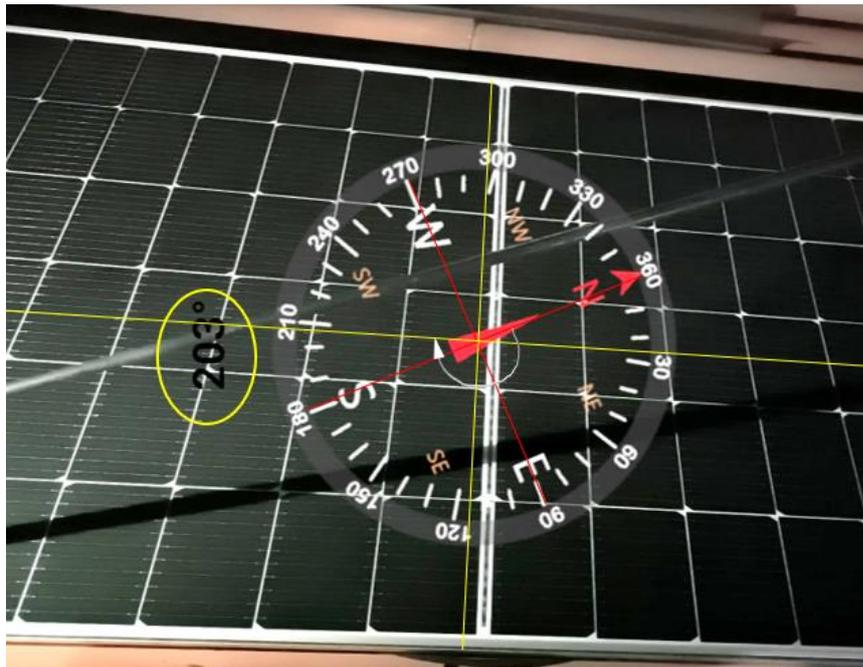
$$\tan \theta = \frac{0,30 \text{ m}}{1,08 \text{ m}}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0,30}{1,08}\right)$$

$$\theta = 15^\circ$$

- **Medición de ángulo azimut**

Debido a que la ciudad de Riobamba se encuentra en el hemisferio Sur, es recomendable orientar el panel solar hacia el norte, con el fin de captar la máxima cantidad de irradiación solar durante el día. Sin embargo, el techo del laboratorio no se encuentra alineado en esta dirección, por lo que se realiza la medición del ángulo azimut, para evaluar el rendimiento del sistema fotovoltaico en diferentes condiciones climáticas, con la ayuda de la aplicación móvil Brújula, en donde se determina un ángulo azimut de 203°.



**Ilustración 3-3:** Medición de ángulo azimut

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

La orientación más favorable del panel solar es hacia el norte para tener mayor captación solar, sin embargo, el lado izquierdo del techo que tiene una orientación más favorable hacia el norte presenta sombras significativas que interrumpen el paso de rayos solares, disminuyendo la eficiencia del panel instalado en esa dirección, por lo que se descarta el lado izquierdo del techo.

Se instala el panel solar orientado hacia el suroeste con un azimut de 203°, aunque no es la orientación ideal, esta es la mejor opción disponible debido a que el lado opuesto del techo es obstruido por la presencia de árboles. Aún con este azimut, el sistema fotovoltaico es eficiente porque recibe gran cantidad de luz solar durante las horas de la tarde cuando la radiación solar sigue siendo alta.

### **3.6. Cálculo del controlador de carga**

Para el cálculo del controlador de carga adecuado, se usa la Ecuación 2-10

$$\text{Capacidad} = I_{sc} * \# \text{ Paneles solares}$$

$$\text{Capacidad} = 14,01 \text{ A} * 1 \text{ panel solar}$$

$$\text{Capacidad} = 14,01 \text{ A}$$

Se instala un controlador de carga MPPT de 40 A.

### **3.7. Cálculo del inversor DC/AC**

Se instala un inversor de onda modificada de 1500W cuyo valor supera a lo requerido para una operación óptima del sistema y se calcula con la Ecuación 2-11

$$\text{Potencia del inversor} = \text{Demanda total} * 1,2$$

$$\text{Potencia del inversor} = 652 \text{ W} * 1,2$$

$$\text{Potencia del inversor} = 782,4 \text{ W}$$

### **3.8. Cálculo de conductores**

Se muestra los cálculos para cada conexión entre equipos.

- **Conductor del panel al controlador**

El cálculo de intensidad se realiza con la Ecuación 2-11

$$I = I_{sc} * \# \text{ Paneles} * (1,25) * (1,25)$$

$$I = 14.01 * 1 * (1,25) * (1,25)$$

$$I = 21,92 \text{ A}$$

Para el cálculo de la sección del conductor se usa la Ecuación 2-1

$$S = \frac{2 * 21,92 \text{ A} * 4,5 \text{ m}}{56 * 0,825}$$

$$S = 4,27 \text{ mm}^2$$

Según la tabla de capacidad de corriente que se encuentra en el ANEXO A, se selecciona el calibre de conductor adecuado para la sección transversal calculada, en este caso 10AWG.

- **Conductor del controlador a la batería**

Se usa la Ecuación 2-1, para realizar el cálculo:

$$S = \frac{2 * 21,92 \text{ A} * 5,5 \text{ m}}{56 * 0,825}$$

$$S = 5,21 \text{ mm}^2$$

Según la tabla de capacidad de corriente que se encuentra en el ANEXO A, se selecciona el calibre de conductor adecuado para la sección transversal calculada, en este caso 10 AWG.

- **Conductor del batería al inversor**

Se usa la Ecuación 2-12, para realizar el cálculo de intensidad del inversor

$$I = (\text{Potencia del inversor} * 1,25) / \text{Voltaje del sistema}$$

$$I = (1500 \text{ W} * 1,25) / 12\text{V}$$

$$I = 156,25 \text{ A}$$

Se usa la Ecuación 2-1:

$$S = \frac{2 * I * L}{\sigma * \Delta V}$$

$$S = \frac{2 * 156,25 \text{ A} * 0,5 \text{ m}}{56 * 0,825}$$

$$S = 3,38 \text{ mm}^2$$

Según la tabla de capacidad de corriente que se encuentra en el ANEXO A, se selecciona el calibre de conductor adecuado para la sección transversal calculada, en este caso 10AWG.

### **3.9. Instalación del sistema fotovoltaico**

Antes de la instalación, se realiza un diagrama unifilar de conexión eléctrica que nos permite tener una visión de la interconexión entre los elementos del sistema. (ANEXO B).

Para la instalación del sistema fotovoltaico se toma en cuenta varios aspectos como la posición y el ángulo de inclinación del panel solar, de tal manera que los rayos solares lleguen de forma perpendicular a su superficie, y evitar lugares con presencia de objetos que obstruyan la irradiancia que incide sobre el panel.

#### **3.9.1. Montaje del panel solar**

Previo al montaje del panel solar, se realiza una evaluación del sitio de instalación. Se realiza un análisis de la inclinación existente en la cubierta del laboratorio y la presencia de sombras que afectan directamente al rendimiento del sistema.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se elige el lado derecho de la cubierta inclinada del laboratorio para la colocación del panel solar, esto con el fin de evitar las sombras, pues estas producen una disminución del rendimiento del sistema. Aunque la sombra cubra solamente una parte del panel, esto afecta a todas las celdas fotovoltaicas de la misma fila pues están interconectadas.

En el lado izquierdo de la cubierta se puede observar la presencia de grandes árboles que pueden impedir que las placas solares reciban toda la radiación solar.



**Ilustración 3-4:** Lugar de colocación del panel solar

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Para el anclaje del panel solar sobre el techo se usa un sistema de fijación con perfiles angulares y perfiles omega, manufacturados con acero galvanizado ASTM A568 CS de fabricación NTE INEN 115 de 1/12 de espesor, material con alta resistencia a la corrosión y de extensa duración, por lo que puede soportar diversas condiciones climáticas. Se usa soldadura MIG con alambre de cobre y pernos para sujetar la misma a los orificios del marco de aluminio del panel solar cuya masa es de 27,2 kg.



**Ilustración 3-5:** Base del panel solar

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Para mayor detalle de los planos de construcción de la base del panel solar (ANEXO L).

Una vez realizado el montaje del panel solar, se espera un momento mientras la luz solar incide sobre las células fotovoltaicas para realizar la medición de voltaje  $V_{cc}$  entre el polo positivo y negativo del mismo, procedimiento que permite saber si el panel solar se encuentra libre de averías.



**Ilustración 3-6:** Comprobación del funcionamiento del panel solar

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### **3.9.2. Colocación de conectores MC4**

Una vez instalado el panel solar sobre el techo del laboratorio, se ubica el cable positivo (blanco) y negativo (negro) con su par de conectores MC4 tipo hembra y en el conductor 10 AWG que ingresa al controlador de carga se colocan conectores MC4 tipo macho para su conexión segura. Además, se realiza una prueba de continuidad entre ambos polos para descartar un posible cortocircuito. Por último, se sella los conectores con cinta aislante para evitar que ingrese suciedad o humedad.



**Ilustración 3-7:** Colocación de conectores MC4

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### **3.9.3. Conexión de protección eléctrica del panel solar**

Se instala en el tablero principal del sistema fotovoltaico, ubicado dentro del laboratorio, un portafusibles doble con dos fusibles de 10A como protección eléctrica del panel solar.



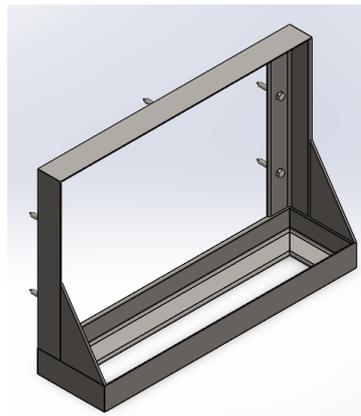
**Ilustración 3-8:** Instalación de protección eléctrica del panel solar

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Antes de la colocación de los fusibles se verifica su continuidad con un multímetro.

#### **3.9.4. Instalación de la batería**

La batería está diseñada para colocarla en armarios o soportes, cerca del punto de uso y para soportar temperaturas elevadas e incluso entornos hostiles, considerando esto se instala la misma en el cuarto del compresor que se encuentra junto al laboratorio, para la elección de la ubicación de la batería se considera un lugar con poca humedad y buena ventilación, pero sobre todo se selecciona un espacio al cual los estudiantes tengan restringido el acceso, pues una incorrecta manipulación de este equipo puede ocasionar riesgos de incendio, explosión o quemaduras.



**Ilustración 3-9:** Base de la batería

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se acopla un soporte construido con perfiles angulares estructurales, a 90°, con alas de igual longitud y con acabado de acero negro ASTM A36 de 3/16 plg de espesor, capaz de soportar 60kg. Para mayor detalle de los planos de construcción de la base de la batería. (ANEXO L).

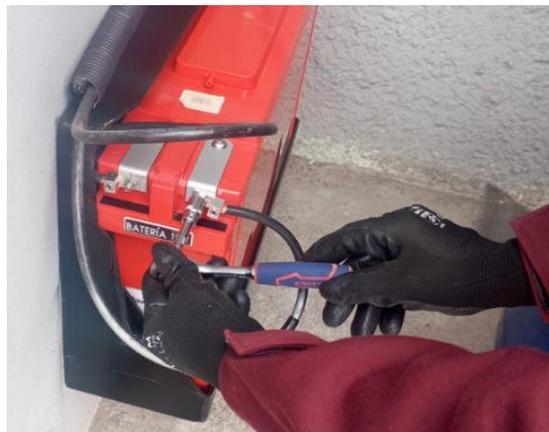
El montaje se realiza a 20cm del piso para evitar que la batería absorba humedad.



**Ilustración 3-10:** Anclaje de la batería

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

En cuanto a la conexión, se coloca terminales tipo talón en el conductor de calibre 6 AWG, para insertarlos en el polo positivo y negativo de la batería, con un apriete adecuado, procedimiento cuyo objetivo es garantizar una conexión segura y evitar cables flojos que puedan ocasionar daños generales en el sistema.



**Ilustración 3-11:** Colocación de terminales talón en la batería

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### **3.9.5. *Conexión de protección eléctrica de la batería***

Se instala en el tablero principal del sistema fotovoltaico, sitio donde se encuentra protegido de cualquier condición ambiental, un breaker 2P -80A.

Se conecta los conductores 6 AWG y 10 AWG en la entrada del breaker, pues éstos se enlazan al inversor y al controlador de carga respectivamente.



**Ilustración 3-12:** Instalación de protección eléctrica del panel solar

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### 3.9.6. *Instalación del inversor*

Se realiza el montaje del inversor dentro del tablero principal del sistema fotovoltaico, a la entrada DC se conecta el conductor positivo y negativo proveniente de la batería, mientras que a la salida AC, un breaker de 10A encargado de la protección contra sobrecarga o cortocircuito.



**Ilustración 3-13:** Protección eléctrica del inversor

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Con el fin de que el inversor no se encienda automáticamente al realizar la transferencia manual y se generen daños en el sistema o equipos, se instala un selector de dos posiciones, ON/OFF.

### 3.9.7. *Instalación del controlador de voltaje*

El montaje del controlador de carga MPPT se realiza dentro de un tablero de 60 x 40 x 20 cm.



**Ilustración 3-14:** Montaje en tablero eléctrico

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

El controlador de carga cuenta con seis terminales, en los 2 primeros se conecta los conductores del panel solar, asegurándose que la polaridad sea correcta, en los 2 siguientes ingresan los conductores de la batería.



**Ilustración 3-15:** Conexiones en el controlador de carga

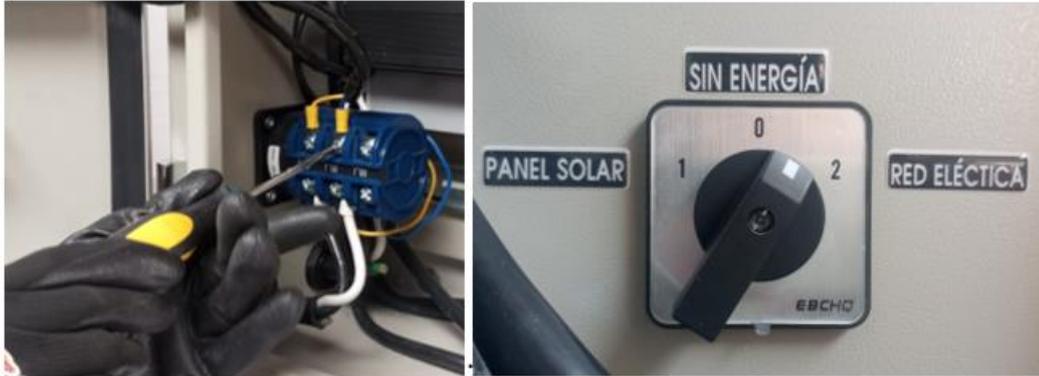
**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Para la instalación del circuito eléctrico se usa tubería de polietileno flexible de alta resistencia, empotrada en la pared, asegurada con amarras galvanizadas para evitar el movimiento de ésta.

Se usa una tubería de 1 plg, suficiente para alojar en su interior los cables necesarios.

### 3.9.8. *Instalación de la transferencia manual*

Se instala una transferencia manual 3P-63A tipo leva de manera que, en la posición 1, trabaje el sistema fotovoltaico, en la posición 2, funcione la red eléctrica y en 0 el sistema se encuentre totalmente sin energía.



**Ilustración 3-16:** Conexión de la transferencia manual

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### 3.10. *Aplicación de las 5S*

Otro aspecto que se toma en cuenta en la instalación del sistema fotovoltaico es la aplicación de las 5S

- **Seiri (Eliminar):** se identifica y separar los materiales necesarios de innecesarios.
- **Seiton (Orden):** Define la forma en que los materiales necesarios deben ser posicionados e identificados de manera eficiente y sencilla, facilitando su localización, uso y reposición rápida.



**Ilustración 3-17:** Identificación de equipos

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

- **Seiso (Limpiar):** Se basa en identificar y eliminar la suciedad, asegurando de tal manera siempre tener un ambiente limpio y en buen estado.



**Ilustración 3-18:** Eliminación de escombros durante la instalación

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.



**Ilustración 3-19:** Finalización de limpieza de escombros

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

- **Seiketsu (Estandarizar):** Permite distinguir fácilmente los elementos de manera sencilla para el control, visual, esta fase ayuda a mantener los resultados.



**Ilustración 3-20:** Señalética en el tablero del sistema fotovoltaico

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

- **Shitsuke (Disciplina):** Generar hábitos y compromiso, a través de actividades rutinarias, como el plan de mantenimiento a realizar en el sistema fotovoltaico, de tal manera que permite alcanzar un proceso de mejora y búsqueda de la excelencia de acuerdo con los objetivos planteados, MTS-TIS. (ANEXO D)

	PLAN DE MANTENIMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO			Versión:
				1
	Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha de emisión
Mayte Zavala	Ing. Marco Santillán	Ing. Ing. Félix García	09/12/2023	
SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO				
ACTIVIDADES			Frecuencia	Responsable
<b>PANEL SOLAR</b>				
Limpiar el panel solar.			SEMESTRAL	
Inspeccionar y ajustar los pernos de anclaje de la estructura.			SEMESTRAL	
Inspeccionar el estado de los conductores eléctricos			SEMESTRAL	
<b>BATERÍA CICLO PROFUNDO</b>				
Limpiar y verificar de estado de la batería.			SEMESTRAL	
Ajustar los terminales talón.			SEMESTRAL	
Inspeccionar y ajustar el anclaje de la batería.			SEMESTRAL	
<b>INVERSOR SOLAR</b>				
Limpiar el polvo y suciedad existentes en el inversor.			SEMESTRAL	
Identificar una lectura de entrada de voltaje del inversor CD (10.8 V a 14.4 V) y un voltaje de salida CA (110 V ± 5%)			SEMESTRAL	
<b>CONTROLADOR DE CARGA</b>				
Revisar las conexiones.			SEMESTRAL	
Revisar los voltajes del panel solar y batería.			SEMESTRAL	
<b>TABLERO PRINCIPAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>				
Limpiar cualquier residuo de polvo existente en el tablero.			SEMESTRAL	
Verificar y ajustar pernos de la estructura, prensaestopas, llaves y señalética.			SEMESTRAL	
Verificar y reemplazar los fusibles de protección de panel solar.			SEMESTRAL	
Ajustar todos los tornillos existentes en el tablero (selector, breakers, luces piloto y rieles, etc.).			SEMESTRAL	

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M. 2023

### Ilustración 3-21: Plan de mantenimiento del sistema fotovoltaico

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### 3.11. Protecciones eléctricas

Según la normativa NEC los dispositivos de protección contra sobrecorriente deben cumplir con las siguientes condiciones generales de instalación:

- Se deben alojar en tableros de distribución tipo centro de carga.
- Debe tener una protección de al menos un grado de protección IP20

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para el presente Trabajo de Integración Curricular, que tiene como propósito la construcción de un sistema fotovoltaico en el Laboratorio de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica, se realiza un análisis y cálculo de cargas eléctricas para el correcto dimensionamiento del sistema, permitiendo realizar pruebas de funcionamiento. Por último, el desarrollo de un manual de operación y un plan de mantenimiento para el sistema de energía solar fotovoltaica.

#### 4.1. Proceso de manufactura de soportes

Se diseñó y manufacturó la base de la batería para su montaje en la pared del cuarto del compresor junto al laboratorio.



**Ilustración 4-1:** Construcción base de la batería

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se observa en la Ilustración 4-2, el diseño y manufacturación de la base del panel solar para su posterior anclaje a la cubierta del laboratorio.



**Ilustración 4-2:** Construcción de la base del panel solar

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

## 4.2. Proceso de instalación del sistema fotovoltaico

El proceso de instalación consta de varias etapas, cada una de ellas es crucial para que el sistema funcione de manera eficiente.

### 4.2.1. Selección del sitio

El panel solar se encuentra instalado en el lado derecho de la cubierta del Laboratorio de Mantenimiento Correctivo, lugar estratégico, lejos de cualquier sombra u objeto que impida captar la radiación solar, con orientación hacia el norte para aprovechar la mayor captación de luz solar y una inclinación de 15° para evitar la acumulación de agua sobre la superficie del panel

Además, se verificó mediante inspección visual que el techo donde se montará el panel solar se encuentra en condiciones óptimas, es decir no presente grietas, roturas o signos de deterioro y pueda soportar 27,2 kg.

### 4.2.2. Acople del panel solar a la base

Se acopló la base y el panel solar con pernos para su fácil desmontaje en caso de así requerirlo.



**Ilustración 4-3:** Acople del panel solar a la base

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

### 4.2.3. Instalación del panel solar sobre el techo

La instalación del panel solar sobre el techo incluye en enlace de conectores MC4 hembra y macho entre los polos positivo y negativo con los conductores que alimentarán al sistema.



**Ilustración 4-4:** Instalación del panel solar

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

#### **4.2.4. Montaje de estructura de la batería en el cuarto del compresor**

Se eligió el montaje de la batería en el cuarto del compresor, por ser un lugar ventilado y poder evitar la acumulación de gases generados durante la carga y descarga de la misma. Además, el laboratorio posee en espacio reducido, lo cual hace que la temperatura sea elevada en dicho lugar, por lo que se descartó la instalación en este sitio



**Ilustración 4-5:** Instalación de la batería

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

#### **4.2.5. Montaje de tablero y componentes eléctricos**

El tablero principal del sistema fotovoltaico instalado en el interior del laboratorio está compuesto por el controlador de carga, inversor, breaker 2P de protección de la batería, fusible doble para el panel solar y breaker del inversor. Para la organización y ruteado de conductores se colocó canaleta ranurada plástica 4x4 cm y espiral enrollable para cable 6-8 mm para mejorar la estética del tablero.

Al lado izquierdo del tablero se encuentra la transferencia manual para cambiar la alimentación por red eléctrica convencional o panel solar.



**Ilustración 4-6:** Conexión de la transferencia manual

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Para la lectura de datos del controlador de carga se realizó una ventana de visualización de acrílico transparente para que los estudiantes no tengan que abrir la puerta del tablero para observar la pantalla LCD.



**Ilustración 4-7:** Ventana de visualización en el tablero eléctrico

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Además, se instaló luces piloto debidamente etiquetadas de forma legible, como indicadores visuales del estado de funcionamiento del sistema. Están configuradas de la siguiente manera:

- **Luz piloto verde (PANEL SOLAR):** Se enciende cuando el selector del inversor se encuentra en posición ON
- **Luz piloto roja (RED ELÉCTRICA):** Se enciende cuando la transferencia manual esté en posición 2 = RED ELÉCTRICA.
- **Luz piloto roja (SALIDA DE VOLTAJE):** Se enciende cuando el breaker 1P – 20A de la caja de distribución eléctrica o el inversor se encuentren en posición ON.

- **Luz piloto amarilla (BATERÍA 12V):** Se enciende cuando el breaker 2P de la batería se encuentra en posición ON



**Ilustración 4-8:** Configuración de luces piloto

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

#### 4.2.6. *Identificación de componentes del tablero eléctrico*

La identificación de componentes es esencial para la ejecución de tareas de mantenimiento y la operación segura del sistema.



**Ilustración 4-9:** Identificación de componentes de sistema

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

#### 4.3. Verificación de la instalación del sistema

Para verificar la correcta instalación del sistema se toman en cuenta los siguientes pasos:

- Apagar luminarias
- Verificar que el interruptor de las balizas esté apagado



**Ilustración 4-10:** Apagado de balizas

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

- Verificar que ningún equipo esté conectado a los tomacorrientes
- Apagar el breaker del sistema andon
- Colocar la transferencia manual en la posición: 1: PANEL SOLAR



**Ilustración 4-11:** Transferencia manual en panel solar

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

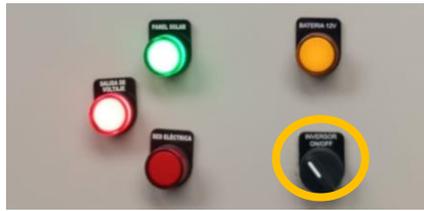
- Encender la batería 12V



**Ilustración 4-12:** Batería encendida

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

- Encender el inversor



**Ilustración 4-13:** Inversor encendido

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Después de este procedimiento el sistema fotovoltaico se encuentra operativo y se comprueba con la medición de voltaje en tomacorrientes y el encendido de luminarias.



**Ilustración 4-14:** Medición de voltaje en tomacorrientes

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.



**Ilustración 4-15:** Comprobación de funcionamiento de luminarias

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se trabaja con el panel solar y se verifica su funcionamiento a través del encendido de luminarias y tomacorrientes el cual opera con normalidad. Sin embargo, se debe tener precaución y no conectar equipos para los que el sistema no fue diseñado.

#### 4.4. Pruebas de funcionamiento

El funcionamiento siempre va a depender del contexto operacional; las pruebas de funcionamiento se realizaron en diferentes condiciones climáticas: día soleado, nublado y lluvioso, con dichas condiciones se recopiló la información arrojada por el controlador de carga como el voltaje del panel solar y la batería.

##### 4.4.1. Medición del rendimiento

Una vez instalado el panel solar, se midió el voltaje en circuito abierto (Voc), es decir, la capacidad máxima de energía que puede generar cuando no está conectada ninguna carga, el dato obtenido es 45 V se comparó con el dato proporcionado en la hoja del fabricante, igual a 49,8 V, al no existir una variación significativa, se descarta daños que puedan afectar a la eficiencia del sistema.



**Ilustración 4-16:** Medición del voltaje en circuito abierto del panel solar

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

##### 4.4.2. Prueba de funcionamiento en un día soleado

Se realizó pruebas de funcionamiento del sistema fotovoltaico, tomado datos de los parámetros eléctricos mostrados en el controlador de carga.



**Ilustración 4-17:** Lecturas de voltaje de panel solar y batería

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.



**Ilustración 4-18:** Condición climática soleada

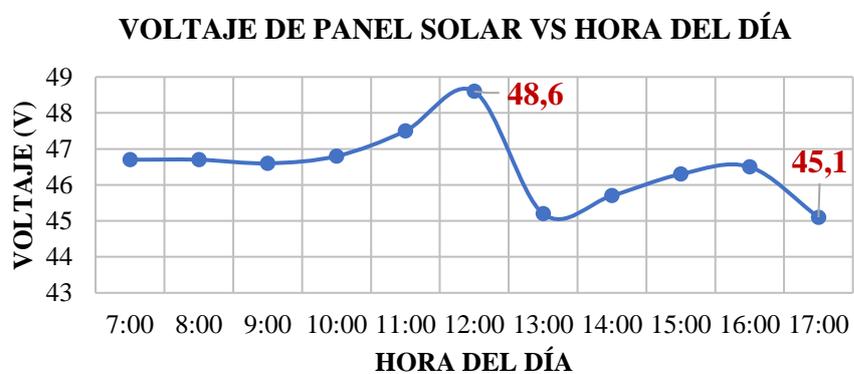
Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se tomó datos ininterrumpidamente de 7 am a 5 pm

**Tabla 4-1:** Datos en un día soleado

<b>DÍA SOLEADO</b>		
<b>FECHA</b>	24/01/2024	
<b>HORA</b>	<b>BATERÍA</b>	<b>PANEL</b>
7:00	12,4	46,7
8:00	12,4	46,7
9:00	12,5	46,6
10:00	12,4	46,8
11:00	12,5	47,5
12:00	12,5	48,6
13:00	14	45,2
14:00	14	45,7
15:00	13,3	46,3
16:00	13,5	46,5
17:00	13,5	45,1

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.



**Ilustración 4-19:** Voltaje del panel solar en un día soleado

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se puede observar un voltaje pico de 48,6 V y un voltaje mínimo de 45,1 V.



**Ilustración 4-20:** Voltaje de la batería en un día soleado

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se puede un voltaje pico de 14 V y un voltaje mínimo de 12,4 V.

#### 4.4.3. Prueba de funcionamiento en un día nublado

La toma de datos en un día nublado proporciona información importante para tener una idea del funcionamiento del sistema con poca radiación solar.

En la ilustración 4-21 se observa la presencia moderada de nubes que obstaculizan o bloquean el paso de la radiación solar directa que incide sobre la superficie de panel solar.



**Ilustración 4-21:** Condición climática nublada

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se tomó datos ininterrumpidamente de 7 am a 5 pm que se presentan en la tabla 4-2. Aunque hay presencia de nubes, la radiación difusa llega a panel solar.

**Tabla 4-2:** Datos en un día nublado

DÍA NUBLADO		
FECHA	31/01/2024	
HORA	BATERÍA	PANEL
7:00	13,8	45,8
8:00	12,4	45,7
9:00	12,5	44,6
10:00	12,4	45,5
11:00	12,5	40,5
12:00	12,5	35
13:00	14	38,2
14:00	14	40,1
15:00	13,3	44,5
16:00	13,5	45,8
17:00	13,5	45,6

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

**VOLTAJE DE PANEL SOLAR VS HORA DEL DÍA**

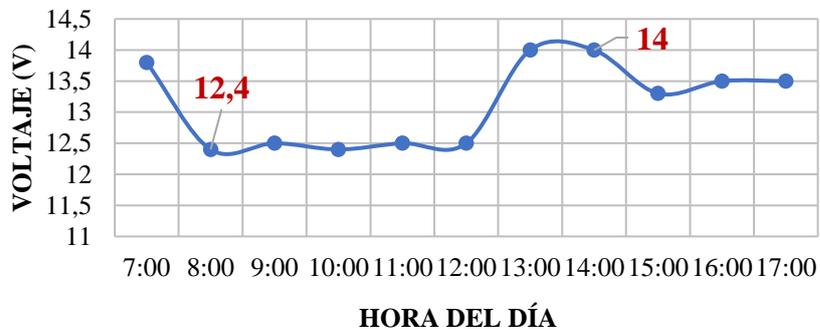


**Ilustración 4-22:** Voltaje de panel solar en un día nublado

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se puede observar un voltaje pico de 45,8 V y un voltaje mínimo de 35 V.

**VOLTAJE DE BATERÍA VS HORA DEL DÍA**



**Ilustración 4-23:** Voltaje de batería en un día nublado

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se puede observar un voltaje pico de 14 V y un voltaje mínimo de 12,4 V

#### 4.4.4. Prueba de funcionamiento en un día lluvioso.

La toma de datos en un día lluvioso proporciona datos esenciales para el estudio de la eficiencia del sistema fotovoltaico en condiciones climáticas adversas.



**Ilustración 4-24:** Condición climática lluviosa

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

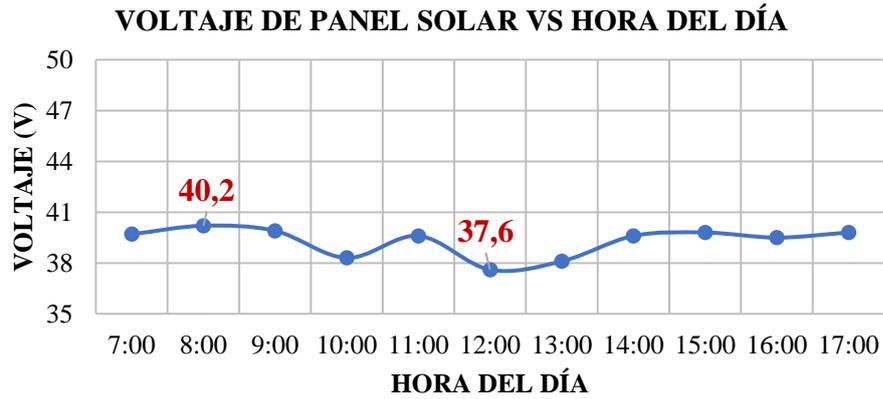
Como se puede observar en la tabla 4-3, la reducción de radiación solar por la presencia de una gran cantidad de nubes es significativa y esto se ve reflejado en el voltaje producido. Además, las gotas de lluvia que caen sobre la superficie del panel bloquean de manera parcial la radiación directa y de forma desfavorable dispersan la luz incidente.

**Tabla 4-3:** Datos en un día lluvioso

<b>DÍA LLUVIOSO</b>		
<b>FECHA</b>	05/02/2024	
<b>HORA</b>	<b>BATERÍA</b>	<b>PANEL</b>
7:00	13,3	39,7
8:00	12	40,2
9:00	11,9	39,9
10:00	12,3	38,3
11:00	11,8	39,6
12:00	12,1	37,6
13:00	11,7	38,1
14:00	11,7	39,6
15:00	11,7	39,8
16:00	11,1	39,5
17:00	11,1	39,8

**Realizado por:** Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

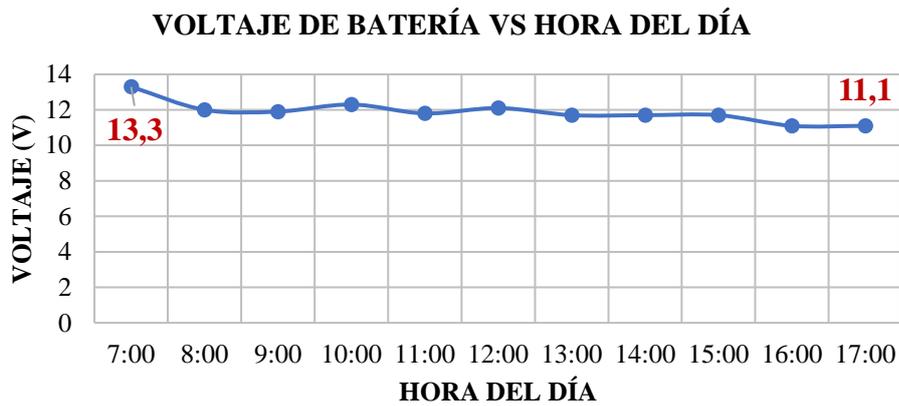
Aún con esta condición climática, se sigue produciendo energía en el panel,



**Ilustración 4-25:** Voltaje de panel solar en un día lluvioso

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se puede observar un voltaje pico de 40,2 V y un voltaje mínimo de 37,6 V.



**Ilustración 4-26:** Voltaje de batería en un día lluvioso

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Se puede observar un voltaje pico de 13,3 V y un voltaje mínimo de 11,1 V.

#### 4.4.5. Prueba de funcionamiento con influencia de gotas de lluvia

Esta prueba de funcionamiento se realizó el día 06/02/2024, un día después de un día lluvioso durante la noche y se verificó el sistema con parámetros eléctricos similares a los datos recolectados en el día lluvioso.

Se debe tener en cuenta que, si hay presencia de gotas de lluvia e inmediatamente éstas se evaporan por la incidencia de luz solar, pueden quedar manchas que no afectan significativamente a su rendimiento.

#### 4.4.6. Prueba de funcionamiento del sistema durante la noche

Durante la noche el panel solar no produce energía, por este motivo el sistema cuenta con una batería como almacenamiento de energía generada durante el día. Se realiza la comprobación de descarga de batería, para verificar que el sistema cuente con un almacenamiento de energía eficiente.

Para esta prueba se cargó completamente la batería durante el día, el estado inicial de carga es del 100% con 13,5 Vcc



**Ilustración 4-27:** Estado inicial de carga de la batería

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

Una vez puesto en marcha el sistema fotovoltaico, se encendió luminarias, se conectó una laptop y el proyector del laboratorio, dos horas después del funcionamiento con su máxima carga, el voltaje de la batería es 11,2 V.

#### 4.4.7. Prueba de funcionamiento a plena carga

Para esta prueba de funcionamiento, inicialmente se eligió un día parcialmente soleado y se verificó la carga completa de la batería para obtener el tiempo máximo que el sistema operará de forma eficiente en condiciones ambientales óptimas.

Los equipos encendidos durante la prueba fueron: luminarias, proyector y laptop. El tiempo de funcionamiento a plena carga fue de una hora. Mientras que al encender únicamente luminarias o un proyector con una laptop el tiempo de funcionamiento es de aproximadamente tres horas.

El tiempo de operación del sistema fotovoltaico no puede ser precisamente determinado ya que está influenciado por la radiación solar recibida, la temporada del año y las condiciones atmosféricas.

Para el buen funcionamiento del sistema fotovoltaico es imprescindible respetar el tiempo de descarga de la batería para evitar daños prematuros y alargar su vida útil.

#### **4.5. Plan de mantenimiento**

La mayoría de las instalaciones solares fotovoltaicas son muy fáciles de mantenerlas. No obstante, si el mantenimiento no se realiza adecuadamente, puede surgir un problema: la acumulación de suciedad en las placas solares puede reducir su rendimiento.

El plan de mantenimiento se muestra en el ANEXO C, cada actividad está detallada en las hojas de tareas de mantenimiento (MTS) y las hojas de instrucciones de tareas (TIS), en el ANEXO D.

La frecuencia con la que se realizarán que estas actividades, por disponibilidad de los estudiantes de la carrera será de manera SEMESTRAL. A continuación, se describen las tareas que constan en el plan de mantenimiento.

##### **Panel solar:**

- **Limpieza del panel solar:** Los paneles deben de ser limpiados periódicamente ya que la suciedad acumulada sobre le vidrio del panel reduce el rendimiento de éste, al limpiar los paneles se garantiza que se pueda captar mayor cantidad de luz solar posible para generar electricidad de manera óptima, prolongando la vida útil y maximizar su rendimiento a largo plazo.
- **Inspeccionar y ajustar los pernos de anclaje de la estructura:** Esta actividad es importante ya que garantiza la seguridad y estabilidad del panel solar y protege al operario que este cerca de ella.
- **Inspeccionar el estado de los conductores eléctricos:** Los conductores eléctricos son importantes ya que transporta la energía generada por el panel solar, el mal estado de los conductores puede causar pérdidas de energía o cortocircuitos. Al inspeccionar los conductores es posible detectar o reparar cualquier daño o desgaste.

##### **Batería**

- **Limpiar y verificar el estado de la batería:** La batería al estar en un lugar abierto tiene la acumulación de suciedad o polvo afectando de esa manera a su rendimiento, por eso se tomó en cuenta esta actividad de tal manera que permita verificar su estado y detectar

cualquier problema o deterioro (corrosión o daño físico), el mal estado de la batería puede afectar negativamente en el almacenamiento de energía, para su limpieza se utiliza un paño suave.

- **Ajustar terminales talón:** Se debe realizar esta actividad ya que garantiza una conexión segura y eficiente evitando pérdidas de energía, cortocircuitos o daños a la batería.
- **Inspeccionar y ajustar el anclaje de la batería:** El anclaje seguro va a garantizar que la batería se mantenga en su lugar y evitar posibles caídas de la batería que puedan dañarla.

### **Inversor DC/AC**

- **Limpiar el polvo y suciedad existentes en el inversor:** La limpieza se realiza con la utilización de un paño suave y húmedo, aunque el inversor es pequeño necesita mantenimiento ya que la acumulación de polvo o suciedad puede obstruir la salida de aire del ventilador, produciendo un sobrecalentamiento e incluso quemando el mismo, el limpiarlo mantiene su buen funcionamiento y larga vida útil.
- **Identificar una lectura de entrada de voltaje del inversor DC (10,8 V a 14,4 V) y un voltaje de salida AC (110 V  $\pm$  5%):** Al ser el voltaje un parámetro importante para el funcionamiento del inversor, las lecturas de voltaje nos ayudan a identificar si este tiene un posible problema y solucionarlo a tiempo.

### **Controlador de carga**

- **Revisar las conexiones:** El paso del tiempo puede provocar que las conexiones se aflojen, la solución es que se aprete dichas conexiones mediante herramientas adecuadas como destornilladores
- **Revisar los voltajes del panel solar y batería:** Se revisa el voltaje de panel solar a través del controlador de carga de tal manera que nos asegure que está produciendo la cantidad adecuada de energía o que el panel no está defectuoso o dañado, mientras que el voltaje de la batería evitar descargarla completamente, el valor mínimo con una descarga del 60% es de 10,8 V.

### **Tablero principal del sistema fotovoltaico**

- **Limpiar cualquier residuo de polvo existente en el tablero:** La limpieza de los

tableros eléctricos dentro y fuera es fundamental, ya que la acumulación de polvo o la presencia de corrosión puede afectar su durabilidad.

- **Verificar y ajustar pernos de la estructura, prensaestopas, llaves y señalética:** Se debe realizar un ajuste de los pernos de soporte y prensaestopas, la señalética y las llaves por ser de material plástico se pueden romper fácilmente, por eso es necesario verificar el estado de todos estos componentes.
- **Verificar y reemplazar los fusibles de protección del panel solar:** Es necesario realizar una revisión de los fusibles, para esta acción se mide la continuidad con un multímetro y se reemplaza en caso de ser necesario.
- **Ajustar los terminales de los elementos instalados en el tablero (transferencia manual, breakers y luces piloto).** Es importante tener una buena sujeción de todos los conductores, dicha actividad se realiza con la ayuda del destornillador correspondiente.

#### 4.6. Manual de operación

Se estandariza el procedimiento de transferencia de red eléctrica a panel solar mediante la realización de un checklist para que los estudiantes cumplan paso a paso dicho proceso y el sistema funcione correctamente. (ANEXO F)

#### 4.7. Análisis de costos

Se detallan los costos directos e indirectos para la construcción del sistema fotovoltaico.

**Tabla 4-4:** Recursos económicos

Tipo de costo	Materiales	Cantidad (UND)	Valor Unitario (USD)	Valor total (USD)
Costos directos	Panel solar 550 W	1	280	280
	Batería 190Ah	1	450	450
	Inversor 1500 W	1	180	180
	Controlador MPPT 40A	1	250	250
	Soporte de panel solar y batería	1	150	150
	Transferencia manual	1	60	60
	Tablero eléctrico, cables, conectores y protecciones eléctricas	1	200	200
	Accesorios para instalaciones eléctricas		50	50
Costos indirectos	Costo de ingeniería	1	200	200
<b>COSTO TOTAL (USD)</b>				<b>1820</b>

Realizado por: Atupaña, N.; Zavala, M., 2024.

## **CAPÍTULO V**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

Se logró la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica en el Laboratorio de Mantenimiento Correctivo de la Facultad de Mecánica, con una orientación hacia el suroeste y un azimut de  $203^\circ$ , siendo la mejor opción disponible debido a que, en el lado opuesto del techo existe presencia de sombras; con este azimut, el sistema fotovoltaico mantiene su eficacia al recibir gran cantidad de luz solar durante las horas de la tarde cuando la radiación solar sigue siendo alta, reduciendo así la dependencia de fuentes de energía convencionales.

Debido a la alta demanda energética total del laboratorio, se dimensionó el sistema fotovoltaico para alimentar únicamente los equipos indispensables para las actividades académicas diarias como la iluminación y tomacorrientes para los equipos electrónicos: proyector y computadora.

Se realizó pruebas de funcionamiento bajo diferentes condiciones climáticas, como días soleados, nublados y lluviosos, donde se verificó la correcta implementación del sistema y como resultado un tiempo de operación máxima de 3 horas para luminarias y tomacorrientes y aproximadamente dos horas para su funcionamiento a plena carga.

Se elaboró un plan de mantenimiento con sus respectivas hojas de tareas de mantenimiento y hojas de instrucciones de tarea para todos los componentes del sistema fotovoltaico, para facilitar la ejecución del mantenimiento, garantizar su funcionamiento óptimo y maximizar el rendimiento de este.

Para mantener la estandarización y la calidad de los procesos implementados en el laboratorio, se desarrolló un checklist de operación como herramienta para facilitar la ejecución de la transferencia manual de red eléctrica a energía fotovoltaica y viceversa, asegurando de esta manera que los procedimientos se realicen de forma segura.

#### **5.2. Recomendaciones**

Realizar el proceso de transferencia de red eléctrica a panel solar y viceversa siguiendo el

checklist de operación para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. (ANEXO G)

Monitorear periódicamente el voltaje de la batería en el controlador de carga, ya que si llega a descargarse completamente puede sufrir daños permanentes que afectan su rendimiento y capacidad para almacenar la energía.

Cumplir con el plan de mantenimiento del sistema fotovoltaico para asegurar el óptimo funcionamiento del sistema y prolongar su vida útil.

Reemplazar las lámparas incandescentes instaladas en el laboratorio por lámparas LED para reducir el consumo de energía, aumentar la eficiencia energética y prolongar el tiempo de funcionamiento del sistema.

Implementar un seguidor solar en el sistema fotovoltaico para mayor aprovechamiento de la radiación solar a lo largo del día.

Instalar un sistema de transferencia automática en el sistema fotovoltaico para asegurar un suministro de energía constante y sin interrupciones.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ABDULATEEF, Mustafa Y. & HUSSEN, Maher A.** “Estimation of loads for off-grid solar photovoltaic systems. International Journal of Power Electronics and Drive Systems” [en línea], 2022, vol. 13, no. 2, págs. 1-9 [Consulta: 13 febrero 2024]. ISSN 20888694. Disponible en: [https://  
Dimensionado de Sistemas FOTOVOLTAICOS Aislados](https://Dimensionado de Sistemas FOTOVOLTAICOS Aislados)
2. **ABELLA, Miguel Alonso.** Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos. [en línea]. (Trabajo de titulación). Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Madrid-España. 2020. págs. 1-70. S.l.: [Consulta: 15 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=5daa8648e0eced8eJmltdHM9MTcwODA0MTYwMCZpZ3VpZD0yYTdjNTA5Ny1kZDI2LTZmNzItMWQ5Mi00MTM0ZGNkYjZlM2ImaW5zaWQ9NTI0Mw&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=2a7c5097-dd26-6f72-1d92-4134dcd6e3b&psq=dimensionamiento+e+sistema+fotovoltaico+abella&u=a1aHR0cHM6Ly9zdGF0aWMuZW9pLmVzL3NhdmhL2RvY3VtZW50cy9jb21wb25lbnRlNDUzMzgucGRm&ntb=1>
3. **ACEVEDO MEZA, Heynler et al.** “Estrategias de control mppt aplicadas en un convertidor dc/dc tipo boost para sistemas fotovoltaicos”. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)* [en línea], 2017, (Colombia), vol. 2, págs. 1-7. [Consulta: 13 febrero 2024]. ISSN 1692-7257. DOI 10.24054/16927257.v30.n30.2017.2751. Disponible en: <https://repositorio.ufps.edu.co/bitstream/handle/ufps/1019/Estrategias%20de%20control%20MPPT%20aplicadas%20en%20un%20convertidor%20DCDC%20tipo%20Boost%20para%20sistemas%20fotovoltaicos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. **ALABADA, Rusul et al.** “Mejora de la eficiencia y la estabilidad en células solares de perovskita basadas en FA mediante la reducción controlada de la capa intermedia de óxido de grafeno: una investigación experimental”. *Metales sintéticos* [en línea], 2024. vol. 304, no. 117578, [consulta: 13 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379677924000407>.

5. **ALONSO GARCÍA, María del Carmen.** El generador fotovoltaico. [en línea]. (Maestría). Escuela de Organización Industrial. España. 2007. págs.1-33. [Consulta: 15 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.bing.com/ck/a?!&p=d86009e7b0518f06JmltdHM9MTcwODA0MTYwMCZpZ3VpZD0yYTdjNTA5Ny1kZDI2LTZmNzItMWQ5Mi00MTM0ZGNkYjZlM2lmaW5zaWQ9NTIzNA&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=2a7c5097-dd26-6f72-1d92-4134dcdb6e3b&psq=La+se+c3%b1al+de+potencia+que+brinda+un+generador+fotovoltaico+es+en+tensi+c3%b3n+continua%2c+misma+que+debe+ser+convertida+en+alterna+para+su+acoplamiento+con+la+red+el+c3%a9ctrica&u=a1aHR0cHM6Ly9zdGF0aWMuZW9pLmVzL3NhdmhlL2RvY3VtZW50cy9jb21wb25lbnRINDUzMTMucGRm&ntb=1>.
6. **ARANCIBIA BULNES, Camilo. & BEST, Roberto.** “Energía del sol”. [en línea], 2010, págs.1-8. [Consulta: 15 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-toluca/materias-de-ingenieria-quimica/aancibia-2010-ingeniero/27791121>.
7. **ARRIETA PATERNINA, Mario et al.** “Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares”. [en línea], 2012, vol. 10, págs. 1-10. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250733011.pdf>.
8. **ARRIETA, Simón.** “Diseño y construcción de un cargador de un cargador de baterías”. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela. 2011. págs. 1-102. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/16622/1/TEG%20Arrieta%20P.%2c%20Sim%c3%b3n%20Jos%c3%a9%20A..pdf>.
9. **ASTUVILVA, Jorge.** *Paneles solares*. [blog]. Perú, 2023. [Consulta: 17 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=ciw4G7Vaoh4&list=LL&index=18>.
10. **BAYOD, Ángel.** *Sistemas fotovoltaicos*. [en línea]. S.l.: s.n., pp. 1-336. Zaragoza-España, 2009. [Consulta: 15 febrero 2024]. vol. 154. Disponible en:

[https://books.google.com.ec/books/about/Sistemas\\_fotovoltaicos.html?id=ZKT4cOAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Sistemas_fotovoltaicos.html?id=ZKT4cOAACAAJ&redir_esc=y).

11. **BORJA-ACADEMIA DE ENERGÍA SOLAR-2023.** *Paneles Solares para una casa aislada en EXCEL.*
12. **CONELEC-2008.** *Atlas solar del ecuador con fines de generación eléctrica.*
13. **CONNERA-2021.** Conectores solares MC4.
14. **DELGADO ORELLANA, Gabriela Jacqueline & ORELLANA SAMANIEGO, María Lorena.** Estimación de la radiación solar global diaria en el cantón cuenca mediante la aplicación del modelo Bristow & Campbell. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2015. págs.1-94. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8428/1/UPS-CT004934.pdf>.
15. **ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA, ESPOCH-2023.** *Estación Agrometeorológica.*
16. **EUROPEAN COMMISSION-2022.** *Photovoltaic Geographical Information System.*
17. **GONZALEZ, Pedro et al.** “Análisis de eficiencia y degradación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica”. [en línea], 2018. (México). págs.1-22. [Consulta: 13 febrero 2024]. ISSN 2334-2501. Disponible en: [www.reibci.org](http://www.reibci.org).
18. **KEEPER-2023.** *Controlador de carga.*
19. **LÓPEZ, Carlos. & MARTÍNEZ, Carlos.** “Sistema de transformación, regulación, suministro y almacenamiento de corriente continua a menor escala por energía solar, para dispositivos electrónicos”. [en línea], 2014. págs. 1-9. [Consulta: 15 febrero 2024]. Disponible en: <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/4776/2/T.TE%20LOPEZ%20CAR DOSO%20CARLOS%20EN%20Articulo%20IEEE.pdf>.

20. **MARTÍNEZ, Marcelo.** "Radiación solar-conceptos y aplicaciones". *Unidades de energía Equivalencias*. [en línea], 2016, (Chile), págs. 1-4. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4702/NR40616.pdf?sequence=1>.
21. **MEINEL, Aden. & MEINEL, Marjorie.** *Aplicaciones de la energía solar* [en línea]. España: REVERTÉ S.A, 1982. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: [Aplicaciones de la energía solar - Aden B. Meinel, Marjorie P. Meinel - Google Libros](#)
22. **MEM-2024.** *Ecuador consolida la producción eléctrica a partir de fuentes renovables*.
23. **MUÑOZ QUINTASI, Marcos Edú.** Análisis de la situación de las energías renovables en el Perú y su aplicación en proyectos de electrificación rural. [En línea]. (Trabajo de titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú. 2020. págs.1-40. [Consulta: 15 febrero 2024]. Disponible en: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18244/MU%c3%91OZ\\_Q](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18244/MU%c3%91OZ_Q)
24. **NEC-2018.** *Norma Ecuatoriana de la Construcción. Instalaciones eléctricas*.
25. **ORDOÑEZ, Freddy. & VACA, Diego.** *Mapa Solar del Ecuador*. [blog]. Quito: EPN, 2020. [Consulta: 15 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.epn.edu.ec/mapa-solar-del-ecuador/>.
26. **PÉREZ MENDOZA, Lenin Fernando.** Diseño y construcción de un sistema de alimentación eléctrico basado en paneles solares para un circuito cerrado de cámaras [En línea]. (Trabajo de titulación). Instituto Superior Tecnológico Vida Nueva. Quito-Ecuador. 2021. págs. 1-92. [Consulta: 17 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/bitstream/123456789/164/1/PEREZ%20MENDOZA%20LENIN%20FERNANDO.pdf>.
27. **PILCO, Diego & JARAMILLO, Jorge.** "Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles fotovoltaicos". [en línea], 2020. (Ecuador), págs. 1-4. [Consulta: 15 febrero

2024]. Disponible en: <https://www.utpl.edu.ec/jorgeluisjaramillo/wp-content/uploads/2010/06/renlux-paneles-fv.pdf>.

28. **RODRÍGUEZ CALVA, Edwin Patricio. & SOLÍS CÓRDOVA, Fernando Daniel.** Diseño, construcción e instalación de un sistema de calefacción con energía solar. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador. 2012. págs. 1-137. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2349/1/15T00512.pdf>.
29. **RODRÍGUEZ OLIVA, Santiago Cristo.** Inversor para panel solar. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad de la Laguna. 2019. págs. 1-70. [Consulta: 13 febrero 2024]. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/16545/Inversor%20para%20panel%20solar.pdf?sequenc>.
30. **ROMERO PEREIRA, María Carolina & SÁNCHEZ CORIA, Alba.** “Impactos ambientales de sistemas de energía solar fotovoltaica: una revisión de análisis de ciclo de vida y otros estudios”. [en línea], 2022, (Colombia), vol. 19, págs. 1-18. [Consulta: 13 febrero 2024] ISSN 2463-0950. DOI 10.24050/reia.
31. **SANTILLÁN TITUAÑA, Alberto.** Estudio de la incorporación de baterías en sistemas fotovoltaicos. [En línea]. (Maestría). Universitat de Barcelona. Barcelona-España. 2016. [Consulta: 17 febrero 2024]. Disponible en: [https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/101966/1/TFM\\_MERSE\\_Alberto%20Santill%c3%a1n.pdf](https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/101966/1/TFM_MERSE_Alberto%20Santill%c3%a1n.pdf).
32. **SCINERGY EPN-2019.** *Scinergy Meteorology*.
33. **SOLCOR-2023.** *Radiación solar*.
34. **SUÁREZ MUÑOZ, Marcos Andrés. & VALLEJO DE LA VEGA, Jacinto Javier.** Implementación de un sistema fotovoltaico para sistemas aislados de la red pública, con carga de 200W [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil-Ecuador. 2022 [Consulta: 17 febrero 2024].

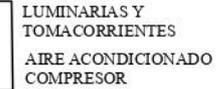
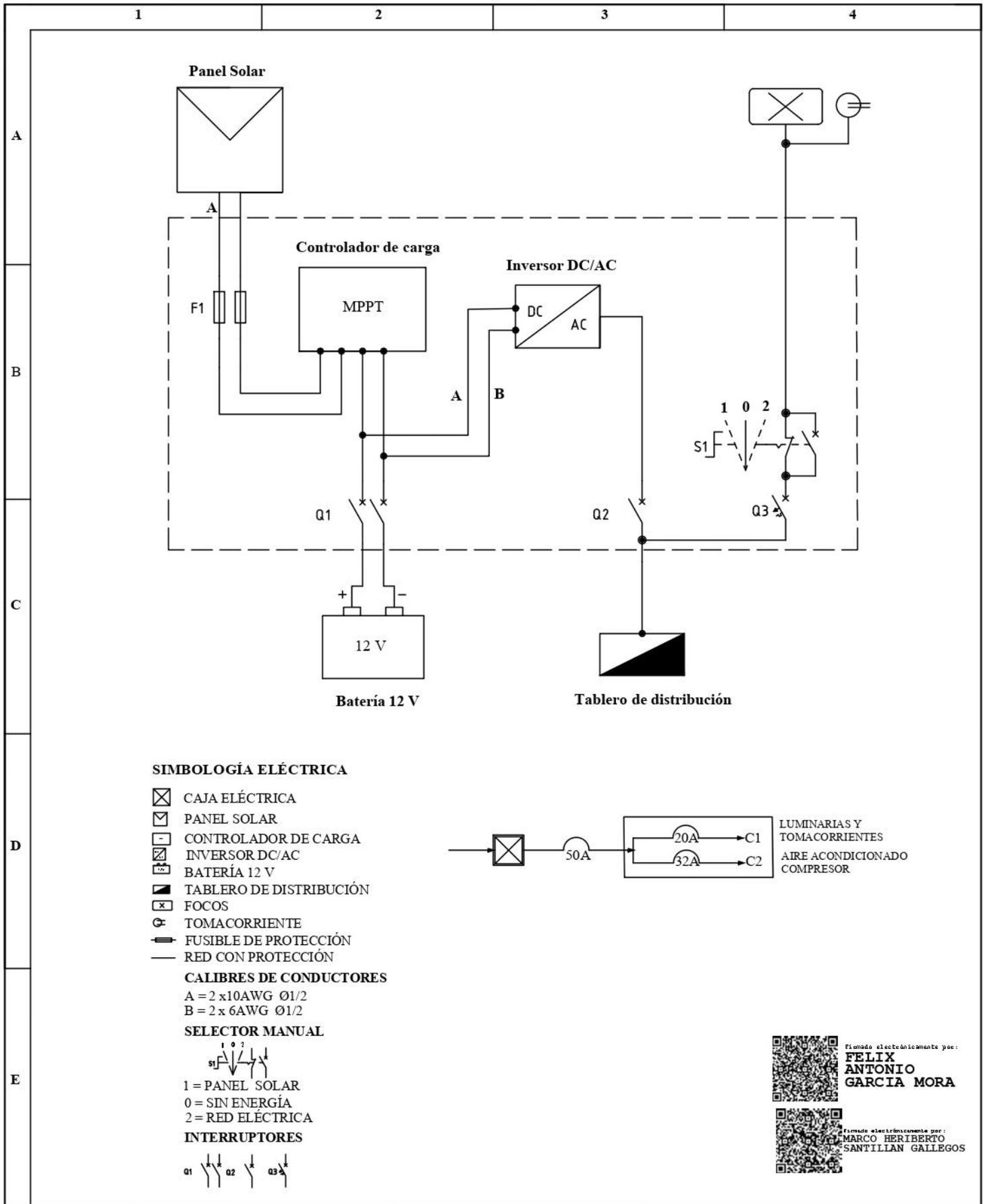
35. **TARRILLO MÍREZ, Luis Jorge.** “Sistemas de almacenamiento de energía”. [en línea], 2012, (Perú), págs.2-10. [Consulta: 13 febrero 2024].
36. **TECFRESH-2023.** *Heliógrafo CAMPBELL-STOKES 0-40*
37. **TECNOSOL-2019.** *Características eléctricas de los paneles solares*
38. **TOBAJAS, Carlos.** *Energía solar fotovoltaica* [en línea]. 1era Edición. Murcia-España. 2018. [Consulta: 13 febrero 2024]. ISBN 9788417119454.
39. **ZHANG, Lijun.** A study of solar photovoltaic systems and its applications in modern power systems. [En línea]. (Maestría). The University of Western Australia. Australia. 2019. [Consulta: 15 febrero 2024]. Disponible en: [https://api.research-repository.uwa.edu.au/ws/portalfiles/portal/61301547/THESIS\\_DOCTOR\\_OF\\_PHILOSOPHY\\_ZHANG\\_Lijun\\_2019.pdf](https://api.research-repository.uwa.edu.au/ws/portalfiles/portal/61301547/THESIS_DOCTOR_OF_PHILOSOPHY_ZHANG_Lijun_2019.pdf).

## ANEXOS

### ANEXO A: TABLA DE CAPACIDAD DE CORRIENTE (NORMA CPE INEN 19)

Sección transversal	Temperatura nominal del conductor						Calibre
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	Tipo S, TW*, UF*	Tipos FEPW*, RH*, REHW*, THHW, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	Tipos TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-E, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipo S, TW*, UF	Tipos RH*, RHW*, REHW*, THHW, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	Tipos TBS, SA, SIS, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-E, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm <sup>2</sup>	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	35*	12
5,25	30	30	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	40	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	160	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	800
354,69	385	460	520	310	375	420	70
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	55	330	395	450	800
458,03	435	520	585	355	425	480	900
FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar las anteriores corrientes por el correspondiente factor de las siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,06	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,98	0,91	0,94	0,98	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	56-60
61-40	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	61-40
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	71-80

**ANEXO B: DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**



Elonado electrónicamente por:  
**FELIX ANTONIO GARCIA MORA**

Elonado electrónicamente por:  
**MARCO HERIBERTO SANTILLAN GALLEGOS**

Nº. Lámina: 1 de 1		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: SIS-FV-FM-MI-DE-01		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>			
Email: nancy.atupania@esPOCH.edu.ec		mayte.zavala@esPOCH.edu.ec		Teléfonos: 0982331559		0986358378					
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	<b>Materiales:</b>		<b>Nombre de archivo:</b> ATUPAÑA_ZAVALA_DIAGRAMA ELÉCTRICO_SISTEMA FV		<b>Peso [Kg]</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Escala</b>	<b>Registro</b>
<b>Proyectó</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22							1:10	
<b>Dibujó</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22								
<b>Revisó</b>	Ing. Santillán M.		2024-02-22								
<b>Aprobó</b>	Ing. García F.		2024-02-22								
								ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: N.A. Y M.Z. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			

**ANEXO C: PLANOS DE BASE DEL PANEL SOLAR Y BATERÍA**

1

2

3

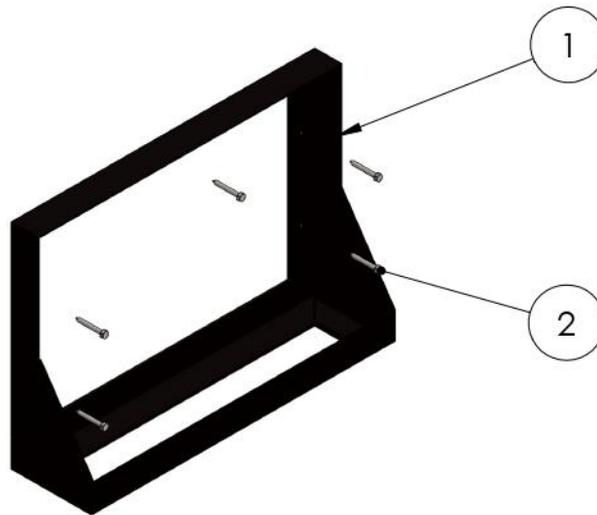
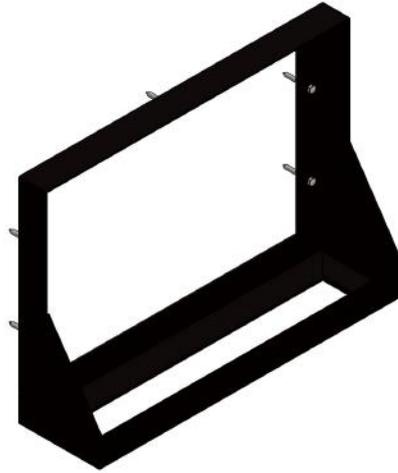
4

A

B

C

D



Firmado electrónicamente por:  
LUIS SANTIAGO CHOTO  
CHARIGUAMAN

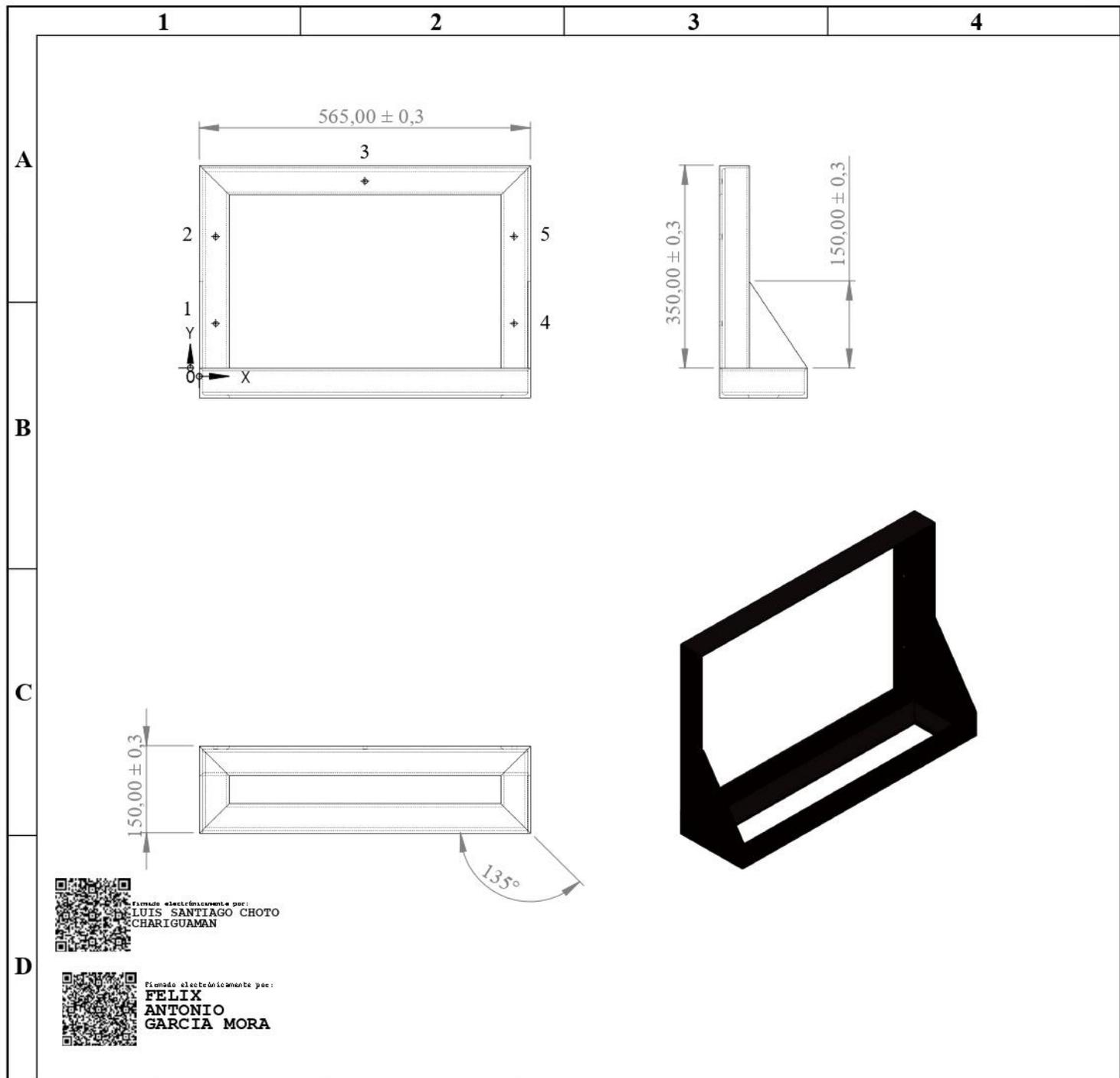


Firmado electrónicamente por:  
FELIX  
ANTONIO  
GARCIA MORA

E

1	1	Base batería	ASTM A-36	Perfil angular L2x2x3/16"	Manufacturado
2	5	Tiafondo 1/4" x 2"	ASTM A2-70	Acero galvanizado	Catálogo Tong Hwei Enterprise
No. de pieza	Cant.	Denominación	Norma	Material	Observaciones

N°. Lámina: 1 de 7		N°. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: SIS-FV-FM-MI-BB-01		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
Email: nancy.atupania@esPOCH.edu.ec		mayte.zavala@esPOCH.edu.ec		Denominación:  <b>BASE DE BATERÍA</b>		Peso [Kg]					
Teléfonos: 0982331559		0986358378				9,62 kg		±0.3 [mm]	1:10		
Datos	Nombre	Firma	Fecha			Materiales: ASTM A36		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: N.A. Y M.Z. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
Proyectó	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22			Nombre de archivo: BASE_BATERÍA_EXPLOSIÓN.sldprt					
Dibujó	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22								
Revisó	Ing. Choto S.		2024-02-22								
Aprobó	Ing. García F.		2024-02-22								



RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	TAMAÑO
1	27,78	76,98	Ø 7,94 POR TODO
2	27,78	226,98	Ø 7,94 POR TODO
3	282,50	322,47	Ø 7,94 POR TODO
4	537,22	76,98	Ø 7,94 POR TODO
5	537,22	226,98	Ø 7,94 POR TODO

<b>Nº. Lámina:</b> 2 de 7		<b>Nº. Hojas:</b> 1		<b>Sustitución:</b>		<b>Codificación:</b> SIS-FV-FM-MI-BB-02		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>			
<b>Email:</b> nancy.atupania@esPOCH.edu.ec		mayte.zavala@esPOCH.edu.ec		<b>Denominación:</b>		<b>BASE DE BATERÍA</b>					
<b>Teléfonos:</b> 0982331559		0986358378						9,62 kg	±0.3 [mm]	1:10	
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>								
<b>Proyector</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22								
<b>Dibujó</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22								
<b>Revisó</b>	Ing. Choto S.		2024-02-22			<b>Materiales:</b> ASTM A36				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: N.A. Y M.Z. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY	
<b>Aprobó</b>	Ing. García F.		2024-02-22			<b>Nombre de archivo:</b> BASE_BATERÍA.sldprt					

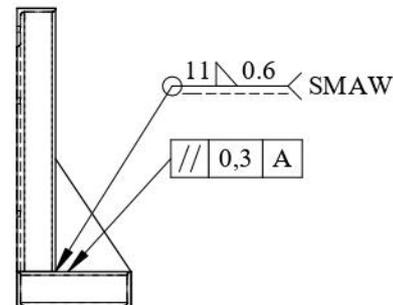
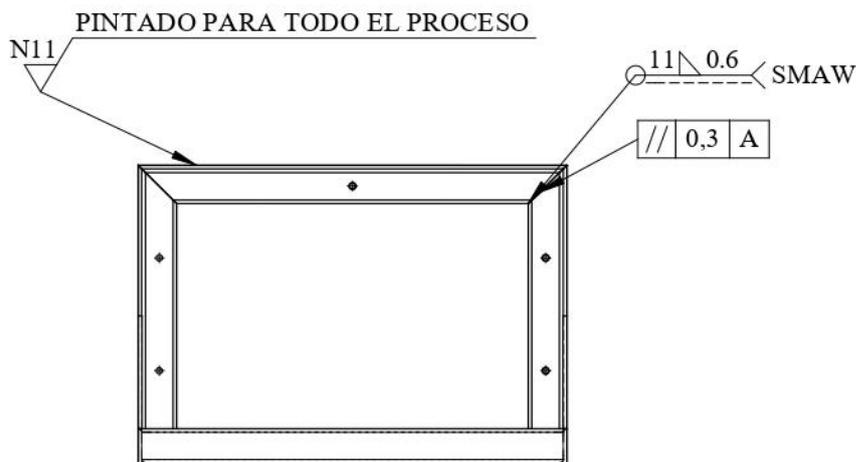
1

2

3

4

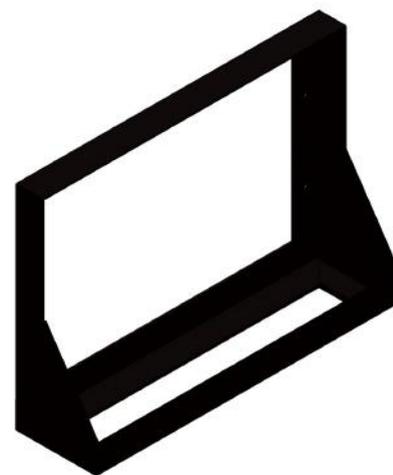
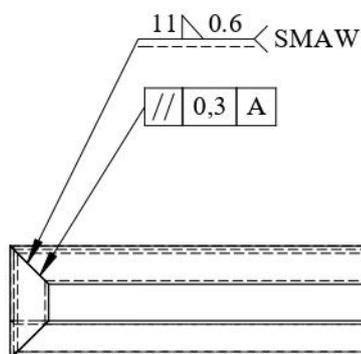
A



B

C

D



E



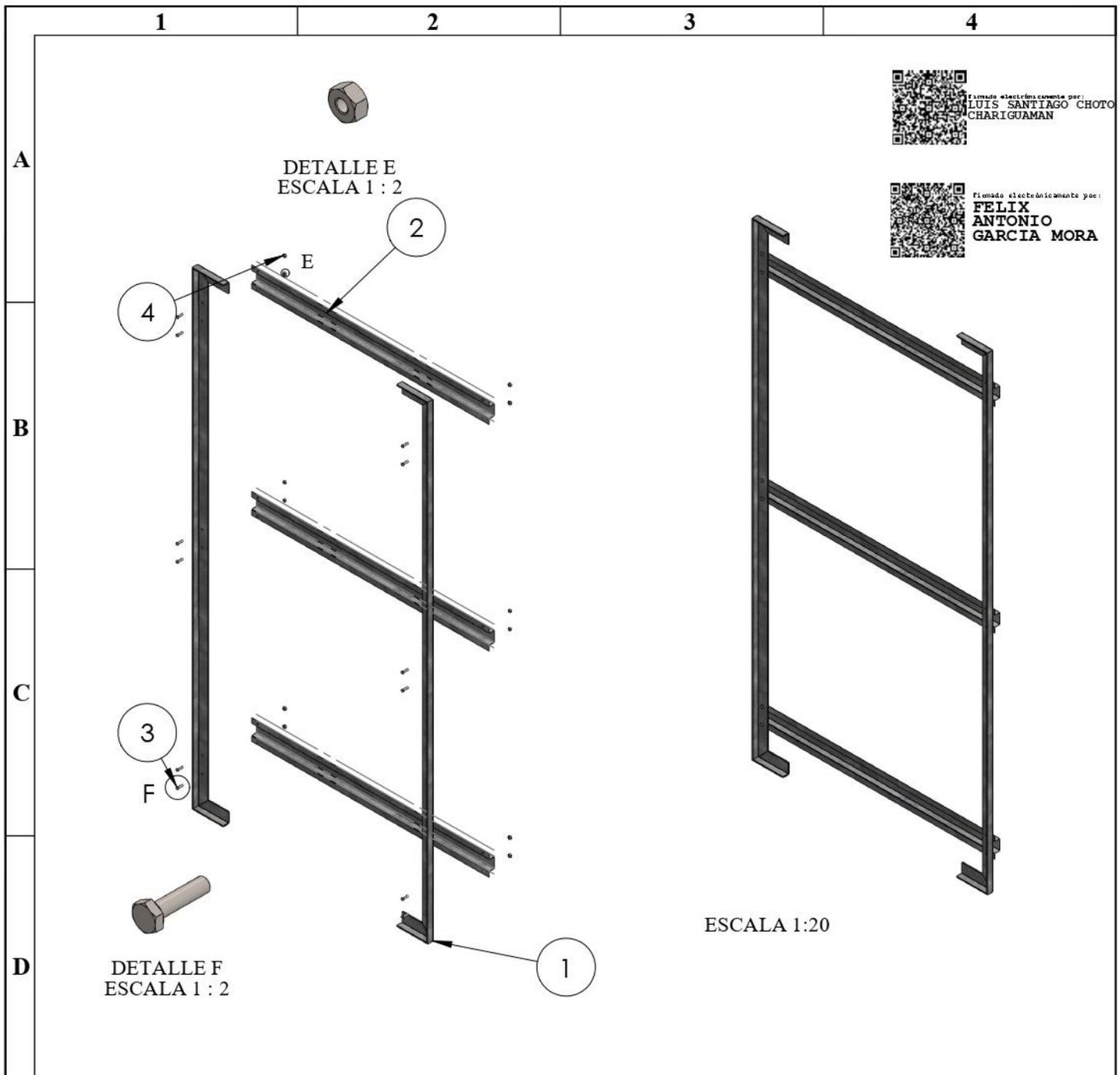
Firmado electrónicamente por:  
LUIS SANTIAGO CHOTO  
CHARIGUAMAN



Firmado electrónicamente por:  
FELIX  
ANTONIO  
GARCIA MORA

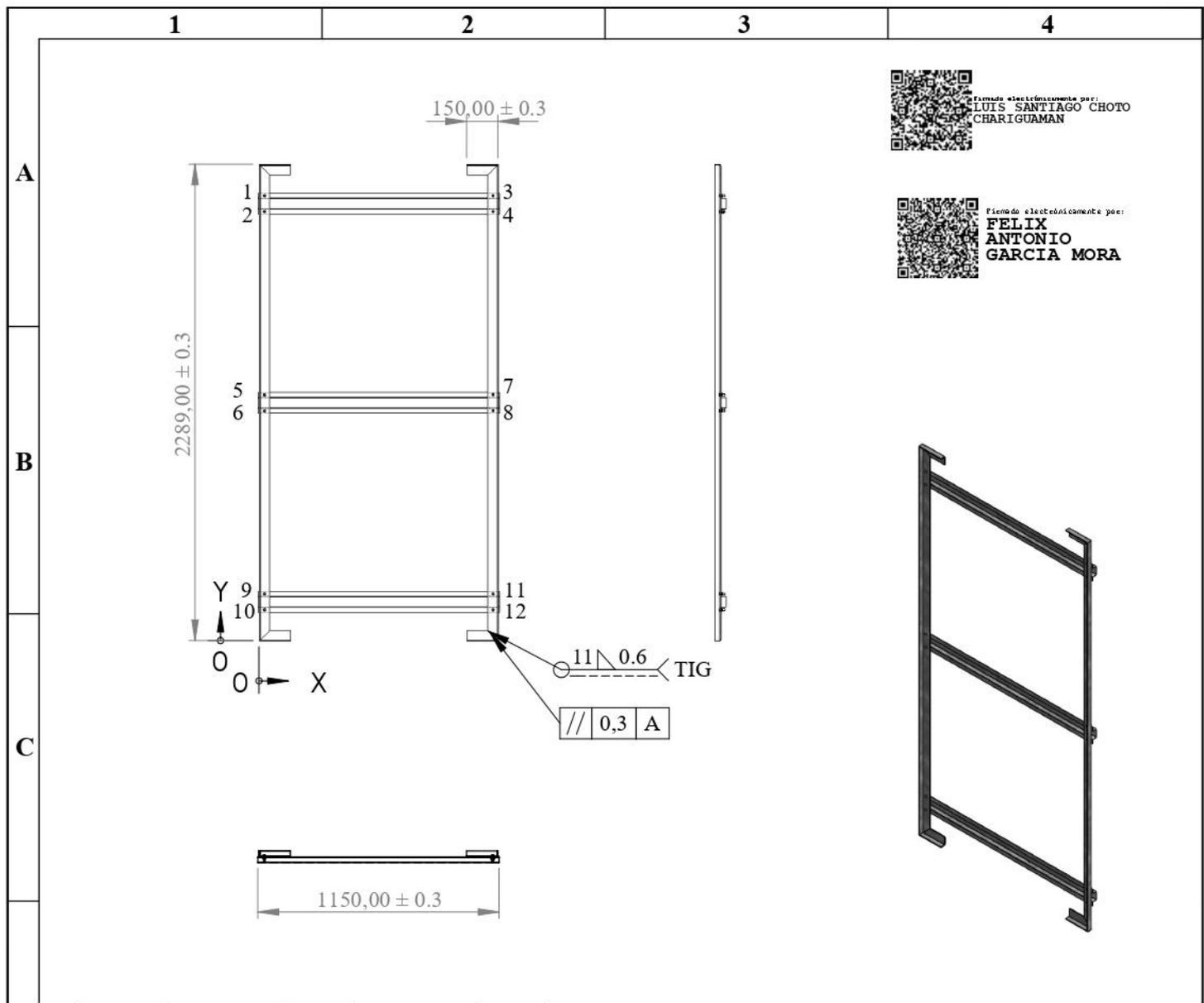
N°. Lámina: 3 de 7		N°. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: SIS-FV-FM-MI-BB-03		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL					
Email: nancy.atupania@esPOCH.edu.ec		mayte.zavala@esPOCH.edu.ec		Denominación:  <b>BASE DE BATERÍA</b>		Peso [Kg]						Tolerancia	
Teléfonos: 0982331559		0986358378				9,62 kg		±0.3 [mm]		1:10			
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>										
<b>Proyectó</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22										
<b>Dibujó</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22										
<b>Revisó</b>	Ing. Choto S.		2024-02-22			<b>Materiales:</b> ASTM A36							
<b>Aprobó</b>	Ing. García F.		2024-02-22			<b>Nombre de archivo:</b> BASE_BATERÍA.sldprt						ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: N.A. Y M.Z. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY	





1	2	Perfil angular L1x2x1/12"	ASTM	A568	Manufacturado
2	3	Perfil omega 1x2x1x1/12"	ASTM	A568	Manufacturado
3	12	Perno cabeza hexagonal 1/4x2"	AISI	304	Catálogo La Casa del Perno
4	12	Tuerca 1/4"	AISI	A304	Catálogo La Casa del Perno
<b>No. de pieza</b>	<b>Cant.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Norma</b>	<b>Material</b>	<b>Observaciones</b>

<b>Nº. Lámina:</b> 4 de 7		<b>Nº. Hojas:</b> 1		<b>Sustitución:</b>		<b>Codificación:</b> SIS-FV-FM-MI-BP-01		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>			
<b>Email:</b> nancy.atupania@esPOCH.edu.ec		mayte.zavala@esPOCH.edu.ec		<b>Denominación:</b>		<b>BASE DE PANEL SOLAR</b>					
<b>Teléfonos:</b> 0982331559		0986358378								16,92 kg	±0.3 [mm]
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>			<b>Materiales:</b> ASTM A568		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: N.A. Y M.Z. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
<b>Proyectó</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22								
<b>Dibujó</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22								
<b>Revisó</b>	Ing. Choto S.		2024-02-22								
<b>Aprobó</b>	Ing. García F.		2024-02-22			<b>Nombre de archivo:</b> BasePANEL_SOLAR.sldprt					



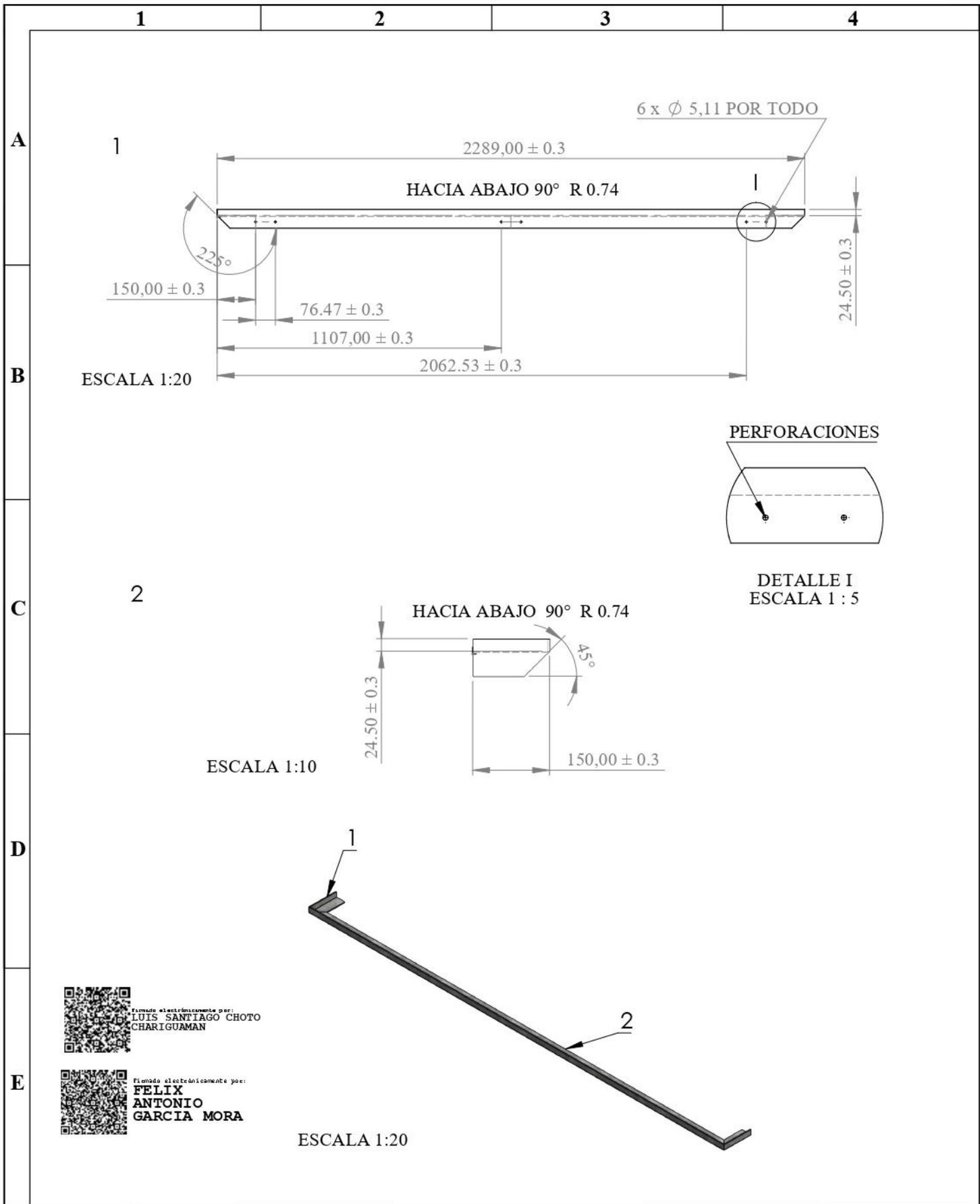
Firmado electrónicamente por:  
LUIS SANTIAGO CHOTO  
CHARIGUMAN



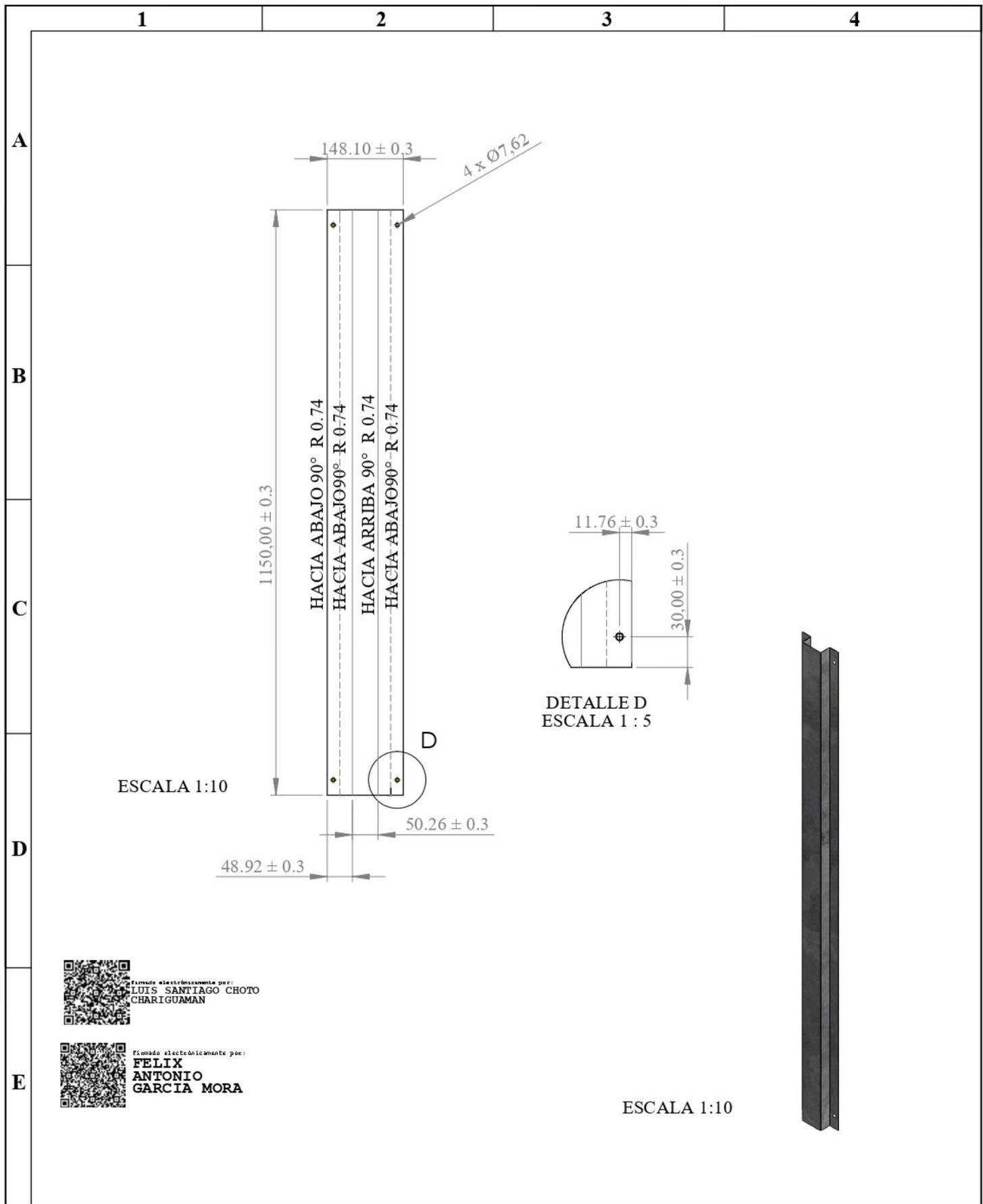
Firmado electrónicamente por:  
FELIX  
ANTONIO  
GARCIA MORA

RÓTULO	UBICACIÓN X	UBICACIÓN Y	TAMAÑO
1	1115	150	Ø 6,35 POR TODO
2	25	2139	Ø 6,35 POR TODO
3	25	2062,53	Ø 6,35 POR TODO
4	1115	226,47	Ø 6,35 POR TODO
5	25	1182	Ø 6,35 POR TODO
6	1115	1107	Ø 6,35 POR TODO
7	25	1105,53	Ø 6,35 POR TODO
8	1115	1183,47	Ø 6,35 POR TODO
9	25	226,47	Ø 6,35 POR TODO
10	1115	2062,53	Ø 6,35 POR TODO
11	25	150	Ø 6,35 POR TODO
12	1115	2139	Ø 6,35 POR TODO

Nº. Lámina: 5 de 7		Nº. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: SIS-FV-FM-MI-BP-02		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b>					
Email: nancy.atupania@esPOCH.edu.ec		mayte.zavala@esPOCH.edu.ec		Denominación: <b>BASE DE PANEL SOLAR</b>		Peso [Kg]						Tolerancia	
Teléfonos: 0982331559		0986358378				16,92 kg		±0.3 [mm]		1:30			
<b>Datos</b>		<b>Nombre</b>		<b>Firma</b>		<b>Fecha</b>		<b>Materiales:</b> ASTM A568		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: N.A. Y M.Z. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
<b>Proyectó</b>		Atupaña N. Zavala M.				2024-02-22							
<b>Dibujó</b>		Atupaña N. Zavala M.				2024-02-22							
<b>Revisó</b>		Ing. Choto S.				2024-02-22							
<b>Aprobó</b>		Ing. García F.				2024-02-22		<b>Nombre de archivo:</b> BasePANEL_SOLAR.sldprt					



<b>Nº. Lámina:</b> 6 de 7		<b>Nº. Hojas:</b> 1		<b>Sustitución:</b>		<b>Codificación:</b> SIS-FV-FM-MI-BP-03		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL			
<b>Email:</b> nancy.atupania@esPOCH.edu.ec		mayte.zavala@esPOCH.edu.ec		<b>Denominación:</b>		<b>PERFIL ANGULAR L</b>					
<b>Teléfonos:</b> 0982331559		0986358378						6.97 kg	±0.3 [mm]	1:5 1:10 1:20	
<b>Datos</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>	<b>Fecha</b>	<b>Materiales:</b>		<b>Nombre de archivo:</b>		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE: N.A. Y M.Z. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			
<b>Proyectó</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22	ASTM A568		BasePANEL_SOLAR.sldprt					
<b>Dibujó</b>	Atupaña N. Zavala M.		2024-02-22								
<b>Revisó</b>	Ing. Choto S.		2024-02-22								
<b>Aprobó</b>	Ing. García F.		2024-02-22								



Firmado electrónicamente por:  
LUIS SANTIAGO CHOTO  
CHARIGUMAN



Firmado electrónicamente por:  
FELIX  
ANTONIO  
GARCIA MORA

N°. Lámina: 7 de 7		N°. Hojas: 1		Sustitución:		Codificación: SIS-FV-FM-MI-BP-04		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> INGENIERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL					
Email: nancy.atupania@esPOCH.edu.ec		mayte.zavala@esPOCH.edu.ec		Denominación: <b>PERFIL OMEGA</b>		Peso [Kg]						Tolerancia	
Teléfonos: 0982331559		0986358378		Dibujó		0,99 kg		±0.3 [mm]		1:5 1:10			
Datos		Nombre		Firma		Fecha		Materiales:		ASTM A568		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE: N.A. Y M.Z. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY	
Proyectó		Atupaña N. Zavala M.				2024-02-22		Nombre de archivo:		BasePANEL_SOLAR.sldprt			
Revisó		Ing. Choto S.				2024-02-22							
Aprobó		Ing. García F.				2024-02-22							

**ANEXO D: PLAN DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

	<b>MANTENIMIENTO GENERAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>			<b>Versión:</b>	
				1	
	<b>Realizado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha de emisión</b>	
Mayte Zavala	Ing. Marco Santillán	Ing. Ing. Félix García	09/12/2024		
<b>ACTIVIDADES</b>				<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
<b>PANEL SOLAR</b>					
Limpiar el panel solar.				SEMESTRAL	
Inspeccionar y ajustar los pernos de anclaje de la estructura.				SEMESTRAL	
Inspeccionar el estado de los conductores eléctricos				SEMESTRAL	
<b>BATERÍA CICLO PROFUNDO</b>					
Limpiar y verificar de estado de la batería.				SEMESTRAL	
Ajustar los terminales talón.				SEMESTRAL	
Inspeccionar y ajustar el anclaje de la batería.				SEMESTRAL	
<b>INVERSOR SOLAR</b>					
Limpiar el polvo y suciedad existentes en el inversor.				SEMESTRAL	
Identificar una lectura de entrada de voltaje del inversor CD (10,8 V a 14,4 V) y un voltaje de salida CA (110 V ± 5%)				SEMESTRAL	
<b>CONTROLADOR DE CARGA</b>					
Revisar las conexiones.				SEMESTRAL	
Revisar los voltajes del panel solar y batería.				SEMESTRAL	
<b>TABLERO PRINCIPAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>					
Limpiar cualquier residuo de polvo existente en el tablero.				SEMESTRAL	
Verificar y ajustar pernos de la estructura, prensaestopas, llaves y señalética.				SEMESTRAL	
Verificar o reemplazar los fusibles de protección de panel solar.				SEMESTRAL	
Ajustar los terminales de los elementos instalados en el tablero (transferencia manual, breakers y luces piloto)				SEMESTRAL	

**ANEXO E: HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO E INSTRUCCIONES DE TAREA**



Nombre Planta: ESPOCH MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)

Departamento/Área	Tiempo Disponible de Operación	Realizada por:	Atupaña, N; Zavala, M.
FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO	60, 0 min	Fecha:	17 de enero del 2024
Nombre de la Operación	Equipo	Pagina :	1 de 1
MANTENIMIENTO GENERAL DEL PANEL SOLAR DE 550 W	PANEL SOLAR 550 W		

MTS Base de Conocimientos/Formacion( Entrenamiento) - \_\_\_\_\_

**BASE DE CONOCIMIENTOS**

Mantenimiento industrial.
Segirdad industrial.
Manejo de herramientas.
Electricidad.

**CAPACITACION / ENTRENAMIENTO**

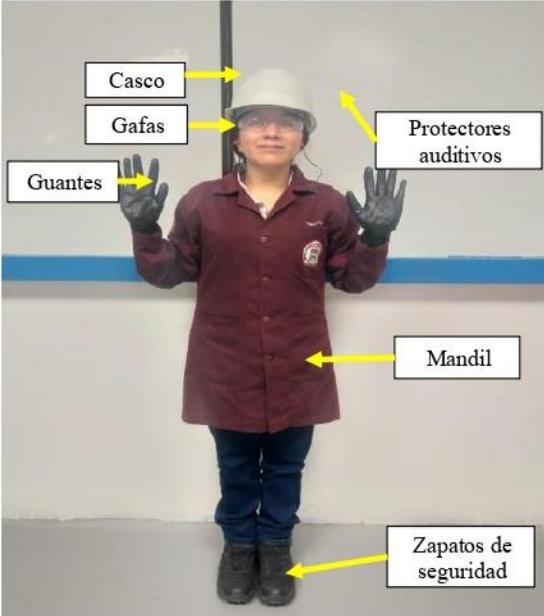
Capacitación en funcionamiento de paneles solares
Capacitación en electricidad CD/CA.
Capacitación en MTS y TIS.

<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia( D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total de tiempo de ciclo (Diario)
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Verificar los equipos de protección personal (EPP) de los integrantes a realizar el mantenimiento.	TIS-001	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Limpar el panel solar	TIS-002	Según TIS	15,00	A	2,0	30,0
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Inspeccionar y ajustar los perno s de anclaje de la estructura.	TIS-003	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Inspeccionar el estado de los conductores eléctricos.	TIS-004	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<b>TOTAL TIEMPO</b>								<b>60,0</b>

**Bloque de firmas**

**Historial de cambios en el trabajo**

Tumo	Lider de Equipo	Lider de Grupo	Fecha	Nombre	Cambio
1	Firma				
	Fecha				
2	Firma				
	Fecha				
3	Firma				
	Fecha				
4	Firma				
	Fecha				

Página 1 de 4			Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MIT CORRECTIVO				
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Verificar los equipos de protección personal (EPP) de todos los integrantes a realizar el mantenimiento.			Fecha de Realización	17/01/2024	Realizada por:	Atupaña, N; Zavala, M.		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo							
	PANEL SOLAR 550 W		LAB. MIT CORRECTIVO		Seguridad	Critico	Secuencia mandatoria en los pasos	Calidad	Secuencia mandatoria de	Medio Ambiente	Tiempo estándar
									5 min		
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Qué, Cómo, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Verificar los equipos de protección personal (EPP) de todos los integrantes a realizar el mantenimiento.		Revisar el uso de casco, protectores auditivos, gafas, guantes, mandil y zapatos de seguridad.						
Bloque de Firmas					Fecha	Nombre	Descripción del cambio				
Turno		Líder de Equipo		Líder de Grupo							
1	Firma Fecha										
2	Firma Fecha										
3	Firma Fecha										



Página 3 de 4			Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO				
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Inspeccionar y ajustar los pernos de anclaje de la estructura.			Fecha de Realización		17/01/2024	Realizada por:	Atupaña, N; Z avala, M	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Simbolo	 Seguridad  Critico  Secuencia mandatoria en los pasos  Calidad  Secuencia mandatoria de  Medio Ambiente	 Tiempo estándar <b>5 min</b>				
	PANEL SOLAR 550 W		LAB. MTT CORRECTIVO								
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Qué, Cómo, Puntos clave)		Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
	<input type="checkbox"/>	1	Inspeccionar y ajustar los pernos de anclaje de la estructura.		Realizar una inspección visual para verificar la existencia de corrosión, desgaste o daño de los pernos de anclaje.						
					Realizar un apriete de los pernos utilizando una llave # 11 en caso de ser necesario y verificar que el panel se encuentre bien sujetado						
<b>Bloque de Firmas</b>					Fecha	Nombre	Descripción del cambio				
Turno	Lider de Equipo		Lider de Grupo								
1	Firma										
	Fecha										
2	Firma										
	Fecha										
3	Firma										
	Fecha										





Nombre Planta: ESPOCH    MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)

Departamento/Área	Tiempo Disponible de Operación	Realizada por:	Atupaña, N; Zavala, M.
FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MIT CORRECTIVO	30, 0 min	Fecha:	17 de enero del 2024
Nombre de la Operación	Equipo	Pagina :	2 de 2
MANTENIMIENTO GENERAL DE LA BATERÍA	BATERÍA DE CICLO PROFUNDO		

MTS Base de Conocimientos/Formacion( Entrenamiento) - \_\_\_\_\_

**BASE DE CONOCIMIENTOS**

Mantenimiento industrial.
Segirdad industrial.
Manejo de herramientas.
Electricidad.

**CAPACITACION / ENTRENAMIENTO**

Capacitación en funcionamiento de paneles solare
Capacitación en electricidad CD/CA.
Capacitación en MTS y TIS.

<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia( D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total de tiempo de ciclo(Diario)
<input type="checkbox"/>	1	Limpiar y verificar de estado de la batería.	TIS-001	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<input type="checkbox"/>	2	Ajustar los terminales talón.	TIS-002	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<input type="checkbox"/>	3	Inspeccionar y ajustar el anclaje de la batería.	TIS-003	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
TOTAL TIEMPO								30,0

**Bloque de firmas**

**Historial de cambios en el trabajo**

Turno	Firma	Lider de Equipo	Lider de Grupo	Fecha	Nombre	Cambio
1	Fecha					
2	Fecha					
3	Fecha					
4	Fecha					



Task Instruction Sheet  
(HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)

Departamento / Área

FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO

Página 1 de 3

Tarea: 1	Descripción de la tarea: Limpiar y verificar el estado de la batería.		Fecha de Realización	17/01/2024	Realizada por:	Atupaña, N; Zavala, N	
Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	Seguridad          Critico          Secuencia mandatoria en los pasos          Calidad          Secuencia mandatoria de pasos          Medio Ambiente	Tiempo estándar		
BATERÍA DE CICLO PROFUNDO		LAB. MTT CORRECTIVO				5 min	

✓	Sim.	No	Descripción de Pasos	Detalle del Paso (Qué, Cómo, Puntos clave)	Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)
	<input type="checkbox"/>	1	Limpiar y verificar el estado de la batería.	Apagar el breaker (PROTECCIÓN DE BATERÍA).	
				Limpiar con un paño suave los residuos de suciedad en la batería.	

Bloque de Firmas				Fecha	Nombre	Descripción del cambio
Turno		Líder de Equipo	Líder de Grupo			
1	Firma					
	Fecha					
2	Firma					
	Fecha					
3	Firma					
	Fecha					



Página 3 de 3			Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)			Departamento / Área		FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO			
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Inspeccionar y ajustar el anclaje de la batería.				Fecha de Realización	17/01/2024	Realizada por:	Atupaña, N; Zavala, N	
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Símbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatoria en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatoria de pasos	 Medio Ambiente	Tiempo estándar
	BATERÍA DE CICLO PROFUNDO		LAB. MTT CORRECTIVO								5 min
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos			Detalle del Paso (Qué, Cómo, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)		
	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Inspeccionar y ajustar el anclaje de la batería.			Inspeccionar visulamente el anclaje para asegurarse de que este correctamente fijado con la llave de dado y su extensión # 11 y no presente signos de deterioro o corrosión.					
						Ajustar la abrazadera que sostiene el tubo corrugado con un destornillador estrella.					
Bloque de Firmas											
Turno		Lider de Equipo		Lider de Grupo		Fecha	Nombre	Descripción del cambio			
1	Firma										
	Fecha										
2	Firma										
	Fecha										
3	Firma										
	Fecha										



Nombre Planta: ESPOCH MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)

Departamento/Área	Tiempo Disponible de Operación	Realizada por:	Atupaña, N; Zavala, M.
FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO	20, 0 min	Fecha:	17 de enero del 2024
Nombre de la Operación	Equipo	Pagina :	3 de 3
MANTENIMIENTO GENERAL DEL INVERSOR DC/AC	INVERSOR SOLAR DE 1500W		

MTS Base de Conocimientos/Formacion( Entrenamiento) - \_\_\_\_\_

**BASE DE CONOCIMIENTOS**

Mantenimiento industrial.
Segirdad industrial.
Manejo de herramientas.
Electricidad.

**CAPACITACION / ENTRENAMIENTO**

Capacitación en funcionamiento de paneles solare
Capacitación en electricidad CD/CA.
Capacitación en MTS y TIS.

<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia( D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total de tiempo de ciclo(Diario)
<input type="checkbox"/>	1	Limpiar el polvo y suciedad existentes en el inversor.	TIS-001	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<input type="checkbox"/>	2	Identificar una lectura de entrada de voltaje del inversor CD (10.8 V a 14.4 V) y un voltaje de salida CA (110 V ± 5%).	TIS-002	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0

TOTAL TIEMPO 20,0

**Bloque de firmas**

**Historial de cambios en el trabajo**

Turno	Lider de Equipo	Lider de Grupo	Fecha	Nombre	Cambio
1	Firma Fecha				
2	Firma Fecha				
3	Firma Fecha				
4	Firma Fecha				

Página 1 de 2			Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO				
	Tarea: 1		Descripción de la tarea: Limpiar el polvo y suciedad existentes en el inversor.			Fecha de Realización	17/01/2024	Realizada por:	Atupaña, N; Z avala, M		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Simbolo							Tiempo estándar
	INVERSOR SOLAR 1500 W		LAB. MTT CORRECTIVO								5 min
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Qué, Cómo, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
	<input type="checkbox"/>		Limpiar el polvo y suciedad existentes en el inversor.		Desenergizar la fuente eléctrica con el selector en posición 0.						
											Utilizar un paño seco y suave para limpiar la superficie, eliminar alguna impureza de la superficie y rejillas.
Bloque de Firmas					Fecha	Nombre	Descripción del cambio				
Turno		Lider de Equipo	Lider de Grupo								
1	Firma										
	Fecha										
2	Firma										
	Fecha										
3	Firma										
	Fecha										





Nombre Planta: ESPOCH MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)

Departamento/Área	Tiempo Disponible de Operación	Realizada por:	Atupaña, N; Zavala, M.
FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO	20, 0 min	Fecha:	17 de enero del 2024
Nombre de la Operación	Equipo	Pagina :	4 de 4
MANTENIMIENTO GENERAL DEL CONTROLADOR DE CARGA	CONTROLADOR DE CARGA		

MTS Base de Conocimientos/Formacion( Entrenamiento) - \_\_\_\_\_

**BASE DE CONOCIMIENTOS**

Mantenimiento industrial.
Segirdad industrial.
Manejo de herramientas.
Electricidad.

**CAPACITACION / ENTRENAMIENTO**

Capacitación en funcionamiento de paneles solare
Capacitación en electricidad CD/CA.
Capacitación en MTS y TIS.

<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia( D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total de tiempo de ciclo(Diario)
<input type="checkbox"/>	1	Revisar las conexiones.	TIS-001	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<input type="checkbox"/>	2	Revisar los voltajes del panel solar y batería.	TIS-002	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<b>TOTAL TIEMPO</b>								<b>20,0</b>

**Bloque de firmas**

**Historial de cambios en el trabajo**

Turno	Firma	Lider de Equipo	Lider de Grupo	Fecha	Nombre	Cambio
1	Fecha					
2	Fecha					
3	Fecha					
4	Fecha					







Nombre Planta: ESPOCH MAINTENANCE TASK SHEET (HOJA DE TAREAS DE MANTENIMIENTO)

Departamento/Área	Tiempo Disponible de Operación	Realizada por:	Atupaña, N; Zavala, M.
FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO	40, 0 min	Fecha:	17 de enero del 2024
Nombre de la Operación	Equipo	Página :	5 de 5
MANTENIMIENTO GENERAL DEL TABLERO PRINCIPAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	TABLERO PRINCIPAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO		

MTS Base de Conocimientos/Formacion( Entrenamiento) - \_\_\_\_\_

**BASE DE CONOCIMIENTOS**

Mantenimiento industrial.
Segirdad industrial.
Manejo de herramientas.
Electricidad.

**CAPACITACION / ENTRENAMIENTO**

Capacitación en funcionamiento de paneles solare
Capacitación en electricidad CD/CA.
Capacitación en MTS y TIS.

<input checked="" type="checkbox"/>	#	TAREA	TIS	Otros	Tiempo de ciclo de la tarea (min)	Frecuencia( D=día, S= semana, M= mes, A= año, O=Otros)		Total de tiempo de ciclo(Diario)
<input type="checkbox"/>	1	Limpiar y eliminar cualquier residuo existente en el tablero.	TIS-001	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<input type="checkbox"/>	2	Verificar y ajustar pernos de la estructura, prensaestopas, llaves y señalética.	TIS-002	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<input type="checkbox"/>	3	Verificar y reemplazar los fusibles de protección del panel solar.	TIS-001	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
<input type="checkbox"/>	4	Ajutar todos os tornillos existentes en el tablero (selector, breakers, luces piloto y rieles, etc.).	TIS-002	Según TIS	5,00	A	2,0	10,0
TOTAL TIEMPO								40,0

**Bloque de firmas**

**Historial de cambios en el trabajo**

Turno	Lider de Equipo	Lider de Grupo	Fecha	Nombre	Cambio
1	Firma				
	Fecha				
2	Firma				
	Fecha				
3	Firma				
	Fecha				
4	Firma				
	Fecha				

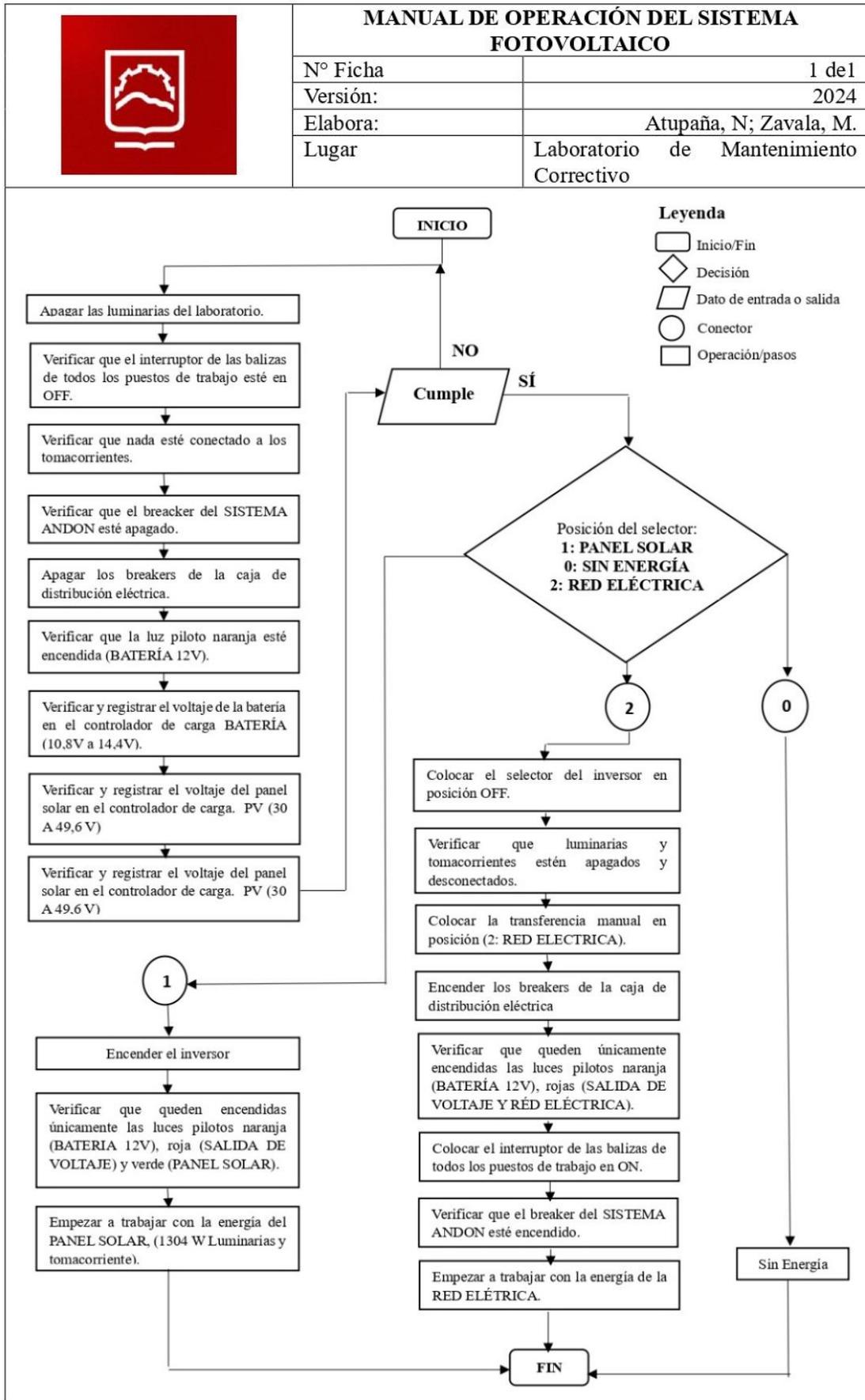




Página 3 de 4			Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO					
	Tarea: 3		Descripción de la tarea: Verificar y reemplazar los fusibles de protección del panel solar.			Fecha de Realización		17/01/2024	Realizada por:	Atupaña, N; Z avala, M		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación		Simbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatoria en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatoria de	 Medio Ambiente	Tiempo estándar
	TABLERO PRINCIPAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO		LAB. MTT CORRECTIVO									5 min
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Qué, Cómo, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)				
		1	Verificar y reemplazar los fusibles de protección del panel solar.		Sacar los fusibles cuidadosamente de la protección del panel.							
			Revisar la continuidad de los fusibles.									
			Reemplazar el fusible en caso de que no tenga continuidad y salga esta grafica en el controlador de carga.									
<b>Bloque de Firmas</b>					<b>Fecha</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción del cambio</b>					
<b>Turno</b>	<b>Lider de Equipo</b>		<b>Lider de Grupo</b>									
1	Firma											
	Fecha											
2	Firma											
	Fecha											
3	Firma											
	Fecha											

Página 4 de 4			Task Instruction Sheet (HOJA DE INSTRUCCIONES DE TAREA)		Departamento / Área		FACULTAD DE MECÁNICA/LAB. MTT CORRECTIVO				
	Tarea: 4		Descripción de la tarea: Ajustar los terminales de los elementos instalados en el tablero (transferencia manual, breakers y luces piloto).			Fecha de Realización	17/01/2024	Realizada por:	Atupaña, N; Z avala, M		
	Descripción del equipo/No.		Ubicación	Simbolo	 Seguridad	 Critico	 Secuencia mandatoria en los pasos	 Calidad	 Secuencia mandatoria de	 Medio Ambiente	Tiempo estándar
	TABLERO PRINCIPAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO		LAB. MTT CORRECTIVO								5 min
✓	Sim.	No	Descripción de Pasos		Detalle del Paso (Qué, Cómo, Puntos clave)			Diagramas: (Herramientas, Partes Especiales, EPP Especiales, Layouts, etc.)			
		1	Ajustar los terminales de los elementos instalados en el tablero (transferencia manual, breakers y luces piloto)		Colocar la transferencia manual en la posición 0 ( sin energía) para suspender la energía eléctrica.						
					Ajustar los terminales de las luces piloto con un destornillador estrella.						
					Ajustar los terminales de la transferencia manual y las protecciones eléctricas con un destornillador estrella						
Bloque de Firmas					Fecha	Nombre	Descripción del cambio				
Turno		Lider de Equipo		Lider de Grupo							
1	Firma	Fecha									
2	Firma	Fecha									
3	Firma	Fecha									

# ANEXO F: MANUAL DE OPERACIÓN



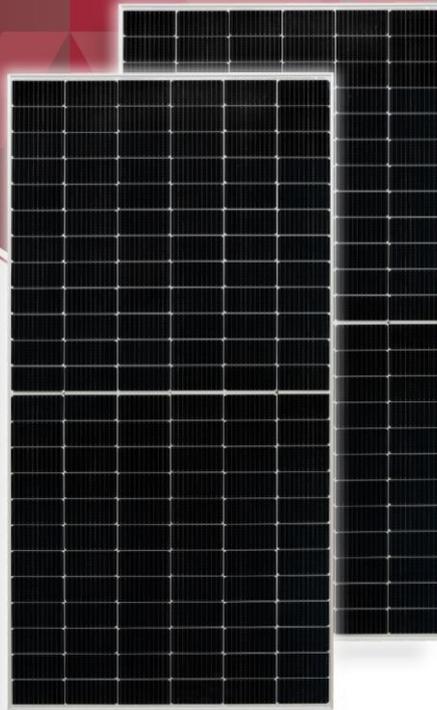
**ANEXO G: CHECKLIST DE OPERACIÓN**

 <p style="text-align: center;"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL</b></p>					
<b>Nombre y Apellido:</b>				<b>Semestre:</b>	
<b>Fecha:</b>				<b>Hora:</b>	
<b>CHECKLIST DE TRANSFERENCIA-RED ELÉCTRICA A PANEL SOLAR</b>					
<b>Nº</b>	<b>CRITERIO DE EVALUACIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	
1	Apagar las luminarias del laboratorio.				
2	Verificar que el interruptor de las balizas de todos los puestos de trabajo esté en OFF.				
3	Verificar que nada esté conectado a los tomacorrientes.				
4	Verificar que el breaker del SISTEMA ANDON esté apagado.				
5	Apagar los breakers de la caja de distribución eléctrica.				
6	Verificar que la luz piloto naranja esté encendida (BATERÍA 12V).				
7	Verificar y registrar el voltaje de la batería en el controlador de carga BATERÍA (10,8V a 14,4V).				
8	Verificar y registrar el voltaje del panel solar en el controlador de carga. PV (30 A 49,6 V)				
9	Colocar la transferencia manual en posición (1: PANEL SOLAR).				
10	Encender el inversor.				
11	Verificar que queden encendidas únicamente las luces pilotos naranja (BATERIA 12V), roja (SALIDA DE VOLTAJE) y verde (PANEL SOLAR).				
12	Empezar a trabajar con la energía del PANEL SOLAR.				
<b>CHECKLIST DE TRANSFERENCIA-PANEL SOLAR A RED ELÉCTRICA</b>					
1	Verificar que luminarias y tomacorrientes estén apagados y desconectados.				
2	Colocar el selector del inversor en posición OFF.				
3	Colocar la transferencia manual en posición (2: RED ELECTRICA).				
4	Encender los breakers de la caja de distribución eléctrica.				
5	Verificar que queden únicamente encendidas las luces pilotos naranja (BATERÍA 12V), rojas (SALIDA DE VOLTAJE Y RED ELÉCTRICA).				
6	Colocar el interruptor de las balizas de todos los puestos de trabajo en ON.				
7	Verificar que el breaker del SISTEMA ANDON esté encendido.				
8	Empezar a trabajar con la energía de la RED ELÉTRICA.				

## ANEXO H: HOJA DE DATOS DEL PANEL SOLAR

# Tensite

# EM550-PH



144 Células MBB 72S 2P



Tecnología Half Cell Mono PERC



Mayor potencia de salida



Diseño ligero

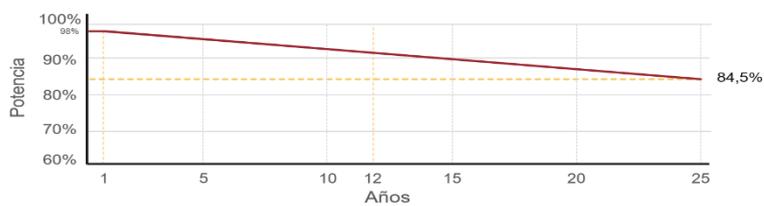


Rendimiento con poca luz



Mayor eficiencia de conversión del módulo

## GARANTÍA



Tolerancia positiva de vatios



Años de garantía del producto



Años de garantía de potencia lineal

## Datos Eléctricos STC

## EM550-PH

Tipo de módulo	550M Half cell Mono PERC
Máxima potencia (Wp)	550 Wp
Corriente de potencia máxima (I <sub>mp</sub> )	13,12 A
Voltaje de potencia máxima (V <sub>mp</sub> )	41,95 V
Corriente de cortocircuito (I <sub>sc</sub> )	13,98 A
Voltaje de circuito abierto (V <sub>oc</sub> )	49,80 V
Eficiencia del módulo	21%
Fusible de serie máxima	25 A
Número de Diodos	3
Tolerancia positiva de potencia	0+3%
Condiciones de prueba estándar	1.000 W/m <sup>2</sup> , 25 °C, AM 1.5
Voltaje máximo del sistema DC	1.500 V
Coefficiente de temperatura I <sub>sc</sub>	0,048% / °C
Coefficiente de temperatura V <sub>oc</sub>	-0,270% / °C
Coefficiente de temperatura P <sub>mp</sub>	-0,350% / °C
Rango temperatura funcionamiento	-40°C / +85°C
Temperatura operación célula (TONC)	45°C ±2
Capacidad carga frontal del módulo	5.400 Pa IEC61215 (nieve)
Capacidad carga trasera del módulo	2.400 Pa IEC61215 (viento)

\*Condiciones Estandar de Medida STC: Irradiación 1.000 W/m<sup>2</sup>, espectro AM1.5, célula a 25°C.

## Valores en condiciones TONC\*\*

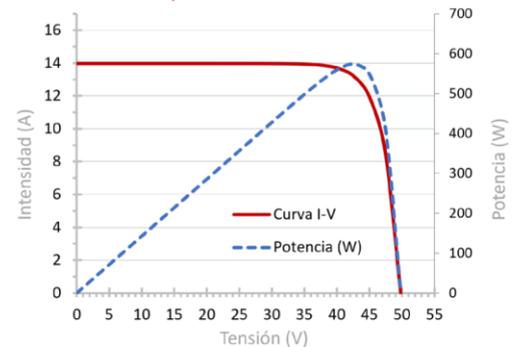
Potencia máxima TONC (P <sub>max</sub> )	416 W
Voltaje de potencia máxima (V <sub>mp</sub> TONC)	39,65 V
Corriente de potencia máxima (I <sub>mp</sub> TONC)	10,51 A
Voltaje de circuito abierto (V <sub>oc</sub> TONC)	46,80 V
Corriente de cortocircuito (I <sub>sc</sub> TONC)	11,11 A

\*\*Condiciones TONC: Irradiación de 800 W/m<sup>2</sup>, AM1.5, temperatura ambiente 20 °C y viento de 1 m/s.

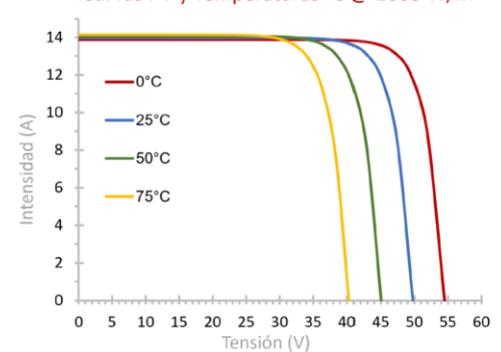
## Características mecánicas

Cubierta frontal (material/espesor)	Vidrio templado / 3.2mm
Peso del módulo	27,2 kg
Dimensiones del módulo (L / W / H)	2.279 x 1.134 x 35mm
Lámina de protección posterior	TPT en blanco
Células (cantidad/material)	144 (6x12x2) / Silicio mono
Marco (material/color)	Aluminio anodizado / Plata
Grado protección caja de conexiones	≥ IP68
Cables y conectores	4mm <sup>2</sup> , long. 1.400mm
Clasificación de calidad	Clase A
Clase de protección eléctrica	Clase II
Clase de seguridad contra incendios	Clase C

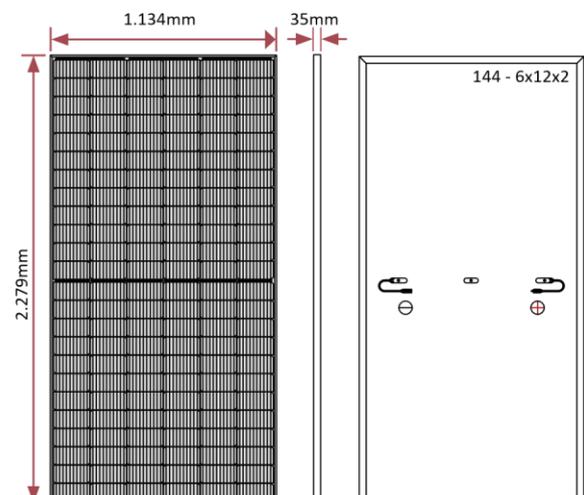
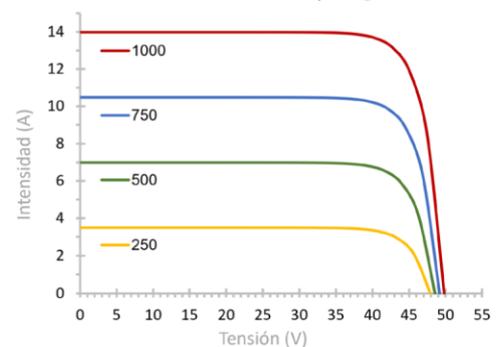
Curva I-V y Potencia W @ STC



Curvas I-V y Temperaturas °C @ 1000 W/m<sup>2</sup>



Curvas I-V e Irradiación W/m<sup>2</sup> @ 25°C



## **ANEXO I: MANUAL DE OPERACIÓN DEL INVERSOR 1500W**

### **MANUAL DEL INVERSOR DE ENERGÍA**

Para garantizarle un servicio confiable, el inversor debe instalarse y usarse correctamente. Antes de instalar y usar, lea las instrucciones de instalación y funcionamiento. Se debe prestar especial atención a este manual y a los avisos de advertencia; algunas condiciones de uso y prácticas pueden provocar daños en el inversor; le recomendamos que tenga precaución. Ciertas condiciones y prácticas de uso que podrían causar lesiones corporales, como declaración clara de advertencia. Antes de utilizar el inversor, lea todas las indicaciones.

Lea este manual para obtener el derecho de uso. Especialmente en el uso, recuerde leer la sección "Precauciones de seguridad" para garantizar un uso seguro; después de leer el manual de instrucciones, junto con la tarjeta de garantía, debe conservar el cuidado adecuado para referencia futura. Lea este manual para obtener el derecho de uso. Especialmente en el uso, recuerde leer la sección "Precauciones de seguridad" para garantizar un uso seguro; después de leer el manual de instrucciones, junto con la tarjeta de garantía, debe conservar el cuidado adecuado para referencia futura.

#### **Aviso de seguridad (Por favor lea y recuerde el aviso de seguridad)**

Para evitar daños a usted y a otras personas, aquí enumeramos a continuación un aviso de seguridad. Asegúrese de obedecer y consultar las siguientes marcas.

El incumplimiento o la mala comprensión de estas marcas dará lugar a las dos situaciones siguientes.

La marca significa "Puede causar a la persona lesiones graves o la muerte".
La marca significa "Puede causar lesiones a la persona o daños a otros artículos".

Asegúrese de obedecer el contenido clasificado utilizando las marcas para explicar lo siguiente.

La marca significa artículo prohibido.
La marca significa elemento obligatorio.

La producción no puede ser paralela a la de los centros comerciales.



Dañará el inversor y existirá riesgo de descarga eléctrica.

Bien ventilado Manténgase alejado de cosas inflamables.



Conectar la batería produciría chispas, asegúrese antes de realizar la conexión de que no haya elementos inflamables.

Los menores no pueden utilizarlo.



El alto voltaje de salida causará peligro de descarga eléctrica.

No desmonte ni remodele el inversor.



Desmontar o modificar el inversor sin autorización puede provocar un mal funcionamiento, un incendio o una descarga eléctrica.

No moje la estructura del avión.



La salida con alta presión puede provocar riesgo de descarga eléctrica.

No coloque varillas u otros objetos metálicos en la entrada u otras aberturas.



Puede tocar las piezas internas y sufrir una descarga eléctrica o daños.

Coloque el enchufe de carga del equipo completamente insertado en una toma de corriente.



De lo contrario, podría provocar una descarga eléctrica y un sobrecalentamiento, e incluso provocar un incendio.

No toque el enchufe con las manos mojadas.



Esto podría provocar una descarga eléctrica.

No permita que sustancias volátiles o materiales combustibles estén cerca de la máquina. Lejos de la llama.



### No dañe los enchufes ni los cables de salida.

No corte, remodele, acerque al fuego, no distorsione excesivamente al revés, no retuerza ni tire de los cables, ni coloque peso de salida sobre el cable o los enchufes.



Cuando utilice esta máquina, no junte cables. El uso de cables rotos puede provocar descargas eléctricas, cortocircuitos o incendios.

## ATENCIÓN

Utilice el inversor en el sistema de alimentación del cable de tierra común.



Si la salida se conecta a tierra, se producirá un cortocircuito y daños en el inversor. Por ejemplo: utilizado en el automóvil, el terminal de salida del inversor tiene el voltaje reflejado en la carrocería del automóvil.

En el poder, no deje que la carga y escriba en el bucle.



Puede causar fallas o aumentar el circuito de protección contra sobrecargas.

No instale el inversor en un ambiente cálido y húmedo.



Las fugas del inversor pueden provocar descargas eléctricas o incendios provocados por accidente.

Prohibido su uso en el área médica.



La vida es la más alta, este producto sin la prueba utilizada en equipos médicos.

## **ATENCIÓN**

1. En el cable de conexión se debe utilizar para instalar el cable apropiado, si el cable de salida de 230 V es demasiado largo o el área de la sección transversal del cable es demasiado pequeña, generará una gran cantidad de pérdida de energía del cable, el bajo rendimiento como baja potencia. baja tensión.
2. Los cables de conexión de la batería y el inversor no están estandarizados, el cable es demasiado largo, el área de la sección transversal es demasiado pequeña, las partes de conexión del contacto son cortas e incluso el encendido no funciona, genera una alarma. Mientras tanto, el cable debe tener resistencia al agua y aislamiento para cumplir con los requisitos ambientales.

Bombilla, luz fluorescente, olla arrocera, plancha eléctrica, computadora de escritorio, computadora portátil, computadora, plancha eléctrica, lavadora, secador de pelo, amplificador, centro de música, aire acondicionado, etc.

### **Entorno de uso**

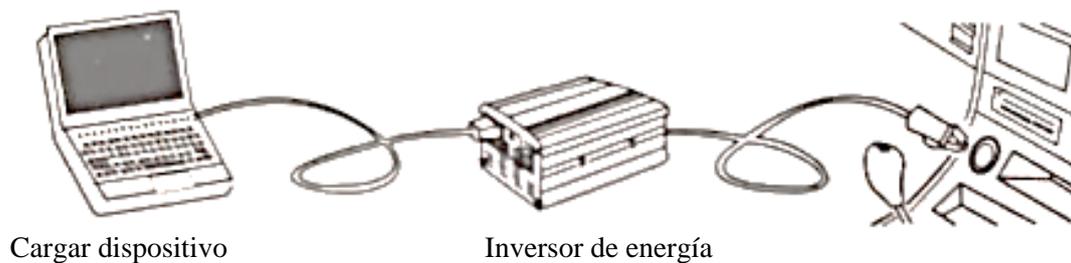
Para obtener los mejores resultados de uso, coloque el inversor en una superficie plana, como el suelo, el piso del automóvil u otra superficie sólida en la que se pueda fijar fácilmente el cable de alimentación del inversor.

El lugar de trabajo debe cumplir los siguientes criterios:

1. Manténgalo seco, no debe permitir que el inversor entre en contacto con el agua u otros líquidos, mantenga el inversor alejado de la humedad o el agua.
2. Ambiente fresco, mantenga la temperatura entre 0 grados Celsius (sin condensación) y 40 grados Celsius. No coloque el inversor cerca de rejillas de ventilación u otros dispositivos de prueba. Intente evitar que la luz del sol ilumine directamente el inversor.
3. Ventilación. Ningún objeto bloquea el alrededor y mantiene el libre flujo de aire. No coloque nada sobre el inversor cuando esté funcionando, ya que el ventilador ayuda a irradiar.

4. Seguridad. No utilice el inversor cerca de lugares donde haya materiales inflamables ni acumule gases inflamables.
5. La batería no solo debe proporcionar un voltaje de 10 V a 15 V CC, sino que también debe proporcionar suficiente corriente de funcionamiento de carga. La potencia debe ser máxima, las buenas baterías de plomo-ácido estiman aproximadamente la corriente que necesita una carga, se puede estimar dividiendo la potencia de la carga por 10.

Por ejemplo: una potencia de carga de CA es de 100 W, la fuente de alimentación debe proporcionar una corriente de  $100/10 = 10$  A. Si necesita mucha corriente, puede usar algunas baterías en paralelo. Lo más importante es garantizar que el cable de conexión tenga una sección transversal suficiente. Este manual no puede enumerar todas las combinaciones de

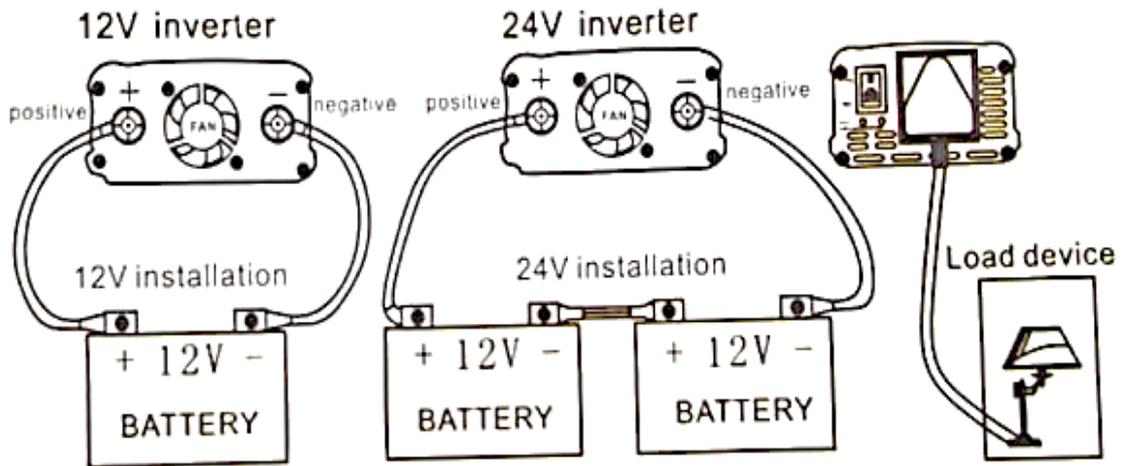


## PASOS DE INSTALACIÓN

1. El interruptor inversor se coloca en la posición cerrada (apagado) y luego se inserta el cabezal del cigarro en el enchufe del encendedor del automóvil, para asegurarse de que esté en su lugar y en buen contacto.
2. Confirme que toda la potencia del aparato eléctrico se puede utilizar en el inversor y que el enchufe de 220 V del aparato eléctrico se puede insertar directamente en el enchufe de 220 V de un extremo del inversor.
3. Encienda el interruptor del inversor, la luz indicadora verde brilla, el trabajo es normal.
4. La luz indicadora roja está encendida, lo que indica que hay sobrevoltaje/bajo voltaje/sobrecarga/Sobretemperatura, lo que provoca que el inversor se apague.

5. En muchos casos, debido a que la salida del encendedor del vehículo es insuficiente, el uso normal de la inversa activará la alarma o se apagará, luego simplemente inicie el vehículo o reduzca la energía para restaurarlo a la normalidad.

## INSTALACIÓN



Nota: La conexión del inversor es similar; preste atención a que el inversor debe tener el mismo voltaje de entrada que la batería.  
Los polos positivo y negativo del inversor no se pueden conectar con la batería de forma inversa.

### **Pasos de conexión de instalación: consulte el diagrama de conexión anterior:**

1. En primer lugar, apague la alimentación del inversor.
2. Utilice el cable CC negro para conectar el terminal negativo de la batería y el poste negro del inversor.
3. Utilice el cable de CC rojo para conectar el terminal del ánodo de la batería y el poste rojo del inversor.
4. Enchufe el enchufe de alimentación del equipo en la toma de salida del inversor.
5. Presione el interruptor del inversor y podrá utilizarlo.

### **Pasos de desmontaje:**

1. En primer lugar, apague la alimentación del inversor.
2. Desconecte el enchufe de alimentación.
3. Desmante el cable CC rojo.
4. Desmante el cable CC negro.

- Notas: el diagrama de conexión es solo como referencia básica. Póngase en contacto con el personal técnico profesional para la instalación real.

El inversor puede utilizar una o más baterías. Lo mejor es utilizar una batería de 150 AH o una batería grande.

- Notas: debido a que en estos procesos es posible que sea necesario conectar la batería, antes de realizar la conexión debe asegurarse de que no haya gases inflamables alrededor.

Utilice el cable del inversor equipado con (sin incluir el cable de modo de alta potencia) para conectar el inversor y la batería, el cable rojo se conecta al poste rojo del terminal de entrada del inversor y al terminal positivo de la batería. El cable negro se conecta al poste negro del terminal de entrada del inversor y al terminal positivo de la batería. Asegúrese de que todas las conexiones sean sólidas y confiables. Las conexiones inadecuadas de los cables pueden provocar sobrecalentamiento y daños en el cabezal del poste y las orejetas. Al mismo tiempo reducirá el tiempo de la batería. El dial de modo del inversor se enciende, si la batería está completamente cargada, el LED de ENERGÍA se ilumina en verde debajo, si la luz es roja, es decir, para proteger el inversor. Debe encontrar una manera de solucionarlo antes de usarlo (verifique que el voltaje de la batería sea demasiado alto o bajo, que la salida del inversor esté sobrecargada o en cortocircuito).

La fuente de alimentación del inversor de 12 V puede ser una batería de 12 V o algunas baterías de 12 V en paralelo para aumentar el tiempo de suministro de energía de la batería.

- Notas: El inversor requiere conectar la batería del mismo voltaje, inversor de 12 V a batería de 12 V, inversor de 24 V a batería de 24 V.
- En el enchufe de todos sus equipos eléctricos, asegúrese de que todos los equipos estén apagados.

Abra el interruptor de modo inversor del inversor, el LED debajo de ENERGÍA se ilumina en verde, luego su dispositivo se puede abrir uno por uno, si su dispositivo no se sobrecarga, puede funcionar normalmente ahora. Si el LED se ilumina en rojo, está sobrecargado. Para reducir la carga, luego reinicie el trabajo.

Uso de emergencia: fuente de alimentación de inversor de potencia pequeña para televisores antiguos, debido al circuito de desmagnetización de inicio de televisión. Para una corriente mayor, es necesario reiniciar continuamente dos o tres veces para que el televisor funcione.

## **PREGUNTAS FRECUENTES**

Las herramientas eléctricas y los hornos microondas no pueden arrancar	Lea atentamente los parámetros del equipo de alta potencia y asegúrese de que la potencia de entrada y la potencia de salida sean suficientes para hacer funcionar el equipo y los hornos microondas, recuerde que las herramientas eléctricas pueden necesitar de 2 a 6 veces más potencia.
Interferencia televisiva	El inversor apenas interfiere con la señal de TV. Pero en algunos casos tendrá interferencias, especialmente cuando la señal de TV es pobre. Intente solucionarlo de la siguiente manera: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aleje el inversor de la antena de TV lo más posible o alargue el cable de la antena de TV.</li> <li>2. Ajuste la dirección de colocación del inversor.</li> <li>3. Para garantizar que la intensidad de la señal, el suministro de antena al televisor sea lo suficientemente fuerte, utilice un buen efecto de blindaje y un cable de antena de buena calidad.</li> <li>4. Cuando mire televisión, no haga funcionar equipos ni herramientas eléctricos de alta potencia.</li> <li>5. No hay forma de eliminar por completo las interferencias de algún televisor antiguo.</li> </ol>

## PARÁMETROS TÉCNICOS

Potencia	Voltaje de entrada	Corriente de entrada	Tensión de salida	Frecuencia de salida	Potencia nominal de salida	Potencia de salida instantánea
200W	10,8V-14,4V	20 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	200W	400W
300W	10,8V-14,4V	30 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	300W	600W
400W	10,8V-14,4V	40 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	400W	800W
500W	10,8V-14,4V	50 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	500W	1000W
600W	10,8V-14,4V	60 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	600W	1200W
700W	10,8V-14,4V	70 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	700W	1400W
800W	10,8V-14,4V	80 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	800W	1600W
1000W	10,8V-14,4V	100 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	1000W	2000W
1200W	10,8V-14,4V	120 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	1200W	2400W
1500W	10,8V-14,4V	150 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	1500W	3000W
2000W	10,8V-14,4V	200 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	2000W	4000W
3000W	10,8V-14,4V	300 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	3000W	6000W
4000W	10,8V-14,4V	400 A	110V/220V±5%	60Hz/50Hz±5%	4000W	8000W

## 6. FUNCIONES DE PROTECCIÓN PRINCIPALES

1. Protección de conexión inversa
2. Protección contra sobretensión de la batería
3. Protección de batería bajo voltaje
4. Protección contra sobrecalentamiento
5. Protección contra sobrecarga
6. Protección contra cortocircuitos



## Batería

### Resumen de rango

La excepcional tecnología EON<sup>®</sup> de EnerSys<sup>®</sup> amplía aún más el liderazgo técnico de PowerSafe<sup>®</sup> SBS<sup>®</sup> Baterías: las celdas y monobloques con tecnología PowerSafe SBS EON no solo conservan los beneficios típicamente asociados con la tecnología de plomo puro de placa fina de EnerSys (larga vida útil, alta densidad de energía, vida útil superior, etc.), sino que también ofrecen un rendimiento cíclico excepcional tanto en flotación como en batería. Aplicaciones de carga rápida, incluso en los entornos operativos más calurosos y hostiles.



La especificación de la tecnología PowerSafe SBS EON también hace que el SBS B14 - 3900 sea adecuado para UPS a gran escala y aplicaciones de almacenamiento de energía fuera de la red.

La gama de baterías PowerSafe SBS EON Technology está disponible en dos configuraciones: los diseños de terminal frontal SBS B14 - SBS 210F que hacen que la instalación e inspección sean rápidas y sencillas y la serie SBS 320 - 3900 que ofrece capacidades líderes en la industria (hasta 3900Ah) en OPzV. Tamaños de contenedores DIN.

Para obtener energía y potencia superiores, alto rendimiento y confiabilidad comprobada, no hay sustituto para las baterías con tecnología PowerSafe SBS EON.

## Construcción

- Placas positivas: rejillas de plomo puro fabricadas mediante un proceso único
- Placas negativas: proporcionan un equilibrio perfecto con las placas positivas para garantizar una eficiencia de recombinación óptima.
- Separadores: separadores de estera de vidrio microporoso de calidad superior con alta absorción y estabilidad
- Recipientes y tapas: material retardante de llama con clasificación UL94 V-0, altamente resistente a golpes y vibraciones.
- Electrolito: ácido sulfúrico diluido de alta calidad absorbido en el material del separador.
- Diseño de terminal: diseño de sello de terminal probado, de alta integridad y resistente a fugas
- Válvulas de alivio de presión autorregulables - impedir la entrada de oxígeno atmosférico
- Supresores de llamas: integrados en cada bloque/celda para una mayor seguridad operativa

## Instalación y operación

- Diseñado para funcionar en aplicaciones flotantes tradicionales y aplicaciones cíclicas/híbridas
- PowerSafe®SBS®Las baterías están diseñadas para usarse en gabinetes o soportes, cerca del punto de uso. No se requiere una sala de baterías separada
- Tecnología SBS EON®Los modelos se pueden montar en cualquier orientación excepto invertida. En aplicaciones cíclicas/híbridas, EnerSys®Se recomienda instalar las celdas SBS 320 - 3900 en orientación horizontal.
- Vida útil de hasta dos años (20 °C)
- Bajo mantenimiento: no requiere adición de agua
- Amplio rango de temperatura de funcionamiento: - 40°C a +50°C

## Estándares

- Diseñado para cumplir con IEC 60896/21 y 22
- Clasificado como "Muy Larga Vida" (>12 años) según guía Eurobat
- Componente reconocido por UL
- Las baterías deben instalarse de acuerdo con la norma IEC 62485-2 y las regulaciones locales/nacionales.
- Clasificado como batería no derramable y aprobado como carga no peligrosa para transporte terrestre, marítimo y aéreo de acuerdo con los requisitos de ADR/RID, IMDG e IATA respectivamente.
- Los sistemas de gestión que rigen la fabricación de los productos PowerSafe SBS B14 - SBS 3900 cuentan con las certificaciones ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001.

## Especificaciones generales

Batería Tipo	Nominal Voltaje (V)	Capacidad nominal (Ah)		Dimensiones nominales (mm)			Típico Peso (Kg)	Cortocircuito Actual (A) <sub>1)</sub>	Interno Resistencia (mΩ) <sub>1)</sub>	Terminales
		tarifa de 10 horas a 1,80 Vpc @ 20°C	tarifa de 8 horas a 1,75 Vpc @ 77°F	Longitud	Ancho	Altura (sobre aislamiento)				
SBS B14	12	62	62	280	97	264	19.1	1800	7.0	2x M8 H
SBS B14F	12	62	62	303	97	264	19.1	1800	7.0	2xM6M
SB C11 <sup>(2)</sup>	12	92	91	395	105	264	28.0	2300	5.5	2x M8 H
SBS C11F <sup>(2)</sup>	12	92	91	417	105	256	28.0	2300	5.5	2xM6M
SBS 100 <sup>(2)</sup>	12	100	100	395	108	288	32,6	2210	5.6	2x M8 H
SBS 100F <sup>(2)</sup>	12	100	100	395	108	288	32,6	2210	5.6	2xM6M
SBS 150F <sup>(2)</sup>	12	151	156	561	125	283	49.0	3330	3.8	2xM6M
SBS 170F <sup>(2)</sup>	12	170	170	561	125	283	52,5	3500	3.5	2xM6M
SBS 190F <sup>(2)</sup>	12	190	190	561	125	316	60.0	3990	3.2	2xM6M
SBS 210F <sup>(2)</sup>	12	205	206	560	126	330	63.0	3850	3.25	2xM6M
SBS 320	2	320	320	103	206	403	20.0	6320	0,33	2x M10 H
SBS 400	2	400	400	124	206	403	24.0	7320	0,28	2x M10 H
SBS 480	2	480	480	145	206	403	28.0	8050	0,25	2x M10 H
SBS 580	2	580	580	124	206	520	33.0	7470	0,28	2x M10 H
SBS 680	2	680	680	145	206	520	38,5	8800	0,24	2x M10 H
SBS 780	2	780	780	166	206	520	44.0	9000	0,23	2x M10 H
SBS 900	2	900	900	145	206	695	50.0	8110	0,26	2x M10 H
SBS 970	2	970	970	145	206	695	56,5	9100	0,23	2x M10 H
SBS 1200	2	1260	1260	210	191	695	78.0	11300	0,19	4xM10F
SBS 1500	2	1560	1560	210	233	695	93,5	14100	0,15	4xM10F
SBS 1800	2	1870	1870	210	275	695	112	16900	0,12	4xM10F
SBS 2700	2	2700	2700	212	397	820	163	25300	0,08	6 x M10 H
SBS 3100	2	3100	3100	212	487	820	190	29100	0,07	8xM10F
SBS 3900	2	3900	3900	212	576	820	239	36600	0,06	8xM10F

Notas:

<sup>1)</sup>Cifras obtenidas mediante el método IEC.

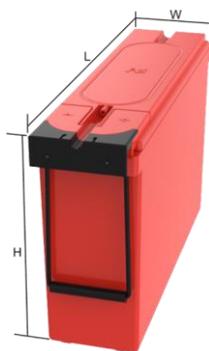
<sup>2)</sup>Con asas integrales o de cuerda.

## Dibujos de contorno

**SBS B14 y SBS C11**



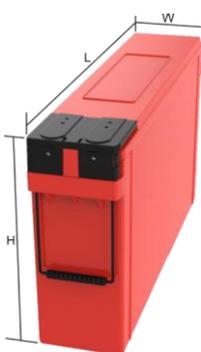
**SBS B14F y SBS C11F**



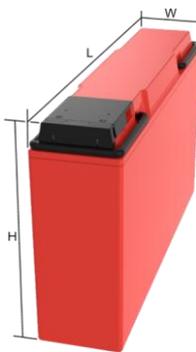
**SBS 100 y SBS 100F**



**SBS150F, SBS170F y SBS190F**



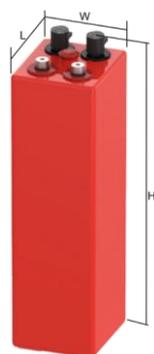
**SBS 210F**



**SBS 320 a SBS 970**



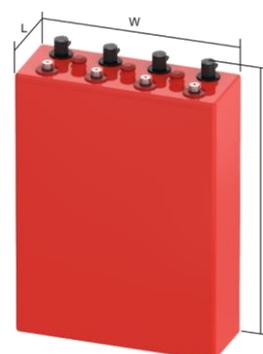
**SBS 1200, SBS 1500 y SBS 1800**



**SBS 2700**



**SBS 3100 y SBS 3900**



**ANEXO K: HOJA DE DATOS DEL CONTROLADOR DE CARGA**

<b>MODELO</b>	<b>KEEPER 1220</b>	<b>KEEPER 1230</b>	<b>KEEPER 1240</b>
Corriente de carga nominal.	20A	30A	40 A
Tensión nominal del sistema.	12V/24V Detección automática.		
Rango de voltaje de la batería.	8~32V		
Voltaje Abierto máximo del módulo fotovoltaico.	60V	75V	100V
Máx. Potencia de entrada: Para sistema de 12V. Para sistema de 24V.	260W 520W	390W 780W	520W 1040W
Tipo de batería.	Predeterminado de usuario, Sellado, Inundado, GEL, LiFeP04		
Tensión de carga ecualizada.	Batería de plomo ácido con tarifa de mantenimiento: 14,6 V; GEL: No; Batería inundada de plomo ácido: 14,8		
Tensión de carga de absorción.	Batería de plomo ácido con tarifa de mantenimiento: 14,4 V; Gel: 14,2; Batería inundada de plomo ácido: 14,6		
Tensión de carga flotante.	Batería de plomo-ácido con tarifa de mantenimiento, GEL, batería inundada de plomo ácido: 13,8		
Reconexión de bajo voltaje (LVR).	Batería de plomo-ácido con tarifa de mantenimiento, GEL, batería inundada de plomo ácido: 12,6		
Desconexión por baja tensión (LVD).	Batería de plomo-ácido con tarifa de mantenimiento, GEL, batería inundada de plomo ácido: 10,8		
Pérdida estática.	≤9,2mA 12V; ≤11,7mA 24V		
Desconexión por alta tensión (HVD).	16V (24V x 2)		
Duración de la carga de absorción.	2 horas		
Tensión de control de luz.	5V		
Caída de tensión del circuito de carga.	≤0,29V		
Temperatura LCD.	-20°C~+70°C		
Temperatura de funcionamiento.	-20°C~+55°C (Para funcionar a máxima corriente nominal de forma continua)		
Humedad de trabajo	≤95%, SIN condensación		
clase de protección	IP30		
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto) mm.	123x178x48	133x195x55	150x220x67
Tamaño del orificio de instalación (Largo x Ancho) mm.	108x120Ø5	116x140Ø5	132x130Ø5

## FALLAS COMUNES

CAUSA	CORRECCIÓN
El panel solar está desconectado	Compruebe si la conexión de la entrada solar es correcta y el contacto es fiable.
<ol style="list-style-type: none"><li>1. El voltaje de la batería es menor a 8V.</li><li>2. El voltaje del panel solar es menor que el voltaje de la batería.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Verifique que el voltaje de la batería. El controlador arrancará solo si el voltaje de la batería es superior a 8V.</li><li>2. El voltaje del panel solar debe ser mayor que el voltaje de la batería.</li></ol>
Sobredescarga de batería.	La salida de carga se apaga automáticamente y se recupera cuando la electricidad de la batería es suficiente.
Sobrevoltaje de a batería de almacenamiento.	Verifique si el voltaje de la batería supera el voltaje y vuelva a conectar el panel solar.
Sobrecarga.	Revise la carga o verifique la conexión de la carga.
Exceso de temperatura.	Haga que el controlador se enfríe y reinicie la carga automáticamente.
La corriente de carga del panel solar es demasiado grande.	Verifique la potencia del panel solar y reduzca la cantidad de paneles solares en paralelo; reiniciar después de 2 minutos.
El controlador de muestra LVD.	La batería esta sobredescargada, verifique el diseño del sistema sea razonable o no, hay capacidad de descarga mayor que capacidad de carga.
El controlador de muestra HWO	El voltaje de la batería es alto, corte el panel solar y vea si el voltaje baja normalmente, si la falla aún existe, luego corte la batería y vuelva a conectarla.
El controlador de muestra OCP Protección contra sobrecorriente.	La carga es un cortocircuito o una sobrecarga o una sobretensión alta. Verifique que los cables de carga tengan un cortocircuito, que la potencia de la carga esté por encima del diseño nominal, que la sobretensión de la carga sea demasiado alta.

## ANEXO L: PROPIEDADES DEL ACERO GALVANIZADO A568 CS



### ACERO ESTRUCTURAL

ACERO ASTM A-568/A-568M  
(Láminas Rectangulares  
Galvanizadas- Esmaltadas)



**1. Descripción:** Estos aceros presentan un campo de aplicaciones muy amplio. Además de satisfacer los requisitos de las normas americanas., también cumplen muchas de las especificaciones analíticas incluidas en las normas europeas. Estos materiales pueden ser utilizados en diferentes áreas, que van desde la embutición profunda y la construcción, a las aplicaciones habituales para los aceros con alto contenido en carbono

El recubrimiento de Zinc permite fabricar un producto con la más alta calidad en términos de recubrimiento y superficie, cumpliendo con las normas ASTM-A653. La Lámina Galvanizada es idónea para una gran variedad de usos: línea blanca, aires acondicionados, sistemas de entrepisos, paredes y techos, soportería, ductería, tubos flexibles, industria automotriz, entre otros.

**2. Normas involucradas:** ASTM A 568/A568M-07

**3. Propiedades mecánicas:** Esfuerzo a la fluencia mínimo: 180 MPa  
Esfuerzo a la tensión: 320 MPa.  
Elongación mínima en 50 mm (2"): 28%

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.85 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>)

**5. Propiedades químicas:** 0.020 – 0.100 % C  
0.15 – 0.50 % Mn  
0.03 % Si máx  
0.03 % P máx  
0.03 % S máx  
0.15 % Cr máx

**6. Usos:** Para componentes estructurales en general.

#### NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

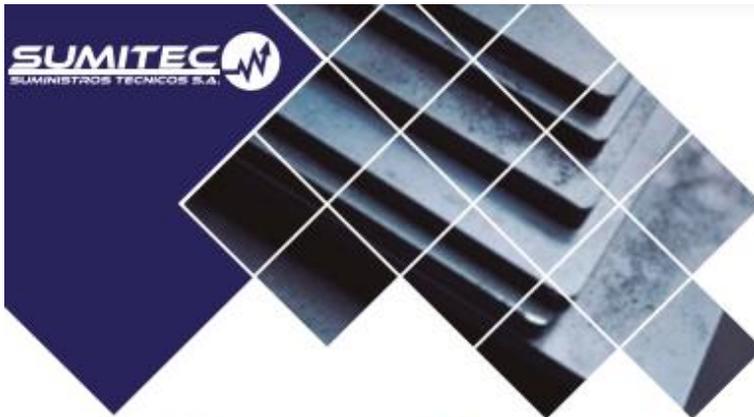
(506) 2591-7514 ☎

(506) 2551- 4169 🖨

info.clientes@sumitecrr.com ✉



## ANEXO M: PROPIEDADES DEL ACERO ASTM A36



### ACERO ESTRUCTURAL ACERO ASTM A36



**1. Descripción:** Acero al carbono estructural conocido como hierro negro, de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas.

**2. Normas involucradas:** ASTM A 36/A 36M - 04

**3. Propiedades mecánicas:** Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI)  
Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI)  
Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%  
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.85 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>)

**5. Propiedades químicas:** 0.25 – 0.29 % C  
0.60 – 1.20 % Mn  
0.15 – 0.40 % Si  
0.04 % P máx  
0.05 % S máx

**6. Usos:** Para componentes estructurales en general.

**7. Tratamientos térmicos:** Usualmente a este material no se le da tratamiento térmico debido a que son parte estructural. Puede ser cementado para aumentar la dureza superficial mientras mantiene su núcleo tenaz.

**NOTA:**

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

(506) 2591-7514 

(506) 2551-4169 

[info.clientes@sumiteccr.com](mailto:info.clientes@sumiteccr.com) 

