



**DISEÑO DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA REALIZAR PRUEBAS DE  
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

**FREDY HERNANDO MENDOZA CALDERÓN**

Código 21131418770

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

Facultad de Ingeniería Electrónica, Mecánica y Biomédica

Programa de Ingeniería Electromecánica

Ibagué, Tolima

2022

**DISEÑO DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA REALIZAR PRUEBAS DE  
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

**Fredy Hernando Mendoza Calderón**

Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título de  
**Ingeniero Electromecánico**

Director:

MSc. Luis Fernando Pesca Angulo

Línea de Investigación:

Generación de Energía

Grupo de Investigación:

Research in Energy and Materials (REM)

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO**

Facultad de Ingeniería Electrónica, Mecánica y Biomédica

Programa de Ingeniería Electromecánica

Ibagué, Tolima

2022

## NOTA DE ACEPTACIÓN

*El presente Trabajo de Grado titulado “Diseño de banco didáctico para realizar pruebas de energía solar fotovoltaica”, presentado por el Estudiante Fredy Hernando Mendoza Calderón cumple con los requisitos para optar por el título de Ingeniero Electromecánico*

---

Firma del Tutor

---

Firma Jurado

---

Firma Jurado

Ibagué, Tolima

## Contenido

Resumen.....	5
Abstract.....	7
Introducción.....	8
1. Antecedentes.....	10
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Descripción del problema.....	13
1.3 Justificación.....	13
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo general.....	14
1.4.2 Objetivos específicos.....	14
1.5 Alcance.....	14
2. Marco Teórico.....	16
2.1 Efecto fotoeléctrico.....	17
2.1.1 Formulación matemática.....	21
2.1.2 Efecto fotoeléctrico con luz poli cromática.....	22
2.1.3 Efecto fotoeléctrico en la actualidad.....	22
2.2 Sistema Fotovoltaico.....	23
2.2.1 Sistemas Fotovoltaicos aislados de la red.....	23
2.2.2 Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red.....	24
2.2.3 Funcionamiento de un Sistema Fotovoltaico.....	25
2.2.4 Partes del Sistema del Entrenador Fotovoltaico.....	26
2.3 Celdas solares.....	27
2.3.1 Celdas monocristalinas.....	27
2.3.2 Celdas policristalinas.....	27
2.3.3 Celdas amorfas.....	27
2.3.4 Curvas características de la célula solar.....	30
2.3.5 Conexionado en serie y paralelo de celdas solares.....	31
2.3.6 Características Físicas y Eléctricas de las Celdas solares.....	32
2.4 Acumulador.....	33
2.4.1 Tipos de Baterías.....	34
2.4.2 Baterías conectadas en serie.....	35
2.4.3 Baterías conectadas en Paralelo.....	35
2.4.4 Características de las baterías.....	36
2.5 Regulador.....	38
2.5.1 Características Físicas de un Regulador.....	40
2.5.2 Características eléctricas.....	41
2.6 Inversor.....	41
2.6.1 Características de los inversores.....	42
2.6.2 Recogida de datos de funcionamiento.....	44
2.6.3 Características y propiedades.....	44
2.6.4 Accesorios – Caja de conexiones del generador fotovoltaico.....	46
2.7 Disponibilidad de la Energía Solar en Ibagué – Tolima.....	47
2.7.1 Características Climáticas en Ibagué-Tolima.....	49
2.7.2 Información climatológica general.....	49
2.8 Instituciones de apoyo financiero y técnico.....	52

3.	Marco Legal.....	53
3.1	Ley de las Energías Renovables en Colombia.....	53
4	Diseño Del Banco Fotovoltaico.....	54
4.1	Diseño Eléctrico.....	54
4.1.1	Selección de componentes del Banco.....	54
4.1.2	Ecuaciones para el dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.....	54
4.1.3	Selección de Paneles.....	56
4.1.4	Selección de Regulador:.....	58
4.1.5	Selección de Baterías.....	58
4.1.6	Selección del Inversor.....	59
4.1.7	Selección de las protecciones.....	59
4.2	Diseño de Bocetos del Banco Didáctico.....	61
4.3	Cálculo de la inclinación del panel.....	63
4.4	Diseño Mecánico del Banco Didáctico.....	64
4.4.1	Materiales y métodos.....	65
4.4.2	Base del Mecanismo.....	65
4.4.3	Canasta o Base soporte del panel.....	66
4.4.4	Soporte de fijación.....	67
4.4.5	Tornillo.....	68
4.4.6	Riel de soporte del panel.....	68
4.5	Análisis Estático en Software Solidworks.....	69
	RESULTADOS.....	71
	CONCLUSIONES.....	77
	BIBLIOGRAFIA.....	79
	GUIAS DE LABORATORIO BANCO DIDACTICO PARA REALIZAR PRUEBAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	112
	GUIAS DE MANTENIMIENTO DE UN MODULO FOTOVOLTAICO.....	130

## Lista de Figuras

Figura 1. Entrenador fotovoltaico.....	9
Figura 2. Niveles de Radiación en Colombia .....	17
Figura 3. Funcionamiento del efecto fotoeléctrico .....	18
Figura 4. Naturaleza ondulatoria de la luz .....	18
Figura 5. Modelo atómico enlace covalente Silicio.....	19
Figura 6 Espectro Solar.....	20
Figura 7. Longitud de onda.....	20
Figura 8. Sistema Aislado de Red.....	23
Figura 9. Sistema Conectado a la Red. ....	25
Figura 10. Funcionamiento Sistema Fotovoltaico .....	26
Figura 11. Partes del Sistema Fotovoltaico.....	26
Figura 12. Partes de un panel solar fotovoltaico.....	28
Figura 13. Curva I-V de la Célula Solar .....	30
Figura 14. Curva P-V de la Célula Solar .....	31
Figura 15. Influencia de la temperatura en las curvas características.....	32
Figura 16. Ejemplo de Acumulador Fotovoltaico.....	34
Figura 17. Batería Conectada en Serie.....	35
Figura 18. Batería Conectada en Paralelo.....	36
Figura 19. Modelo de Regulador en una instalación fotovoltaica. ....	38
Figura 20. Regulador tipo serie.....	39
Figura 21. Principio de un regulador Shunt.....	40
Figura 22. Inversor.....	41
Figura 23. Curvas de rendimiento de diferentes tipos de inversores .....	43
Figura 24. Tipos de cables y conductores.....	46
Figura 25. Convenciones de Radiación Global Horizonte Medio Diario Anual en Ibagué.....	48
Figura 26. Ubicación del Centro Meteorológico en Ibagué-Tolima (Aeródromo Perales) .....	49
Figura 27. Niveles de precipitación en la ciudad de Ibagué – Tolima.....	50
Figura 28. Promedio mensual de Radiación global en Ibagué.....	51
Figura 29. Boceto 1.....	61
Figura 30. Dibujo CAD Boceto 2 en SolidWorks. ....	62
Figura 31. Plano Fotovoltaico.....	62
Figura 32. Dibujo CAD unifilar Banco Didáctico.....	63

Figura 33. Cálculo de distancias para los ángulos de inclinación.....	64
Figura 34. Estructura metálica del panel.....	66
Figura 35. Base soporte del panel .....	67
Figura 36. Pata soporte y acercamiento del corte extruido .....	67
Figura 37. Tornillo .....	68
Figura 38. Riel soporte panel .....	68
Figura 39. Soporte giratorio.....	69
Figura 40. Analisis Estático del Panel solar.....	69
Figura 41. Análisis estático de la estructura.....	70
Figura 42. Análisis estático del Riel de Soporte .....	70

## Lista de tablas

Tabla 1. Medición de Tensión de Batería en Reposo y en Estado de Carga .....	37
Tabla 2. Potencia características y propiedades de los inversores de acuerdo a la potencia .....	44
Tabla 3. Potencia características y propiedades de los inversores de acuerdo a la Tensión .....	45
Tabla 4. Potencia características y propiedades de los inversores de acuerdo a la Corriente .....	45
Tabla 5. Niveles de Precipitación y Climatología General en la Ciudad de Ibagué – Tolima.....	51
Tabla 6. Fondos e instituciones de apoyo financiero y técnico en Colombia. ....	52
Tabla 7. Cuadro de Cargas.....	56



## Lista de Anexos

Anexo 1. Plano Estructura Banco De Prueba.....	85
Anexo 2. Plano Soporte Giratorio.....	86
Anexo 3. Plano 2 Soporte Giratorio.....	87
Anexo 4. Plano Riel.....	88
Anexo 5. Plano Tapa Tablero.....	89
Anexo 6. Plano Caja Tablero.....	90
Anexo 7. Plano Llanta.....	91
Anexo 8. Características Del Panel Seleccionado Para El Diseño.....	95
Anexo 9. Batería Solar 150AH De GEL 12V SUNBATT.....	96
Anexo 10. Controlador Carga 10A PWM 12-24 LCD.....	97
Anexo 11. Cable Unifilar 6 mm <sup>2</sup> Solar PV ZZ-F Rojo.....	98
Anexo 12. Cable Unifilar 6 mm <sup>2</sup> Solar PV ZZ-F Rojo.....	99
Anexo 13. Cable Unifilar 10 mm <sup>2</sup> Solar PV ZZ-F Rojo.....	100
Anexo 14. Fusible 10A 500V 10x38.....	101
Anexo 15. Portafusible 1000VDC 10x38 Suntime.....	102
Anexo 16. DPS Solar 600VDC 20KVA 2 POLOS FEEO.....	103
Anexo 17. Breaker DC 2P 550VDC 16A Suntime.....	104
Anexo 18. Tablero Sobreponer 6 Polos.....	105
Anexo 19. Conector Solar O Mc4.....	106
Anexo 20. Terminales De Ojo.....	108
Anexo 21. Electrodo 6013 3/32 HOFFMAN ARC.....	109
Anexo 22. Angulo de Hierro 1 x 3/16.....	110
Anexo 23. Abrazaderas.....	111

## Lista de símbolos

Parámetros		Unidades
$q$	Carga del electrón	C
$\alpha$	Coefficiente de absorción	$cm^{-1}$
$k$	Constante de Boltzman	J/K
$I$	Corriente	A
$I_B, I_C, I_E$	Corrientes de Base, Colector y Emisor	A
$I_{C0}$	Corriente de fugas del colector	A
$I_{E0}$	Corriente de fugas del emisor	A
$I_L$	Corriente fotogenerada	A
$I_m$	Corriente del punto de máxima potencia	A
$I_D$	Corriente a través del diodo	A
$J_{SC}$	Densidad de corriente de cortocircuito	$A/cm^2$
$J_{01}, J_{02}$	Densidad de corriente inversa de saturación	$A/cm^2$
$\eta$	Eficiencia de la célula solar	%
$\gamma$	Eficiencia de inyección del emisor	-
$E_g$	Energía del gap	eV
$FF$	Factor de forma	%
$F_s$	Factor de sombra	%
$\alpha_T$	Factor de transporte	-
$m$	Factor de idealidad	-
$\beta_C$	Ganancia de colector	-
$\beta_E$	Ganancia de emisor	-
$L$	Longitud de difusión de portadores	$\mu m$
$\lambda$	Longitud de onda	nm
$P_m$	Potencia máxima	mW
$P_{sol}$	Irradiancia del Sol	$mW/cm^2$
$R_p$	Resistencia Paralelo	$\Omega$
$R_s$	Resistencia Serie	$\Omega$
$T$	Temperatura de la unión	K

$V$	Tensión	V
$V_{oc}$	Tensión de circuito abierto	V
$V_m$	Tensión del punto de máxima potencia	V

### Lista de acrónimos

AlAs	Arseniuro de aluminio
GaAs	Arseniuro de galio
AlGaAs	Arseniuro de galio-aluminio
BC	Banda de Conducción
BV	Banda de Valencia
3T-HBTSC	Célula de Tres Terminales de tipo Transistor Bipolar de Heterounión
SCPI	Comando Estándar para los Instrumentos Programables
MBE	Crecimiento epitaxial por haces moleculares
EQE	Eficiencia Cuántica Externa
IQE	Eficiencia Cuántica Interna
IES	Instituto de Energía Solar
AM	Masa de Aire
e-h	Par electrón-hueco
OCP	Protección contra la Sobre-Corriente
OVP	Protección contra la Sobre-Tensión
Si	Silicio
BJT	Transistor Bipolar de Heterounión
SMU	Unidad de Medida de Fuente

## *Dedicatoria*

*Es muy grato para mí dedicar este Proyecto de Grado a mis PADRES, quienes se han esforzado por darme la educación y cuidados necesarios para formarme como persona, como hijo como profesional, que no ahorraron esfuerzos para ver en mi la realización de sus sueños como persona útil a la sociedad, a ellos ya que sin su apoyo y valor para sobrellevar las dificultades no sería posible que estos resultados se dieran.*

*También quiero dedicarlo a mi Tutor. Ing. Luis Fernando Pesca, por su paciencia, dedicación y esfuerzo*

*A mis PADRES, MAESTROS y COMPAÑEROS, quiero agradecer el apoyo la enseñanza de que he sido objeto, al tiempo que puedo decirles que no los defraudaré ni como hijo, ni como alumno ni como profesional, ya que llevaré orgullosamente y con la frente en alto el compromiso que estoy adquiriendo.*

*A todos ellos de nuevo: **GRACIAS.***

***Fredy Hernando Mendoza Calderón***

## ***Agradecimientos***

*A Dios, por permitirme cumplir con otra meta de mi vida, sin El no habría podido culminar mis estudios.*

*“A mis docentes y en especial a mi tutor Ing. Luis Fernando Pesca por su ayuda, paciencia y dedicación. Agradezco también a toda mi familia por darme ánimo durante este proceso. A mis amigos de toda la vida que me acompañan desde siempre.”*

***Fredy Hernando Mendoza Calderón***

## **Resumen**

Las energías renovables es hoy en día una de las opciones más viables económica, tecnológica y ambientalmente a la hora de renovar la matriz energética. En la actualidad en el país la necesidad de implementar este tipo de sistemas es muy grande. En este marco y en vista de que la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué, no cuenta con una plataforma de pruebas para implementar estas prácticas por medio de laboratorios, ya que se han realizado a través de diversas aplicaciones con base en hojas de Excel, se realiza esta propuesta de diseño con sus correspondientes guías de laboratorio para realizar pruebas de energía solar fotovoltaica con el fin de comprender los fenómenos físicos que ocurren en ellos. Para lograr este objetivo, este banco se diseñó de modo que fuera flexible y funcional y para que pudiera adaptarse fácilmente a los diferentes tipos de ajustes que requiere la práctica tales como: diferentes voltajes, corrientes, cambios en el orden de conexión y variables de tipo de ángulo de incidencia solar. Para ello se llevó a cabo la evaluación con respecto a dimensiones del panel solar fotovoltaico para determinar que elementos se adaptarían de una manera adecuada a las necesidades de nuestro panel y luego se realizó una simulación por medio de SolidWorks, correspondiente al análisis de esfuerzo estático. Este diseño incurre de una manera importante en el desarrollo intelectual de los estudiantes de tal manera que ellos mismos puedan visualizar como es el modo operativo y funcional de las conexiones que pueden probar con esta energía solar ya que el lugar de todos los procedimientos en un escenario que permite la facilidad para la experimentación de proyectos de gran desarrollo y de otras nuevas tecnologías en un entorno más seguro.

**Palabras clave:** Banco Didáctico, energía solar, Fotovoltaico.

## **Abstract**

Renewable energies are today one of the most economically, technologically and environmentally viable options for renewing the energy matrix. Currently in the country the need to implement this type of systems is very great. In this framework and in view of the fact that the Antonio Nariño University, Ibagué, does not have a testing platform to implement these practices through laboratories, since they have been done through various applications based on Excel sheets, this design proposal is made with its corresponding laboratory guides for testing solar photovoltaic energy in order to understand the physical phenomena that occur in them. To achieve this objective, this bench was designed to be flexible and functional and to be easily adaptable to the different types of adjustments required by the practices such as: different voltages, currents, changes in the order of connection and solar incidence angle type variables. For this purpose, an evaluation was carried out with respect to the dimensions of the solar photovoltaic panel to determine which elements would adapt adequately to the needs of our panel and then a simulation was performed using SolidWorks, corresponding to the static stress analysis. This design incurs in an important way in the intellectual development of the students in such a way that they themselves can visualize how is the operational and functional mode of the solar energy installations, and their performance, since the test bench is a scenario that allows the facility for the experimentation of projects of great development and other new technologies in a safer environment.

Keywords: Didactic bench, solar energy, photovoltaic.

## Introducción

Hoy en día se observa una situación compleja en la cual la integridad del planeta se está viendo afectada por las repentinas variaciones climáticas y varias de los bienes por denorminarlos de algún modo que nos brinda la naturaleza son limitados y su constante uso desmedido y sin ninguna clase de control sobre estos, no resulta mucha garantía para nuestra tierra ya que esto conlleva a múltiples deterioros ambientales y conflictos económicos.

Es por este motivo que nace la idea de utilizar las energías renovables ya que es la mejor alternativa para el reemplazo de energías compatibles a que pueden estar en una contaminación en el medio ambiente de los cuales son muy concentrados por estos combustibles que provocan gases tóxicos y hace que se realice un cambio en el clima

Hace tiempo que se tiene que sabe que sobre todo es experimentar el principio de nuevos métodos y herramientas en la reacción de generaciones de energías solares fotovoltaicas, para comprender mejor los procesos y productos involucrados.

Es por esta razón que este trabajo se centró en estudiar el diseño de instalaciones fotovoltaicas y se transforma en un diseño para poder realizar estudios prácticos de energías solares basados en pruebas de laboratorios y experimentos los cuales serán dirigidos a estudiantes de Ingeniería de la Universidad Antonio Nariño, con el fin de realizar algunas conexiones de los principales rendimientos en los paneles monocristalinos y condiciones de completos resultados.

Es por este motivo que se ha propuesto un banco versátil y funcional el cual se pueda adaptar las completas consecuencias que se presentan en las primeras contundencias que suelen de tener incidencias solares o paneles requisitos con distintas propiedades.



Esta variedad de experimentos permite realizar instalaciones fotovoltaicas en las cuales se puede ver reflejada la condición real y su efecto sobre los parámetros a medir. La Figura 1 muestra un tipo de entrenador didáctico para pruebas de sistemas fotovoltaicos.

*Figura 1. Entrenador fotovoltaico*



Fuente: Autor

Desde esta perspectiva técnica, se visualizan los elementos que deben integrar un banco didáctico para pruebas de energía solar fotovoltaica, permitiendo el control y evaluación de variables en cuanto a energía eléctrica, acceder y comprender el fenómeno mediante la experimentación y contrastación con la teoría.

## 1. Antecedentes

Los bancos de prueba ofrecen la manera de demostración transparente, rigurosa y con repetición de teoremas científicos compendios de computación y demás tecnologías que, en el caso de la energía solar, facilita la vivencia de quienes estudian el fenómeno de las energías renovables como parte de la electromecánica.

La energía solar fotovoltaica comprende la energía lograda al transformar los rayos solares en corriente eléctrica mediante métodos fundados en el resultado fotovoltaico. Es una energía limpia, infinita y que no contamina pudiéndose producir en infraestructuras conformadas por generadores pequeños o inclusive grandes centrales fotovoltaicas.

La mencionada infraestructura, es empleada de manera importante en varios países a nivel mundial, para desplazar a los combustibles fósiles que son altamente contaminantes. Señala el World Bank Group <sup>1</sup>, el valor como tal de la producción de energía solar se ha reducido de una manera acelerada. En algunos países, el costo de la fotovoltaica ya es más bajo que el del carbón y el gas.

La incursión en el mercado ha facilitado la reducción en estos costos. Las técnicas de uso bien establecidas por parte de las administraciones gubernamentales, las estructuras, así como instituciones transparentes y algunos tipos de metodología de adquisición competitivos, incluida la licitación competitiva, han ayudado a reducir el riesgo y abrir todo el mercado. En ciertos países, se ha visto la necesidad de generar algún tipo de avales o en su defecto algún tipo de apoyo

---

<sup>1</sup> World Bank Group. (2017, diciembre 5). Energía solar. World Bank; World Bank Group. <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/11/29/solar>

financiero preferencial en los primeros periodos de expansión del mercado. El Grupo del Banco Mundial indica que el interés de los clientes por la energía solar ha ido en aumento debido a una fuerte caída de los costos en los últimos años. World Bank específicamente, explica Celsia<sup>2</sup> en Colombia “las estadísticas de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), evidencian que, de las iniciativas radicadas, el 88,3% tienen que ver con energía solar, en donde 9 de cada 10 recomendaciones para generar energía se podrán utilizar paneles solares. Lo que representa un crecimiento del 32% de julio a noviembre de 2017”

En este sentido, es necesario el desarrollo de personal en la energía solar fotovoltaica, capaz de mejorar instalaciones o infraestructuras a nivel de diseño o mantenimiento. Para lo cual es favorable la praxis mediante bancos de prueba.

En otro orden de ideas, los grandes centrales fotovoltaicos, se conectan a la red implicando el uso de tres aspectos fundamentales, paneles fotovoltaicos, inversores y transformadores por generadores pequeños, no se encuentran conectadas a la red y, constituyen islas que integran además de los tres elementos mencionados, batería que fungen como almacenamiento de la energía generada por los paneles solares, mientras los reguladores protegen a la batería de sobrecargas.

Es de resaltar que, en los paneles fotovoltaicos, se usa un material semiconductor llamado celdas o células fotovoltaicas, cuya constitución podría ser silicio mono cristalino, poli cristalino o amorfo rico, así como otros de semi-conducción de superficie delgada. Tomando la radiación de la luz y transformándola en energía eléctrica.

---

<sup>2</sup> Celsia, 2019

Mientras, los primeros contextos que permiten la conversión de la insuficiencia directa ocasionada por los paneles a corriente alterna, para luego mediante los transformadores lograr los voltajes empleados en la red eléctrica.

Desde esta perspectiva técnica, se visualizan los elementos que deben integrar un banco didáctico para pruebas de energía solar fotovoltaica permitiendo el control y evaluación de variables en cuanto a energía eléctrica, accediendo y comprender el fenómeno mediante la experimentación y contrastación con la teoría.

### **1.1 Planteamiento del problema**

Actualmente la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué, no cuenta con un banco didáctico de pruebas que permita la práctica mediante laboratorios y ensayos a los estudiantes de diferentes ramas de la Ingeniería en general, es por esta razón que se ve la importancia de realizar el diseño de un contenido didáctico de manifestaciones que impliquen de guía al desarrollo académico de los aprendices.

Ello, representa un impacto negativo sobre el logro del perfil del egresado "... Desarrollar y conducir experimentos y analizar datos, para extraer conclusiones con criterio ingenieril..."<sup>3</sup> a su vez ello conlleva al egreso de un profesional con desventajas competitivas en el ámbito de la energía solar fotovoltaica.

---

<sup>3</sup> Universidad Antonio Nariño, 2022 p.1

## **1.2 Descripción del problema**

Actualmente la facultad de ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica sede Ibagué en su programa de energías no cuenta con instrumentos que aporten el desarrollo de conocimientos afines a energías alternativas, es por esta razón que se crea la necesidad de realizar el diseño de laboratorios que nos pueden servir de gran ayuda para el crecimiento de estos alumnos que se están especializando en ingeniería

Actualmente estas prácticas se llevan a cabo por medio de varias aplicaciones basados en hojas de Cálculo, los estudiantes con el propósito de tener un conocimiento más amplio en esta materia hacen notoria la necesidad de comprender mejor el modo de operar de cada uno de los elementos a resultado completos puede decir y tener en cuenta los principios que resultan estos casos de ingeniería lo cual se puede tratar para muchos resultados y de un entorno real de trabajo de acuerdo a los paneles solares y fotovoltaicos que se presentan atraes de mediciones

## **1.3 Justificación.**

En función de lo planteado en el problema, se hace necesario emprender la presente investigación para satisfacer de manera práctica y contemporánea la ausencia de un banco didáctico y las correspondientes guías de laboratorio para realizar pruebas de energía solar fotovoltaica y comprender los fenómenos físicos que suceden en la transformación fotovoltaica. De manera que, los estudiantes de ingeniería de la Universidad Antonio Nariño, puedan desarrollar sus habilidades en este ámbito del saber, logrando resultados competitivos en el mercado laboral y con mayor capacidad de afrontar el desarrollo del sistema productivo nacional.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar un banco didáctico y las correspondientes guías de laboratorio para realizar pruebas de energía solar fotovoltaica y comprender los fenómenos físicos que suceden en la transformación fotovoltaica.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Definir los aspectos conceptuales y teóricos necesarios para el diseño del módulo didáctico y las guías correspondientes.
- Diseñar y seleccionar los diferentes elementos constitutivos del banco didáctico
- Elaborar las guías de laboratorio que se pueden realizar en el módulo al igual que manuales de operación y mantenimiento

## **1.5 Alcance**

Para los efectos del estudio, diseñar un banco didáctico para realizar pruebas de energía solar fotovoltaica y sus correspondientes guías de laboratorio, se aspira “Aplicar el diseño electromecánico para producir soluciones tecnológicas que resuelvan problemas y consideren el contexto social, económico y ambiental”<sup>4</sup> manejando para ello, conocimientos asociados al área de electricidad, específicamente energía solar fotovoltaica.

---

<sup>4</sup> Universidad Antonio Nariño, 2022 p.1

A su vez, dentro del conocimiento u áreas del saber se encuentra el manejo didáctico de una práctica de laboratorio a nivel universitario, concretamente en Ingeniería Electromecánica.

Por otro lado, dentro de las limitaciones para realizar el estudio se encuentran las longitudinales por el tiempo, correspondientes al periodo necesario para cumplir con los requisitos de grado, en este sentido se contará con 8 meses para la elaboración del anteproyecto y 4 meses hacia el desarrollo del proyecto.

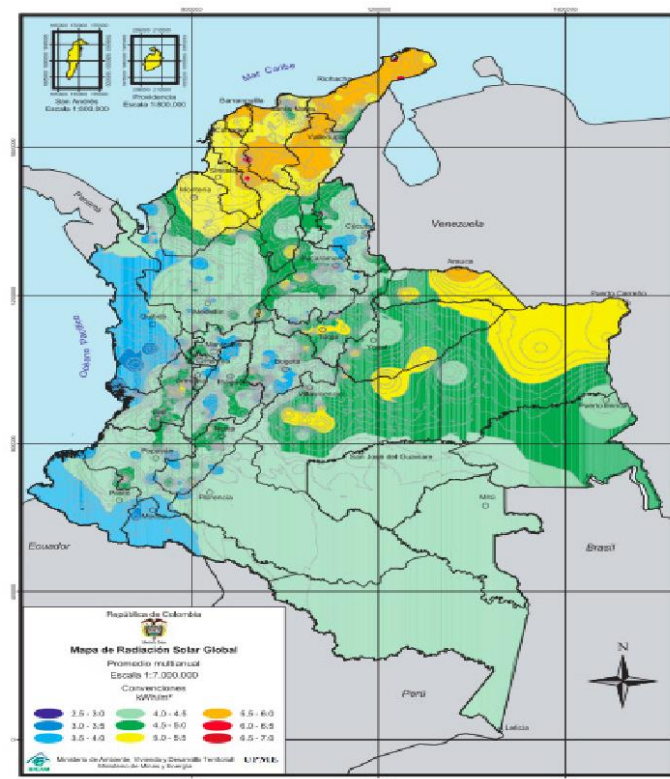
## 2. Marco Teórico

Como primera medida, es necesario mencionar algunos conceptos o términos con el propósito de profundizar más a fondo sobre el significado de Sistemas Fotovoltaicos, en primer lugar, tenemos que señalar que esta clase de energía es una de las principales fuentes de suministro energético para el consumo tanto de familias como para empresas, ya que esto contribuye en beneficio del medio ambiente, de igual manera hay que tener en cuenta otros factores como son el cambio climático el cual nos muestra los niveles de radiación en Colombia ya que de esto dependen recursos que se utilizan como son: lo que son el sol, viento, y aguas suplemente muy importantes

Esta energía solar es la clase de energía más pura la cual es utilizada tanto a nivel doméstico como industrial. Colombia por su ubicación geográfica posee altos niveles de radiación solar durante todo el año (véase figura 2) lo que permite lograr elevadas eficiencias en los sistemas fotovoltaicos, con ello se hace un aporte significativo en la reducción de los agentes que ocasionan el efecto invernadero cuando se genera energía de forma tradicional utilizando combustibles fósiles.



Figura 2. Niveles de Radiación en Colombia

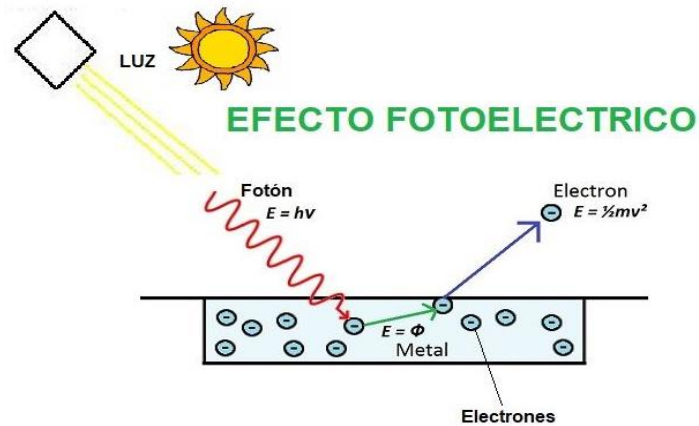


Fuente: IDEAM. Recuperado de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-de-radiacion-solar-global-Para-estudiar-la-disponibilidad-del-recurso\\_fig1\\_304781953](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-de-radiacion-solar-global-Para-estudiar-la-disponibilidad-del-recurso_fig1_304781953)

## 2.1 Efecto fotoeléctrico

El efecto fotoeléctrico es cuando la luz (radiación electromagnética) incide sobre un metal, los átomos del metal desprenden o emiten electrones, los cuales son liberados de la absorción de los átomos. Los componentes que irradian electrones al atraer la onda electromagnética de la luz se denominan “emisores de luz” y son todos metales. El efecto fotoeléctrico podría ser una manera de producir corriente eléctrica porque la luz mueve electrones, como se muestra en la Figura 3. Cómo funciona el efecto fotoeléctrico.

Figura 3. Funcionamiento del efecto fotoeléctrico

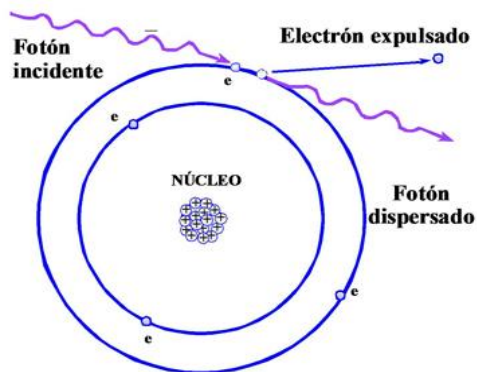


Fuente: ÁREA TECNOLOGÍA. Recuperado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>

La luz se compone de innumerables partículas muy pequeñas, sin masa, pero de alta energía denominadas “fotones”. Cuando éstos se acercan al metal con la luz, chocan con uno de los electrones del átomo del metal, y si el fotón tiene suficiente energía esta energía se transfiere al electrón y se libera de su última capa, es decir liberará el átomo del metal o lo repele.

Los electrones más cercanos al núcleo están bastante unidos a él y poseen muy baja energía.

Figura 4. Naturaleza ondulatoria de la luz

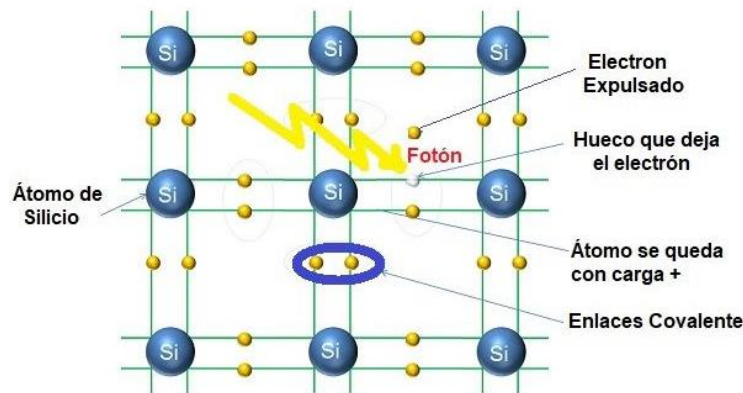


Fuente: RINCÓN EDUCATIVO.ORG. Recuperado de: <https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/arthur-compton-descubridor-del-efecto-que-lleva-su-nombre-que-confirma-que-la>

Estos electrones son los que repelen o liberan fotones cuando se acercan a un metal y se denominan “electrones de valencia” debido a que son materiales los cuales forman enlaces con otros átomos que se encuentren próximos. Los electrones de valencia de un átomo metálico siempre están enlazados a otros electrones de otro átomo metálico próximo por medio de enlaces covalentes.

Si un fotón repele un electrón de un átomo, de igual manera desintegra el enlace covalente que tiene, y deja un hueco en el enlace. Esto se llama un par electrón hueco. Cada vez que se libera un electrón aparece un hueco en el átomo, tal y como se ve en la figura 5.

Figura 5. Modelo atómico enlace covalente Silicio.



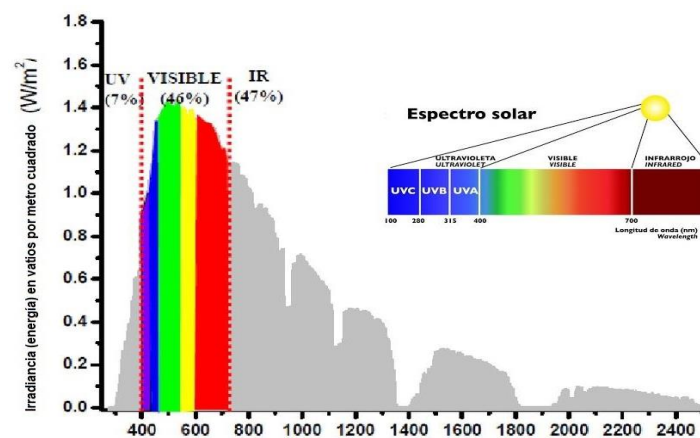
Fuente: ÁREA TECNOLOGÍA. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>

Los electrones y los huecos se forman cuando la materia luminosa de su interior se mueve aleatoriamente, y cada vez que un electrón encuentra un vacío, lo agarra y libera la energía que el fotón había adquirido previamente (calor). Esto se llama recombinación de pares electrón-hueco. Llamamos energía de enlace de una sustancia las energías se forman de manera requiera y forman los pares de electrón-hueco

Llamamos energía de enlace de una sustancia a la energía de primeros resultados que se muestra los primeros resultados contenidos por parte de los resultados de electrón-hueco

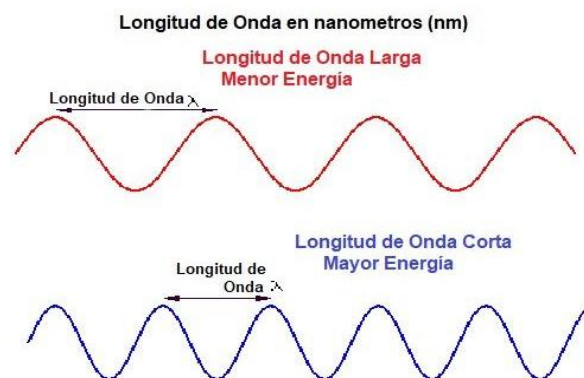
Para cada tipo de componente, esta energía es estable y continuamente es la misma. Diferente energía de fotones correspondientes a diferentes longitudes de onda conforma lo que se conoce como el “espectro electromagnético solar” o “espectro de luz”.

Figura 6 Espectro Solar



Fuente: ÁREA TECNOLOGÍA. Recuperado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>

Figura 7. Longitud de onda



Fuente: ÁREA TECNOLOGÍA. Recuperado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>

Como se puede observar en las figuras 5 y 6, la luz con longitudes de onda entre 400 y 700 nanómetros es luz visible, y otras luces no pueden ser visualizadas a simple vista por un ser humano como la infrarroja o la ultravioleta, lo cual no quiere decir que no posean energía.

El estudio del efecto fotoeléctrico supuso importantes avances en la comprensión de las formas cuánticas de la luz y los electrones, e influyó en el desarrollo de la idea de dualidad onda-partícula (onda encapsulada en ondas), se compone de partículas, fotones para explicar la energía de la luz.

### 2.1.1 Formulación matemática

Con el fin de estudiar el efecto fotoeléctrico de una manera cuantitativa se utiliza el método que se deriva por Einstein para el cual es indispensable proponer la siguiente ecuación:

Potencia de un fotón extraído = Energía principal para soltar 1 electrón + potencia cinética del electrón comprimido.

Algebra principal:

$$hf = hf_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

Que puede resultar de escribirse como:

$$hf = \Phi + E_K$$

es  $h$  es la constante de Planck  $f_0$  es la fuerza de corte o frecuencia escasa de los fotones para que mantenga lugar el efecto fotoeléctrico,  $\Phi$  es la obligación de un trabajo o mínima energía que es

necesaria para sobre llevar un electrón del nivel de Fermi al exterior del material y  $E_k$  es la potencia más grande de energía cinética de los electrones que se mantiene vigilada experimentalmente.

### 2.1.2 Efecto fotoeléctrico con luz poli cromática

Esta relación se realiza una potencia realizada, pero no para un grupo de frecuencias incidentes continuas que se puede presentar unos de las conexiones principales. hay que tener en cuenta que el número de conexiones emitidos por un efecto negro se supondrá que esta clase de un componente es una fuente de reacción electromagnética- por cantidad de volumen espacial y por unidad de constancia es:

$$N(\omega) d\omega = \frac{\omega^2}{\pi^2 C^3} \frac{d\omega}{b^{\hbar\omega} / kBT - 1}$$

Debido a que las conexiones que tiene estos cambiles principales de que todos se antojen a lo invito de los fotones y frecuencias umbrales que se tienen en la obligación de efectos fotoeléctrico son:

$$\int_{\omega}^{\infty} \int_V N(\omega) \hbar\omega d\omega dV = \int_V N(\omega) \frac{\vec{p}^2}{2m} d\omega dV + \int_{\omega}^{\infty} \int_V N(\omega) \phi_0 d\omega dV$$

### 2.1.3 Efecto fotoeléctrico en la actualidad.

El resultado fotovoltaico es la base de la producción de energía eléctrica por radiación solar y del aprovechamiento energético de la energía solar. Este es utilizado para la fabricación de células utilizadas en los detectores de incendios en calderas en grandes centrales térmicas y baterías

utilizadas en efectos fantásticos de las cámaras digitales son los principios en fotodiodos, como los que se compresen en fotovoltaica, vidrios electrónicos o motores. Actualmente, el material fotosensible más utilizado además de los materiales fotosensibles derivados del cobre (que son menos comunes en estos días) es el silicio que tiene los casos de filáticas por lo que se mantiene generando muchas corrientes electromagnéticas y se puede resultar uno de los pedidos organizados por parte del principio conectados. Las partículas cargadas se repelen entre sí, saliendo de la superficie y formando una fina atmósfera.

## **2.2 Sistema Fotovoltaico**

Un sistema fotovoltaico es todo el dispositivo utilizado para beneficiarse de la energía solar y convertirlo en corriente. Estos conjuntos se fundamentan en la magnitud de las células fotovoltaicas para convertir la luz solar en energía eléctrica.

Si este está acoplado a algún tipo de suministro eléctrico, esta energía se convierte en corriente alterna por medio de la utilización de un inversor y finalmente se utiliza en la industria o en los hogares, razón por la cual su uso principal proviene de allí. Los sistemas de generación solar fotovoltaica se pueden clasificar en sistemas aislados y sistemas conectados a la red.

### **2.2.1 Sistemas Fotovoltaicos aislados de la red.**

Es un sistema de producción de energía eléctrica que proporciona la energía proveniente del sol suficiente para la realización de sus actividades diarias sin ninguna interrupción a lo largo del día. El sistema no está conectado a la red, y, por lo tanto, solo suministra la energía del sol.

*Figura 8. Sistema Aislado de Red*



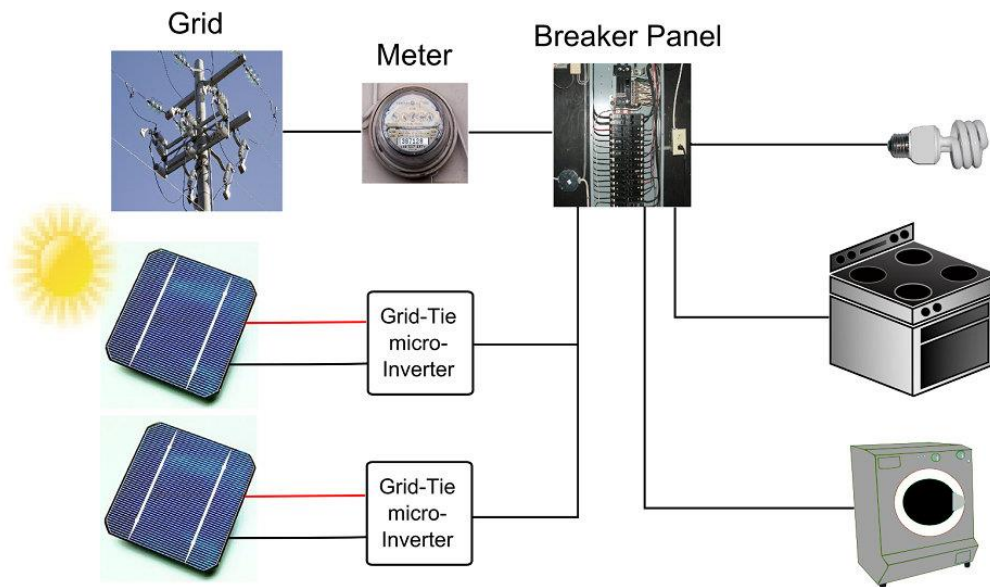
Fuente: CPM SOLAR. Recuperado de <https://cpmsolar.com/como-funciona-un-sistema-aislado/>

### 2.2.2 Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red

Una energía solar enlazado a las redes es un efecto fotovoltaico el cual funciona en conjunto con una red pública para generar energía a partir de paneles solares. El sistema consta de una red eléctrica, paneles solares, inversores de red y equipos de monitoreo. Por lo tanto, no se necesitan baterías.



Figura 9. Sistema Conectado a la Red.



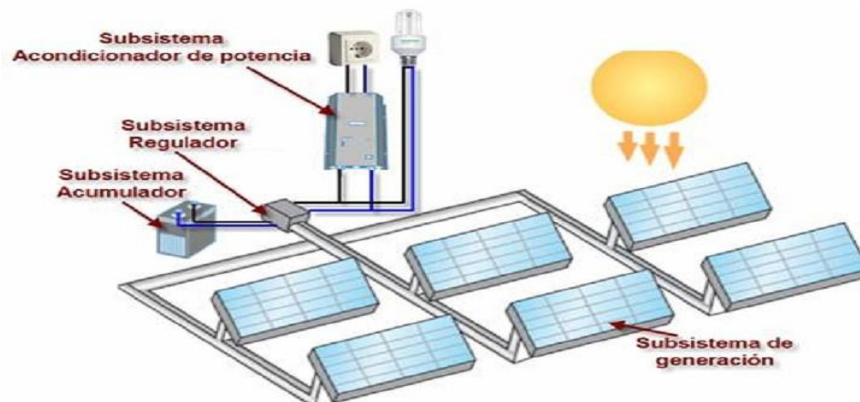
Fuente: HISOUR. Recuperado de <https://www.hisour.com/es/grid-connected-photovoltaic-power-system-39912/>

### 2.2.3 Funcionamiento de un Sistema Fotovoltaico

Esta energía, consiste en la concentración de luz solar en corriente magnética. El papel de los paneles fotovoltaicos consiste en capturar la luz solar con el fin de generar una corriente directa, la cual es conducida y utilizada para suministrar corriente a equipos eléctricos.

Esta energía producida se conduce por medio de un medidor el cual la mide. Pasado este proceso, prosigue hacia una fuente de distribución eléctrica, es posteriormente el que reparte directo a las redes de su mismo lugar. Durante este periodo en transformación la luz eléctrica cae sobre las células fotovoltaicas. El Panel solar utiliza elementos los cuales son semiconductores y atrae los fotones trasferidos en la luz solar para luego ser convertidos en electricidad.

Figura 10. Funcionamiento Sistema Fotovoltaico



Fuente: IKASTAOAK.ULHI.NET. EDU Recuperado de:  
<https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es IEA ISF05 Contenidos/website 1 tipologa y dimensionado de los sistemas fotovoltaicos.html>

## 2.2.4 Partes del Sistema del Entrenador Fotovoltaico

El equipo de laboratorio está conformado por partes comerciales para replicar las condiciones reales de operación de un sistema de este tipo. Como se puede apreciar en la Figura 11 se muestran las partes tanto físicas como del sistema eléctrico de sus componentes.

Figura 11. Partes del Sistema Fotovoltaico



Fuente: Autor

## **2.3 Celdas solares**

Es un equipo electrónico que se encarga de capturar la luz solar y convertirla en electricidad. Las células solares a menudo se agrupan para formar unidades más grandes conocidas como módulos solares, que se combinan con módulos más grandes conocidos como paneles solares.

### **2.3.1 Celdas monocristalinas**

Este tipo de modulo solar está fabricado a base de silicio, el cual se funde y seguidamente es solidificado en una barra.

Su principal característica se encuentra en su exterior, es decir con una tonalidad de color azul oscura, la cual se encuentra en la superficie del panel solar.

### **2.3.2 Celdas policristalinas**

Estas están construidas en silicio puro la cual tiene múltiples cristales y están cortados perfectamente en láminas.

La manera más fácil de identificar este tipo de celdas solares, es por su color azul cielo.

### **2.3.3 Celdas amorfas**

Poseen una gran flexibilidad en su composición lo cual facilita la adaptación y hace que la resistencia sea mayor en comparación con las policristalinas y las monocristalinas.

Este tipo de celda es la de menor costo de producir, y no son las más aptas para su uso en paneles solares, debido a que el aprovechamiento de energía es mínimo para cualquier proyecto

Figura 12. Partes de un panel solar fotovoltaico



Fuente: CAMBIO ENERGETICO. Recuperado de Fuente: <https://www.cambioenergetico.com/blog/generadores-solares/>

La luz está conformada de elementos muy pequeños los cuales se denominan circunstancias, un haz de los paneles solares pueden contener simples conexiones de miles y miles de conexiones. La unión con la celda solar captura estos fotones energéticos y los convierte es una corriente de electrones. Cada celda produce unos bajos voltios de electricidad.

Entonces, el papel de los paneles solares es fusionar la energía generada por varias celdas para formar un número útil de electricidad y corriente. La gran parte de las células magnética se

encuentran conformadas de silicio. (Uno de los primeros químicos más comunes en el planeta, se localiza en la arena).

Es entonces los primeros electrones que se encuentran a que mediante son los primeros fotones que se prestan en la energía contundentes lo que se encuentra en los sillicos que se encuentran los primeros circuitos de aparatos electrónicos se encuentran los primeros fotones de las conexiones que pueden forzados por la luz de sol.

### **Parámetros Fundamentales de la Célula Solar**

- **Corriente fotogenerada o fotocorriente:** es la corriente que circula por medio de dispositivos que son fotosensibles
- **Corriente de oscuridad:** es una corriente pequeña que surge por medio de dispositivos tales como un fotodiodo
- **Corriente neta:** es la suma de todas las corrientes.
- **Tensión de circuito abierto:** la variedad de una fuerza eléctrica que hay entre los terminales de un funcionamiento completo cuando se desconecta de su circuito abierto
- **Corriente de cortocircuito:** es el fallo en un completo o línea fuerte por medio de la cual la principal pasa de manera directa a la potencia activa.
- **Potencia máxima (PM):** es la cantidad que puede soportar una instalación eléctrica.
- **Factor de forma (FF):** relación que se encuentran entre la potencia de otra medida real que se puede entregar a la carga y el producto de la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito.

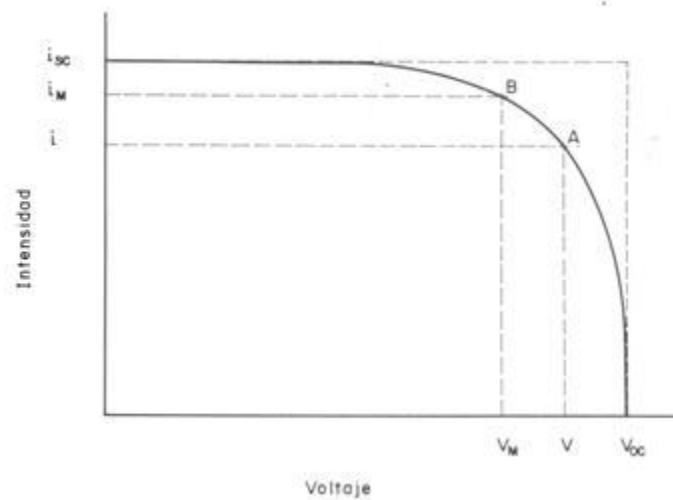
### 2.3.4 Curvas características de la célula solar

Con el fin de poder determinar cada célula fotovoltaica, hay dos curvas las cuales representan su funcionalidad en distintas situaciones tanto ambiental como funcionalidad, las cuales son: la curva I-V y la curva P-V.

- Curva I-V de la Célula Solar

Esta curva representa la corriente de la célula en el eje Y de la gráfica y la tensión de los terminales de la célula en el eje X. es decir, equivale a la actividad del dispositivo como productor de energía.

*Figura 13. Curva I-V de la Célula Solar*



Fuente: ENERGETIKA. Recuperado de <http://www.energetika.com.ar/Curva%20I-V.html>

- Curva P-V de la Célula Solar

En esta curva se muestra la potencia que genera un dispositivo en situación de tensión de una célula que esté en cada momento.

Figura 14. Curva P-V de la Célula Solar

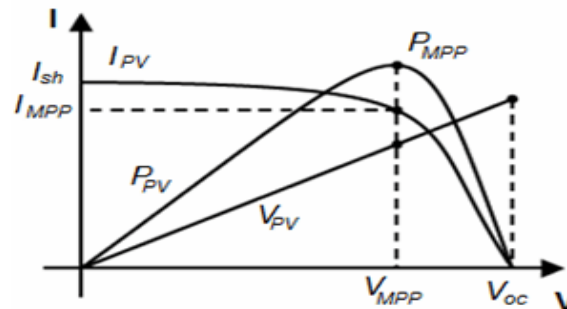


Fig. 2. Curva I-V de una celda fotovoltaica.  
Fuente: Ruiz C. Luis J. (2010)

Fuente: SCIELO. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012014000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000300007)

Para poder entender de una manera adecuada el funcionamiento de una célula solar, primero que todo se debe tener en consideración el resultado de la irradiación solar que hay por el área de ésta y también la temperatura del ambiente en la cual se sitúa la célula ya que esto afecta sobre la temperatura de acción

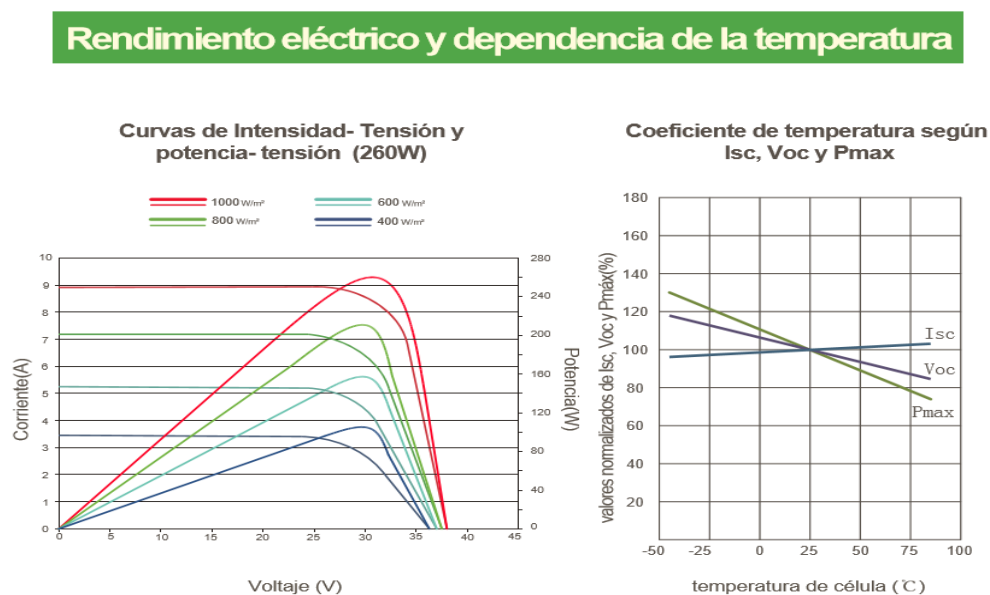
### 2.3.5 Conexión en serie y paralelo de celdas solares

Cuando hay un incremento de temperatura, se obtendrá un aumento de la fotocorriente de la celda ya que la banda prohibida en la celda se estrechará, y por lo tanto el dispositivo absorberá fotones de menor energía, por lo que debería ser útil para generar esta corriente. Dependiendo de

la tecnología de la celda, este efecto de temperatura será abrupto o más suave. Además, la temperatura afectará el voltaje de la celda, que es más pronunciado que el efecto anterior.

Otra medida que se puede afectar debido a la temperatura es el factor de forma (FF), el cual va a disminuir, aunque no de una manera muy notoria a temperaturas inferiores a los 200°C.

Figura 15. Influencia de la temperatura en las curvas características.



Fuente: CAMBIO ENERGETICO. Recuperado de <https://www.cambioenergetico.com/blog/influye-la-temperatura-rendimiento-placa-solar/>

### 2.3.6 Características Físicas y Eléctricas de las Celdas solares

A continuación, se describen las características físicas y eléctricas que se necesitan para llevar a cabo el diseño del banco didáctico.



### 2.3.6.1 Características físicas de una celda solar

La energía solar de 150W 12 V Poli cristalino es uno de los más fuertes de la gama de 12V muy usado para instalar viviendas de uso habitacional incorporando con él baterías y conexiones de carga. Está formado por características holocristalino. El cual ofrece garantías de rendimiento óptimas. Es un panel de 12V y 36 células.

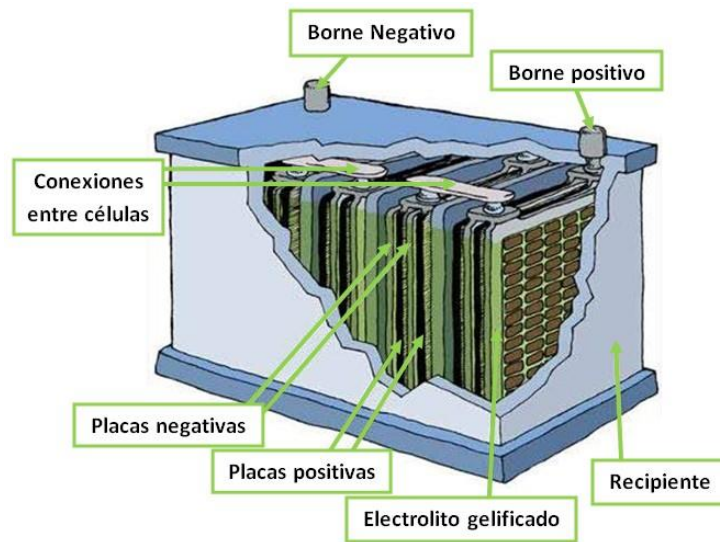
### 2.3.6.2 Características eléctricas.

- Potencia del Panel Solar: 150W
- Tipo de célula del panel solar: Policristalino
- Rigidez del Panel Solar: Rígido
- Dimensiones del Panel Solar: 1480 x 670 x 30 mm
- Tensión Máxima Potencia: 18,40 v
- Corriente en Cortocircuito ISC: 8.15 A
- Eficiencia del Módulo: 15.13%
- Amperios Máximos de Salida IMP: 8.75 A
- Tensión Circuito Abierto: 22.51V
- Voltaje de Trabajo del Panel Solar: 12V
- Peso del Panel Solar: 11Kg
- Marco del Panel Solar: Blanco y Gris.
- Garantía del panel: 25 años.

## 2.4 Acumulador

Un acumulador solar es un depósito en el que se almacena la energía solar obtenida durante el día. En el campo de la fotovoltaica, el equivalente a un acumulador sería una batería. Una batería es un mecanismo el cual es apto para transformar energía química en energía eléctrica.

Figura 16. Ejemplo de Acumulador Fotovoltaico.



Fuente: GENERATULUZ. Recuperado de <https://www.generatuluz.com/wp-content/uploads/2018/02/Partes-bater%C3%ADa-gel.jpg>

#### 2.4.1 Tipos de Baterías

- **Baterías Monoblock:**

Es idónea para ser usada en instalaciones fotovoltaicas aisladas

- **Baterías de Ciclo Profundo**

Posee un gran espacio para sobrellevar innumerables descargas sin disminuir su utilidad ni causar daño a la batería. Son las más utilizadas para instalaciones solares de consumo medio y utilización anual.

- **Baterías estacionarias:**

Son ideales para instalaciones que requieren un consumo diario de utilización y uso prolongado. Están conformadas por 6 vasos de 2 voltios cada uno, los cuales pueden acumular mucha energía.

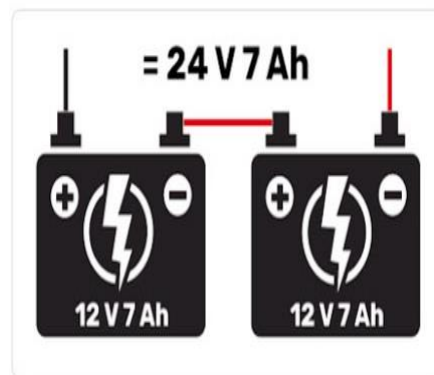
- **Baterías litio:**

Son pequeñas y son ligeras. Por lo que también pueden ser ubicadas en cualquier lugar y su carga es la más rápida. Se puede hacer una descarga completa sin que se vea afectada seriamente su utilidad. La desventaja de estas baterías es su elevado costo.

#### 2.4.2 Baterías conectadas en serie

La conexión es en serie cuando se conectan dos o más baterías con el propósito de incrementar el voltaje de las baterías de respaldo. Este incremento no incrementa la capacidad de los amperes sino solamente la del voltaje

*Figura 17. Batería Conectada en Serie*



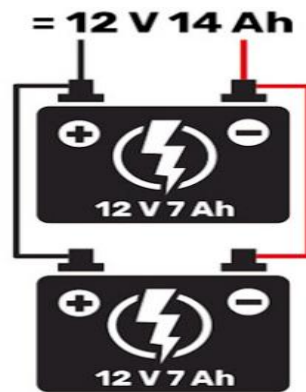
Fuente: SYSCOM. Recuperado de <https://www.syscomblog.com/2020/07/baterias-en-serie-o-en-paralelo.html>

#### 2.4.3 Baterías conectadas en Paralelo

Es cuando se conectan dos o más baterías con el propósito de incrementar la capacidad de Amperes-hora (Ah), con la diferencia de que en este caso el voltaje sigue siendo el mismo. Cuando se configuran las baterías de este modo ayuda a aumentar el tiempo en que las baterías suplan la

eficiencia de energía de un equipo; pero al ser de mayor capacidad en cuanto a los amperes-hora el tiempo de carga aumenta también.

*Figura 18. Batería Conectada en Paralelo*



Fuente: SYSCOM. Recuperado de <https://www.syscomblog.com/2020/07/baterias-en-serie-o-en-paralelo.html>

#### 2.4.4 Características de las baterías

La capacidad de batería se identifica con la siguiente fórmula:

$$C_{tn} = I_n \cdot t_\eta$$

La cual contiene corriente en un módulo de almacenamiento llamado comúnmente vaso el cual almacena la corriente durante un tiempo determinado en forma de consumo o descarga.

#### Estado de carga de la batería.

Se presenta del nivel expresado en porcentaje con referencia al valor a las compleja en la carga. En este tipo de instalaciones es complejo sacar u obtener un estado de carga por cuanto esta implica un cargue y descargue continuo.

### **Eficiencia de la batería.**

- **Factor de carga:**

Es la conexión existente en los Amperios se ingresan y los Amperios que salen de la batería. El ideal es 1

Pero realmente, el valor fluctúa entre 1,02 y 1,2

Su contrapuesto es la utilidad de carga la cual varía (entre 0,83 y 0,98)

- **Rendimiento energético:**

Es el vínculo existente entre la luz obtenida y la que se encuentra en Watts (entre 0,7 y 0,85 para cargas nuevas)

En la tabla 1 se observa la tensión en Reposo y en Estado de carga de las baterías para uso de Energía solar fotovoltaica

*Tabla 1. Medición de Tensión de Batería en Reposo y en Estado de Carga*

Densidad del electrolito en (g/cm <sup>3</sup> )	Tensión de reposo (v)	Estado de Carga
1,10	1,96	0%
1,13	1,99	20%
1,16	2,01	40%
1,20	2,05	60%
1,24	2,08	80%
1,28	2,12	100%

Fuente: INGEMECANICA.COM. Recuperado de [https://ingemecanica.com/cursos\\_online/objetos/fotovoltaica/2\\_Componentes.pdf pag.67](https://ingemecanica.com/cursos_online/objetos/fotovoltaica/2_Componentes.pdf pag.67)

#### **2.4.4.1 Características Físicas De Un Acumulador.**

Es una conexión de 12V 18Ah dispone de 6 conexiones de 2V dentro de ella. Es de contexto VRLA lo cual indica que se trata de un modelo que no requiere de mantenimiento. Es de ciclo profundo.

#### 2.4.4.2 Características eléctricas.

- Dimensiones de 181.5 x 77 x 167
- Peso aproximado: 5.5Kg
- Capacidad en C20: 20Ah
- Batería VRLA: Sin limpieza.
- Tecnología AGM con separador de vidrio absorbente entre las placas de plomo.

### 2.5 Regulador

El regulador de tensión tal y como se muestra en la figura 19 es un equipo cuya función es la de prevenir que la batería tenga sobrecargas de corriente y así mismo permite que la utilidad de la batería aumente. Hay dos clases de reguladores una que es tipo serie y de tipo shunt. La vida de la batería de cierto modo está en manos de la elección de un buen regulador.

*Figura 19. Modelo de Regulador en una instalación fotovoltaica.*



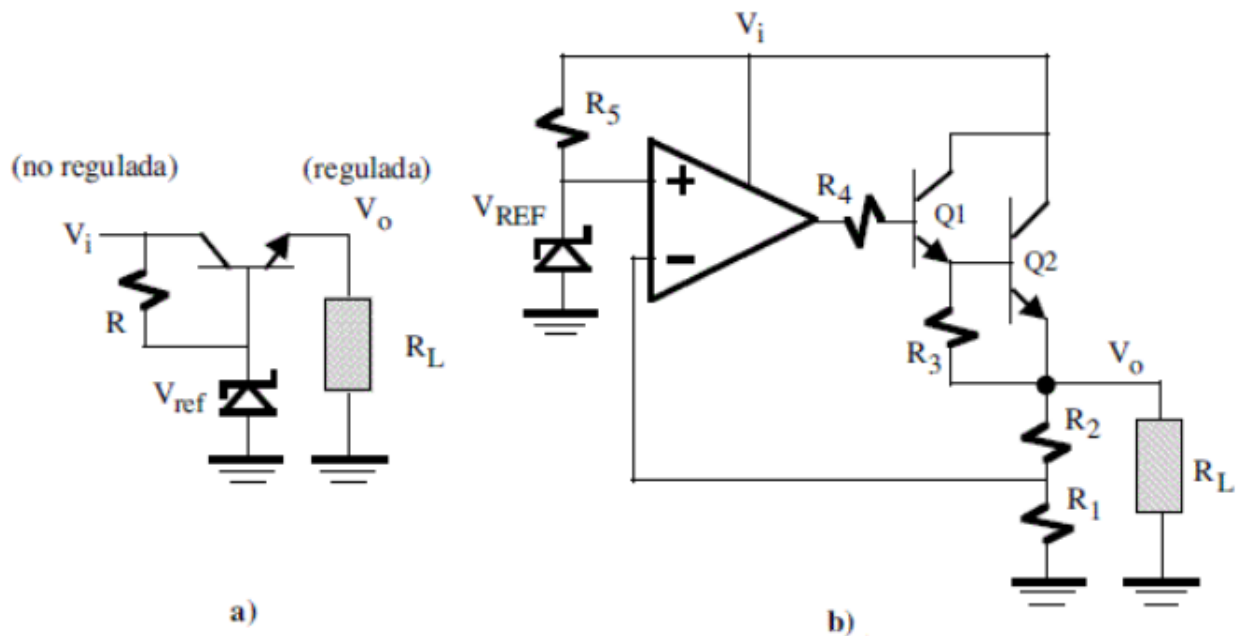
## Funciones del regulador

- Optimizar la carga de la batería
- Servir de protección contra una posible sobrecarga
- Prevenir que se descargue completamente
- Proteger la completa de una descarga
- Informar sobre el regulador de carga de la batería.

## Regulador Tipo Serie

Es conocido como regulador lineal, este se encarga de gestionar la fluctuación de posibles variaciones de corriente dentro de los niveles de voltaje en un dispositivo electrónico.

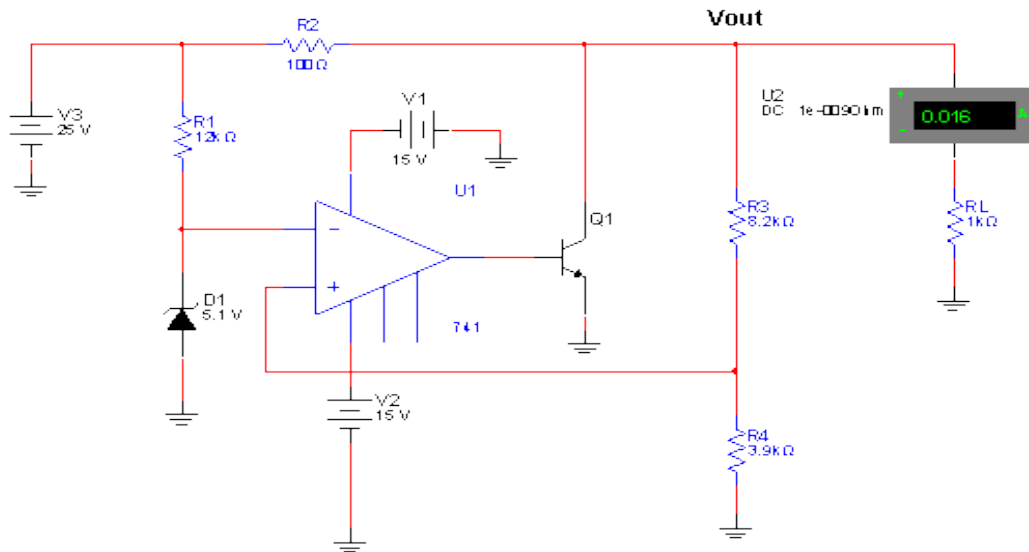
Figura 20. Regulador tipo serie



a) Regulador de tensión simple en serie. b) Regulador de tensión en serie basado en un OA.

El regulador shunt Figura 21, se encuentra conectado de una manera paralela la cual permite mudar la corriente comportándose de modo a resistencia variables y de esta manera mantiene la tensión en el circuito.

Figura 21. Principio de un regulador Shunt



Fuente: INSTITUTO NCB Recuperado de <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/circuitos-simulados/controles-e-drivers/4427-ne278>

### 2.5.1 Características Físicas de un Regulador

El controlador de carga 10A PWM 12V-24V, posee una pantalla tipo LCD por medio de la cual se puede ver de una manera práctica la información que suministre y a su vez se puede monitorear los parámetros de una instalación solar. Este tipo de controlador cuenta con protecciones de control y puestos de carga tipo USB



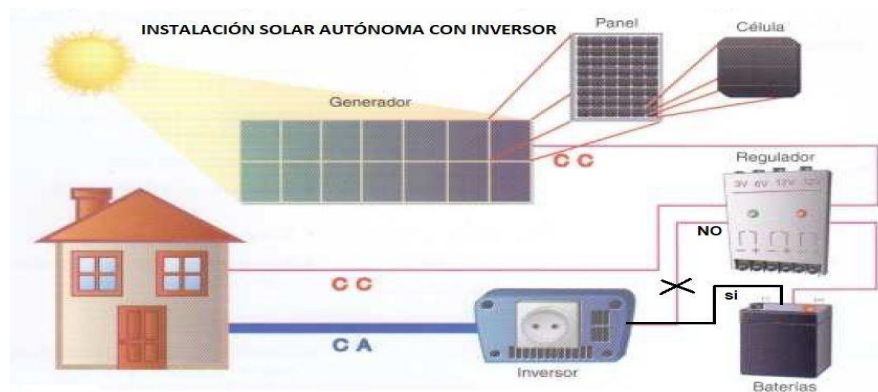
### 2.5.2 Características eléctricas

- Voltaje de Trabajo de Regulador: Compatible con instalaciones a 12V y 24V
- Voltaje de entrada permitido desde paneles: Igual o superior al voltaje en baterías.
- Amperios máximos de carga del Regulador: 10<sup>a</sup>
- Salida de Consumo en DC: 12V/24V

## 2.6 Inversor

Es un componente esencial de las instalaciones en conexión y estará conectado en la mayoría de las manifestaciones aisladas destinadas a la electrificación de viviendas. También es el implicado de transformar la energía continua en sistema. El esquema que se seguiría es el siguiente como se describe en la figura 22.

Figura 22. Inversor



Por norma general (se hace siempre) el inversor va conectado a la salida de las baterías y no al regulador de carga ya que el inversor normalmente supera con creces la intensidad de consumo que podría aguantar el regulador. Por este motivo también se llaman "Inversores de Baterías".

Fuente: AREA TECNOLOGIA. Recuperado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/inversor-fotovoltaico.html>

Se clasifican en dos grupos:

- Los utilizados en instalaciones conectadas a red
- Y para instalaciones fotovoltaicas aisladas

### 2.6.1 Características de los inversores

- **Rendimiento de transformación  $\eta_{tr}$**

El rendimiento se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\eta_{tr} = \frac{P_{nV}}{P_{FV}}$$

Donde:

$P_{inv}$  Potencia activa a la salida del inversor (W)

$P_{FV}$  Potencia a la salida del generador FV (W)

### Rendimiento del seguimiento $\eta_{seg}$

Con el fin de obtener la máxima potencia el inversor debe ser puesto en su punto óptimo y ser seguido de una manera automática. Su fórmula matemática es la siguiente:

$$\eta_{seg} = \frac{P_{FV}}{P_{PMP}}$$

Donde:

$P_{FV}$  Potencia a la salida del generador FV (W)

$P_{PMP}$  Potencia máxima del generador FV (W)

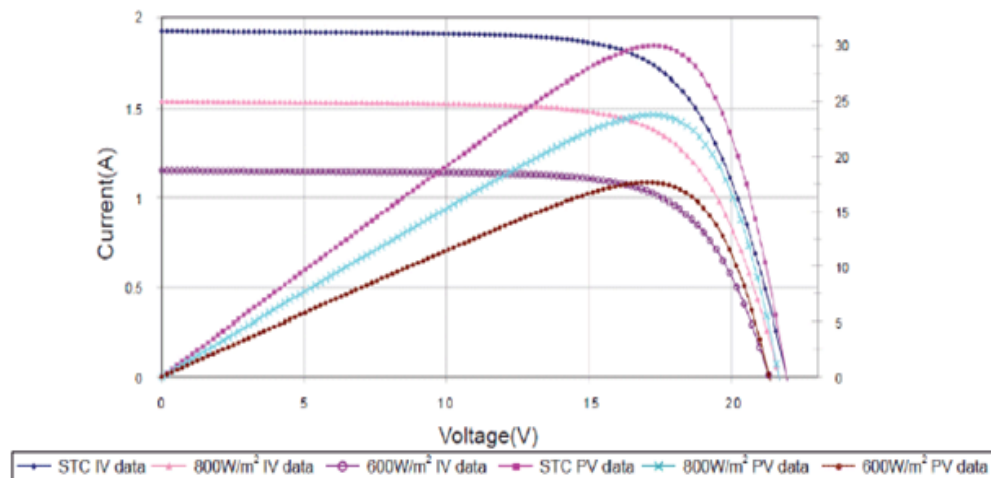
- **Rendimiento Estático  $\eta_{Inv}$**

Este rendimiento es proporcionado por el proveedor del inversor. Su rendimiento se calcula con base del producto de los completos resultantes de organización y el de continuar.

$$\eta_{Inv} = \eta_{tr} \cdot \eta_{seg}$$

En algunas ocasiones se suele dar el rendimiento máximo, el cual pertenece normalmente al entorno en el que el inventario funciona entre el 80% y el 50% de la fuerza

Figura 23. Curvas de rendimiento de diferentes tipos de inversores



Fuente: Recuperado de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312015000100006](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100006)

### 2.6.2 Recogida de datos de funcionamiento

Esta lectura de información se lee por medio de LEDs y/o también pueden analizarse a través de un PC. De esta manera la instalación puede ser supervisada y tener un análisis en tiempo real. Los datos sellados suelen ser:

- A la entrada: Tensión  $U_{cc}$ , corriente  $I_{cc}$  y potencia  $P_{cc}$
- A la salida: Tensión  $U_{ca}$ , Corriente  $I_{ca}$ , potencia  $P_{ca}$  y frecuencia  $f$ .
- Tiempo de funcionamiento del inversor,

### 2.6.3 Características y propiedades

En la tabla 2 se señalan las características magnitudes y descripción de los inversores más utilizada en sistemas fotovoltaicos.

*Tabla 2. Potencia características y propiedades de los inversores de acuerdo a la potencia*

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCION
<b>Potencias</b>			
Potencia nominal	$P_{n,inv}$	W	Potencia nominal del inversor
Potencia máxima en CA	$P_{CA,max}$	W	Potencia máxima que puede suministrar el inversor durante un tiempo determinado
Factor de potencia	$\cos \varphi$	W	Factor de potencia.
Potencia de arranque	$P_{arr}$	W	Potencia mínima requerida para el arranque del inversor
Potencia de parada	$P_{off}$	W	Potencia a la que se para el inversor
Potencia en stand-by	$P_{standby}$	W	Potencia que consume el inversor cuando está en espera y no suministra potencia alguna

Fuente: DOCPLAYER. Recuperado de <https://docplayer.es/15353016-Instalacion-solar-fotovoltaica.html>

Tabla 3. Potencia características y propiedades de los inversores de acuerdo a la Tensión

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCION
<b>Tensión</b>			
Tensión nominal en CC	$U_{n, cc}$	V	Tensión nominal de entrada al inversor
Rango de Tensiones de entrada con PMP			Rango de tensiones entre las que el inversor funciona como seguidor del punto de máxima potencia.
Tensión máxima a la entrada	$U_{max, e}$	V	Tensión máxima que admite el inversor a la entrada
Tensión mínima a la entrada	$U_{min, e}$	V	Tensión mínima que admite el inversor a la entrada
Tensión nominal en CA	$U_{n, CA}$	V	Tensión nominal a la salida del inversor (normalmente 230 V)

Fuente: DOCPLAYER. Recuperado de <https://docplayer.es/15353016-Instalacion-solar-fotovoltaica.html>

Tabla 4. Potencia características y propiedades de los inversores de acuerdo a la Corriente

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCION
<b>Corrientes</b>			
Corriente nominal	$U_{n, CA}$	A	Corriente nominal a la entrada del inversor
Corriente máxima a la entrada	$I_{max, e}$	A	Corriente máxima admisible a la entrada del inversor
Corriente nominal a la salida	$I_{n(inv)}$	A	Corriente nominal a la salida del inversor
Nivel de ruidos		dB(A)	Nivel acústico máximo
Rango de temperaturas	T	°C	Rango de temperaturas ambiente admisibles

Fuente: DOCPLAYER. Recuperado de <https://docplayer.es/15353016-Instalacion-solar-fotovoltaica.html>

Un inversor para ser usado en una instalación de energía solar fotovoltaica debe cumplir con los siguientes requisitos.

- Tener la posibilidad de brindar una corriente alterna y una frecuencia estable.
- Tener un rendimiento de transformación en el rango de potencias menores.
- Protección contra posibles sobrecargas o cortocircuitos.
- Compatibilidad electromagnética.

### 2.6.3.1 Características físicas

- Está equipado con un circuito de protección, proporciona un seguro de función de apagado automático, protección por sobrecarga, protección de entrada de alto y bajo voltaje.
- Circuito de arranque suave.
- Potencia instantánea de hasta 600W y eficiencia de hasta el 94%

### 2.6.3.2 Características eléctricas.

- Pico de potencia del inversor: 600W
- Voltaje de trabajo del inversor: 12V
- Eficiencia del inversor: Onda Senoidal Pura
- Peso del Inversor: 2.5Kg
- Dimensiones del inversor: 367 x 150 x 76 mm

## 2.6.4 Accesorios – Caja de conexiones del generador fotovoltaico.

Figura 24. Tipos de cables y conductores



Fuente: AREA TECNOLOGIA. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/cables-conductores.html>

## 2.7 Disponibilidad de la Energía Solar en Ibagué – Tolima

Por la posición geográfica en la cual se encuentra localizada Colombia, contribuye de una manera especial a que cuente con un gran potencial en cuanto a energía solar se refiere con respecto al resto de los demás países. Esta información evidencia una gran irradiación solar promedio bastante alta en todo el territorio. Esta fuente energética se encuentra principalmente en el Atlántico y la cuenca del Pacífico. En la actualidad existe un Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono para el país, el que está diseñado para poder ver y dar información sobre la disponibilidad de energía que cuenta dentro del país en terminología de radiación solar global.

Actualmente contamos con 550 estaciones automáticas satelitales y convenciones las cuales se encuentran en la extensión del país, el objetivo es el de realizar medias de brillo solar y también hacer mediciones en cuanto a humedad relativa y temperatura se refiere.

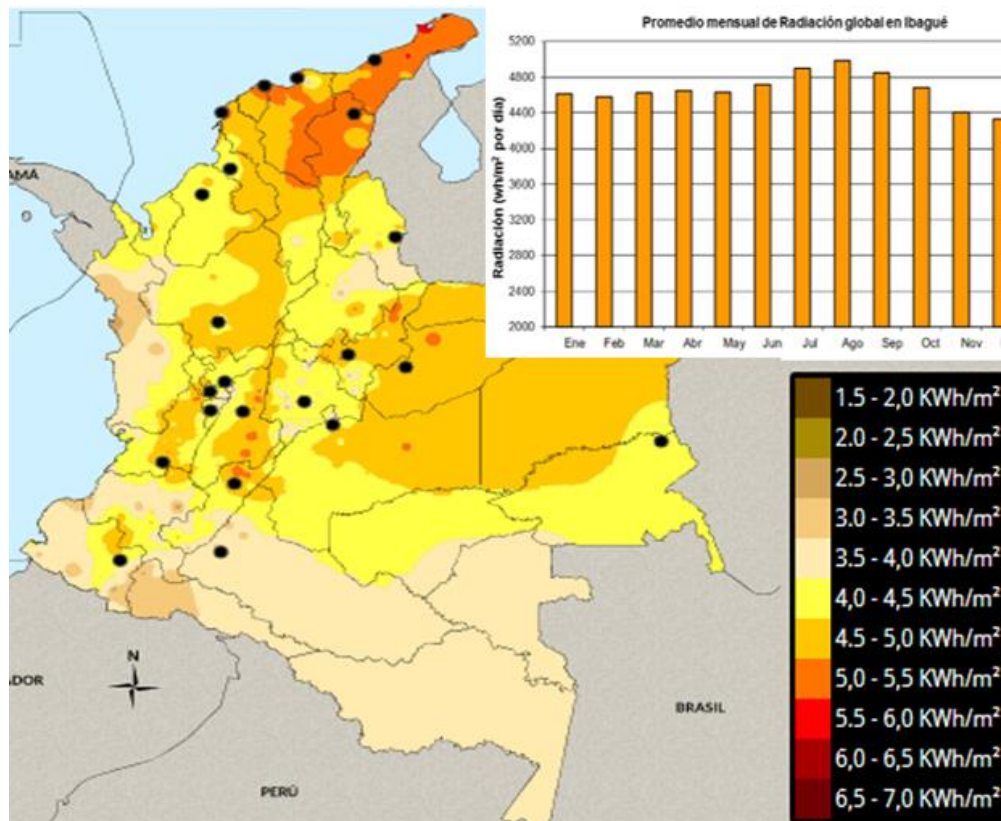
Estas condiciones son bastante beneficiosas para la producción de energía fotovoltaica ya que los niveles de radiación anual en todo el año son bastante altos, tal y como se puede constatar en la Figura 25.

Esto hace que la generación de energía sea de una manera natural y los niveles de radiación sean constantes.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Mapa y Convenciones de Brillo Solar Medio Diario Anual (Horas de Sol al día), República de Colombia, 2014.

Figura 25. Convenciones de Radiación Global Horizonte Medio Diario Anual en Ibagué



Fuente: IDEAM. Recuperado de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

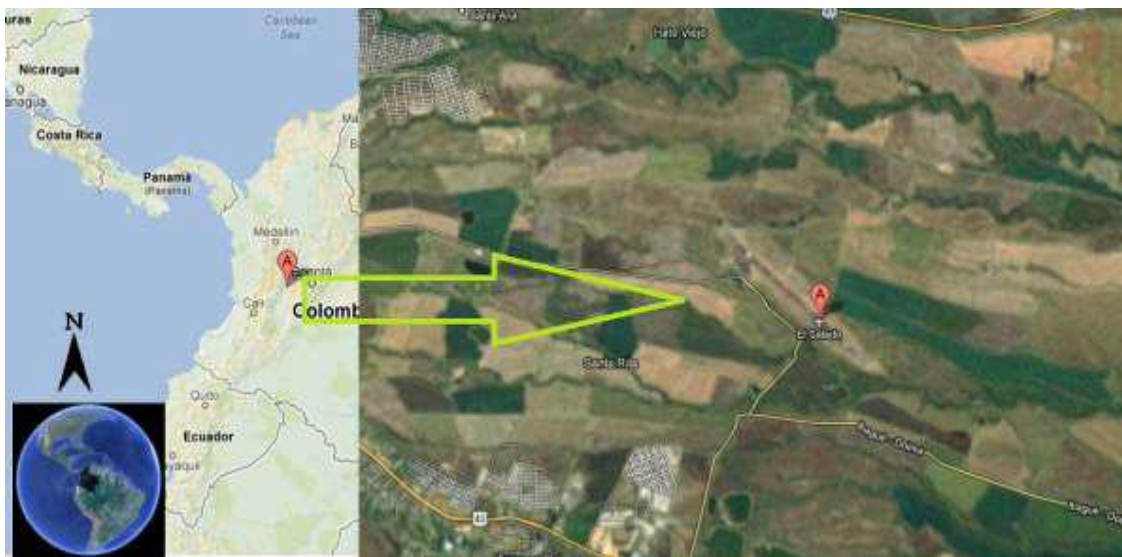
Tal y como se detalla en la figura anterior, en este caso en específico se muestran las condiciones de radiación solar para el Departamento del Tolima, específicamente en la Ciudad de Ibagué. Dicha información fue tomada de las condiciones climáticas obtenidas para el Aeropuerto Perales de la Ciudad de Ibagué según se detalla a continuación:



### 2.7.1 Características Climáticas en Ibagué-Tolima

El servicio meteorológico en Ibagué Tolima se encuentra ubicado en el aeródromo Perales, el cual se cuenta con una de las primeras conexiones relacionados con estas ya antes mencionadas de un espacio meteorológico y los equipos completos de una conexión automática.

*Figura 26. Ubicación del Centro Meteorológico en Ibagué-Tolima (Aeródromo Perales)*



Fuente: IDEAM. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/290086/75945771/SKIB/0574fdb6-0096-411f-9355-f475fec2d7d9>

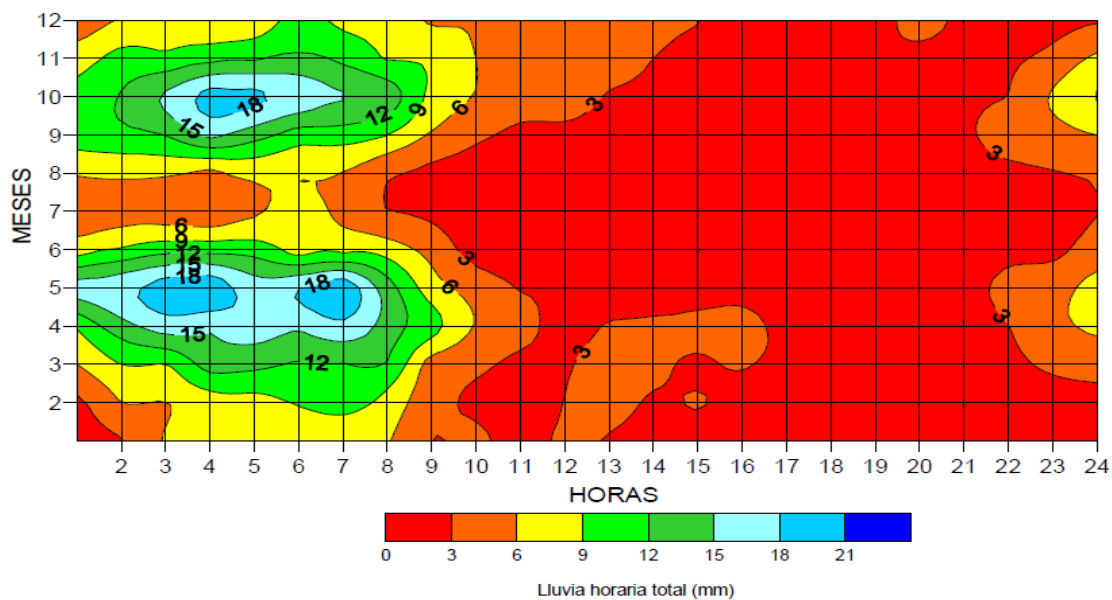
### 2.7.2 Información climatológica general

La información dada procede de la estación meteorológica Aeropuerto Perales, concentrada en  $04^{\circ} 25' 54.3''$  de latitud norte y  $075^{\circ} 08' 54.3''$  de magnitud oeste y elevación de 298 metros encima del nivel del mar.

El clima de Ibagué se localiza por ser cálido – seco. El promedio de lluvia total de cada año es de 1691 mm. Durante el año las lluvias se encuentran en dos temporadas secas y dos temporadas

lluviosas. Los meses de julio y agosto son los que menos agua tiene mucho verano del año, aunque en enero y febrero se encuentra una segunda temporada seca. Las fechas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta el principio de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre. En los días y meses secos, llueve de 6 a 10 días/mes; en los meses mayores lluvias alrededor de 20 días/mes. cómo se detalla en la figura 26.

Figura 27. Niveles de precipitación en la ciudad de Ibagué – Tolima



Fuente: IDEAM Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/290086/75945771/SKIB/0574fdb6-0096-411f-9355-f475fec2d7d9>

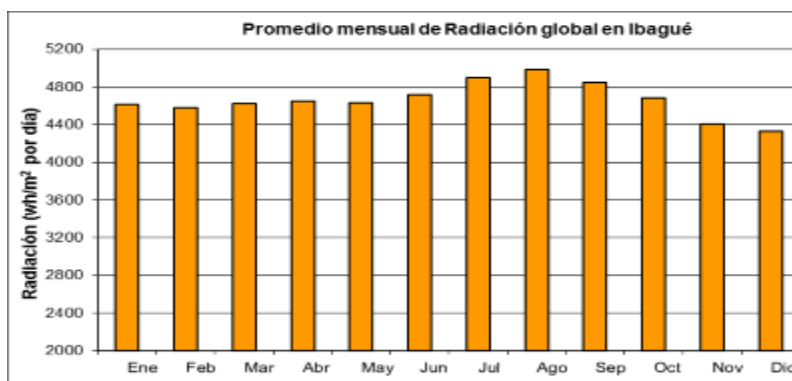
En la tabla 5 se detalla el promedio de precipitación, número de lluvias, temperaturas medias máxima y mínima brillo solar y humedad relativa mes a mes durante un año

Tabla 5. Niveles de Precipitación y Climatología General en la Ciudad de Ibagué – Tolima

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Precipitación (mm)	82.0	107.0	138.4	203.9	238.2	123.7	72.4	87.5	156.9	212.7	161.9	106.5	1691.1
Número de días con lluvia	12.1	13.2	15.9	20.1	19.6	12.9	9.8	10.6	15.1	19.6	18.5	14.2	181.5
Precipitación máxima en 24 horas (mm)	27.8	31.3	36.6	46.3	51.9	41.5	26.4	32.6	45.5	50.9	38.8	31.8	51.9
Temperatura media (°C)	23.8	23.9	23.9	23.7	23.6	24.0	24.5	25.1	24.5	23.3	23.0	23.2	23.9
Temperatura media Máxima (°C)	28.6	28.7	28.5	28.0	27.9	28.5	29.6	30.3	29.4	27.7	27.3	27.8	28.5
Temperatura media Mínima (°C)	18.7	19.1	19.2	19.2	19.2	19.1	18.8	19.1	19.0	18.9	18.9	18.7	19.0
Temperatura absoluta máxima (°C)	31.0	31.6	31.4	31.0	30.6	31.0	32.2	33.2	32.6	30.9	30.9	30.0	33.2
Temperatura absoluta mínima (°C)	16.6	17.2	17.1	17.0	17.2	17.1	17.2	17.1	17.0	17.0	17.0	17.1	16.6
Brillo solar (horas/mes)	174.9	139.1	138.2	134.7	157.2	171.8	195.5	195.7	174.6	156.0	141.7	163.4	1942.8
Humedad Relativa (%)	76.5	76.5	78.2	80.5	81.2	76.6	69.1	65.4	72.3	80.1	82.8	80.2	76.6

Fuente: IDEAM Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/290086/75945771/SKIB/0574fdb6-0096-411f-9355-f475fec2d7d9>

Figura 28. Promedio mensual de Radiación global en Ibagué.



Fuente: IDEAM. Recuperado de: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

## 2.8 Instituciones de apoyo financiero y técnico

En la tabla que a continuación se relaciona (Tabla 6) se encuentran las principales instituciones y fondos de apoyo financiero y técnico encaminadas únicamente al sector de energía eléctrica, La gran forma de estas entidades son referenciadas por el Ministerio de Minas y Energía y vigiladas por la Unidad de Planeación Minero de radiaciones solares (UPME)<sup>6</sup>

Tabla 6. Fondos e instituciones de apoyo financiero y técnico en Colombia.

Entidad	SIGLA
Fondo de apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas	FAER
Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas	FAZNI
Programa de Normalización de Redes Eléctricas	PRONE
Sistema General de Regalías	SGR
Financiera de Desarrollo Territorial	FINDETER
Filial de ISA especialidad en la Gestión de Sistemas de Tiempo Real	XM
Sistema de Información Eléctrico Colombiano	SIEL
Sistema de Información Energética	SIE
Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales de Colombia	IDEAM
Departamento Administrativo Nacional de Estadística	DANE
Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica	ACOLGEN
Liquidador y Administrador de Cuentas	LAC
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	ANLA
Instituto Colombiano de Energía Eléctrica	ICEL
Centro Nacional de Despacho	CND
Consejo Nacional de Operación	CON
Superintendencia De Servicios Públicos Domiciliarios	SSPD
Sistema de Gestión de Información y Conocimiento en Fuentes No Convencionales de Energía Renovable en Colombia	SIGI&FNCR
Fuentes no Convencionales de Energía	FNCE
Comisión de Regulación de Energía y GAS	CREG
Instituto de Planificación y promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas	IPSE
Unidad de Planeación Minero Energética	UPME
Ministerio de Minas y Energía	MME

<sup>6</sup> SIEL, “Fondos de Apoyo Financiero para Los Sectores de Energía Eléctrica.” [Online]. Available: <http://www.siel.gov.co/siel/Inicio/Fondos/tabid/61/Default.aspx>. [Accessed: 20-Dec-2016].

### 3. Marco Legal

#### 3.1 Ley de las Energías Renovables en Colombia.

Durante los últimos diez años el Gobierno ha decretado varias normas entre las cuales cabe mencionar la Ley 697 del 3 de octubre de 2001, la cual menciona el uso apropiado de la energía, la cual establece metas nacionales dirigidas específicamente al uso de energías renovables a pequeña escala, cabe resaltar que particularmente apoya los diferentes tipos de navegación básica y contenida con el propósito de reducir precios y expandir la fuerza de fuentes de energía como son la eólica, solar, geotérmica, biomasa a lo largo de los tiempos .

Cabe anotar que, dado que la ley 1715 de 2001 encargó al Ministerio de Minas y Energía establecerla regulación en este método, y hasta la fecha es impreciso definir cuál es el estado de esta regulación las inversiones en cuanto a energías renovables están detenidas en este momento.

Otro factor es que debido a que no hay una ley que reconoce las energías renovables como tal no se ha podido definir ciertas restricciones para llevar a cabo diferentes proyectos con fuentes de energía alternas.

Unos de los principales objetivos de esta ley son los siguientes

- Extender los incentivos tributarios
- Que el gobierno fomente la generación de energía renovable en edificios del sector oficial
- Que la energía geotérmica sea considerada como suministro no convencional de energía renovable.
- Promover la producción del uso de hidrógeno

## 4 Diseño Del Banco Fotovoltaico

### 4.1 Diseño Eléctrico

El diseño de una instalación solar, requiere de estudios previos a través de una serie de etapas o fases necesarias para garantizar su correcto diseño. Todas estas fases consisten en una serie de procedimientos los cuales en algunos casos consideran aspectos relacionados con la estructura y tecnología de los componentes.

Al tratarse de un diseño portátil, permite fácilmente la manipulación manual del ángulo de inclinación de acuerdo a la necesidad del usuario final.

Durante esta fase y teniendo en cuenta el objetivo general de este proyecto, se procederá a crear diagramas, bocetos y planos en los cuales se indican las especificaciones técnicas de los equipos que permitan mostrar la relación entre ellos.

#### 4.1.1 Selección de componentes del Banco

#### 4.1.2 Ecuaciones para el dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico.

Los resultados que a continuación se describen fueron adaptadas del Curso reconocido “Fundamentos de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento” de Dinamov respuestas Renovables del 2018<sup>7</sup>

Ecuación 1. Energía real producida por un panel con base en el rendimiento:

---

<sup>7</sup> <https://1library.co/article/dimensionamiento-de-instalaci%C3%B3n-de-banco-de-pruebas.ozlkjorq>

$$E_T = E_P \cdot R$$

Ecuación 2: Energía teórica de los paneles

$$E_p = \text{energía total del panel} \cdot N^{\circ} \text{ de paneles}$$

Ecuación 3. Rendimiento del Sistema de almacenamiento

$$R = 1 - \left[ (1 - k_b - k_c - k_v) \frac{(k\alpha)(N)}{P_d} \right] - k_b - k_c - k_v$$

Ecuación 4. Capacidad útil de la batería (Cu):

$$Cu = \frac{E_T \cdot N}{v \cdot Pd}$$

Ecuación 5. Cálculo de la suprema Potencia de inversor con base en el factor de completa seguridad.

$$P_{max} = 200w \cdot 1.25$$

Ecuación 6. Corriente a corto circuito completo con base en el factor de seguridad

$$Fs = \text{Factor de Seguridad}$$

$$F_s = 10\%$$

$$ISC_{max} = ISC \cdot F_s$$

Ecuación 7. Potencia eléctrica.

$$P = V \cdot I$$

Fuente: Perolini, Caludio. Introducción a los circuitos eléctricos 1. Editorial Hispano Americana HASA, 2009.  
<https://docplayer.es/203735139-Claudio-perolini-introduccion-a-los-circuitos-electricos.html>

En la tabla que a continuación se describe se encuentran las cantidades de consumo calculados con base en la sumatoria de cargas de los elementos que a continuación se señalan, lo anterior con el fin de seleccionar el panel, batería, regulador e inversor cuyas características satisficieran las necesidades del panel.

*Tabla 7. Cuadro de Cargas*

<b>Categoría</b>	<b>Equipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo de uso (horas)</b>
Illuminación	bombillo led 9w	10	2	7
Elementos de entretenimiento	Radio portátil	10	1	5
Elementos de entretenimiento	Celular	10	2	2
Computadores y entretenimiento	Portátil	50	1	3
Otros	Taladro inalámbrico	50	1	2

<b>Consumo</b>	410Wh/día
<b>Potencia Total</b>	130w

Fuente: Autor

### **4.1.3 Selección de Paneles.**

Se seleccionó 1 panel solar Policristalino de 150W 12V, debido a su composición de silicio policristalino, asegura su eficacia en climas cálidos y firmeza en cuanto a sobrecalentamiento, además que posee un rendimiento excelente en cuanto a captación de energía solar se refiere y su eficiencia es alta, la descripción de la ficha técnica con sus características se encuentra en el Anexo 8.



### Especificaciones del panel Policristalino Seleccionado:

- Potencia del panel solar: 150W
- Tipo de Célula del Panel Solar: Policristalino
- Rigidez del Panel Solar: Rígido
- Dimensiones del Panel Solar: 1480 x 670 x 30 mm
- **Voltaje en máxima potencia:**

$$V_{mp} = 18.40 \text{ V}$$

- **Intensidad en máxima potencia:**

$$I_{mp} = 8.15 \text{ A}$$

- **Voltaje en circuito Abierto**

$$V_{oc} = 22.51 \text{ V}$$

- **Corriente a corto circuito**

$$I_{sc} = 8.15 \text{ A}$$

Se tendrá en cuenta un factor de seguridad del 10% con el fin de prevenir exceso de recarga en el regulador.

Ecuación 8. Corriente a corto circuito máxima teniendo en cuenta factor de seguridad.

$$F_s = \text{Factor de Seguridad}$$

$$F_s = 10\%$$

$$I_{scmax} = I_{sc} * 1.1$$

$$I_{scmax} = 8.15 * 1.1$$

$$I_{scmax} = 8.97 \text{ A}$$

- Corriente máxima a corto circuito en serie, calculada en base a la ecuación 8:

$$I_{sc} = 8.15A$$

$$I_{scmax} = 8.15 * 1.1 = 8.9 A$$

#### **4.1.4 Selección de Regulador:**

Para este diseño se seleccionó un regulador de 12/24V con capacidad de 10A, ya que cuenta con un sistema de protección de carga y descarga variable. La Descripción de la ficha técnica con sus características se encuentra en el Anexo 10.

#### **Especificaciones del Regulador Seleccionado**

- Tipo de carga: PWM
- Voltaje del Sistema: 12V / 24 V
- Máxima corriente de carga: 10 A
- Máxima corriente de descarga: 10 A

#### **4.1.5 Selección de Baterías**

Para este diseño se seleccionó una batería que opera a 12 V y 18 Ah, ya que es un acumulador de pequeña magnitud y que no requiere de mantenimiento, y una de sus principales características es que es de ciclo profundo, lo cual hace que tenga un buen nivel de almacenamiento. La descripción de la ficha técnica con sus características se encuentra en el Anexo 9.

#### **Especificación de la batería seleccionada:**

- Dimensiones: 407mm x 173 mm x 208 mm

- Voltaje de flotación: 13.50 – 13.80 V
- Voltaje en modo cíclico: 14.4 – 15.0 V
- Temperatura de trabajo: 25°

#### **4.1.6 Selección del Inversor**

Para este diseño se seleccionó un inversor de 600W de potencia, el cual viene equipado con un circuito de protección, además que tiene un seguro de función de apagado automático, de protección por sobrecarga, y protecciones de entrada de alto y bajo voltaje

#### **Especificaciones del inversor seleccionado**

- Dimensiones: 367 x 150 x 76 mm
- Capacidad: 600 W
- Voltaje de entrada: 12 V
- Voltaje de Salida: 110 V  $\pm 5\%$
- Temperatura de trabajo: -10°C – 50°C

#### **4.1.7 Selección de las protecciones**

Teniendo como base la selección de los componentes para la elaboración del diseño del banco de pruebas fotovoltaico se llevaron a cabo operaciones matemáticas correspondientes a la corriente del sistema tomando como base el punto de partida la potencia máxima la cual se describe a continuación, su ficha técnica en la cual se describen las características están en los anexos 11 al 20 respectivamente.

- Para el sistema a 12 Voltios

Ecuación 9. Potencia eléctrica.

$$P = V \cdot I$$

Fuente: LATECNICALF.COM.AR. Recuperado de:

[https://www.latecnicalf.com.ar/descargas/material/taller/Introducci%F3n%20a%20los%20circuitos%20el%20E9ctricos%201%20%20\(3er.a%20F1o\)%20-%20Claudio%20Perolini.pdf](https://www.latecnicalf.com.ar/descargas/material/taller/Introducci%F3n%20a%20los%20circuitos%20el%20E9ctricos%201%20%20(3er.a%20F1o)%20-%20Claudio%20Perolini.pdf)

Ecuación 10. Corriente eléctrica en base a la potencia eléctrica

$$I = \frac{p}{v} = \frac{200w}{12v}$$

$$I = 16.6A$$

- Para el sistema a 24 V

Para este cálculo se tuvo en cuenta la ecuación 3 para poder hallar la corriente:

$$I = \frac{P}{v} = \frac{200w}{24v}$$

$$I = 8.3A$$

- Para el sistema de corriente alterna (110):

Ecuación 11. Potencia eléctrica activa teniendo en cuenta factor de potencia.

$$P = v \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Donde:

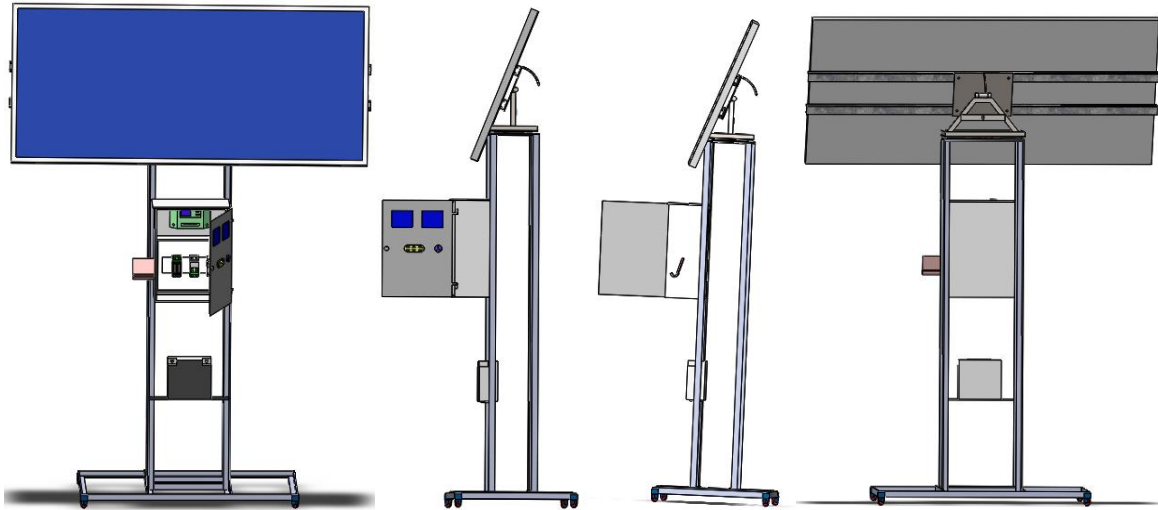
$$\cos \varphi = F_p$$

$F_p =$  Factor de Potencia

Teniendo en cuenta la ecuación 4 se obtiene:

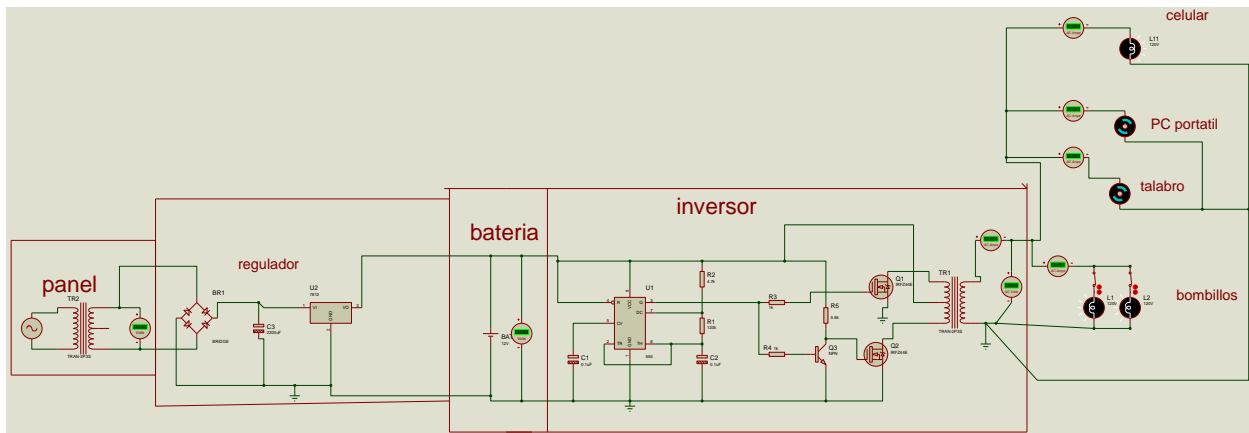


Figura 30. Dibujo CAD Boceto 2 en SolidWorks.



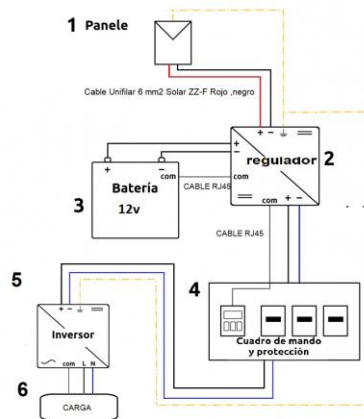
Fuente: Autor.

Figura 31. Plano Fotovoltaico



Fuente: Autor

Figura 32. Dibujo CAD unifilar Banco Didáctico



Fuente: Autor.

### 4.3 Cálculo de la inclinación del panel.

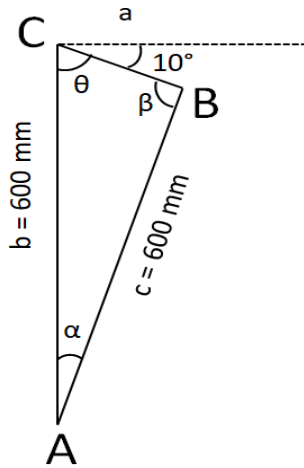
Con el propósito de obtener un ángulo de inclinación para obtener el máximo de rendimiento óptimo se acudió a diferentes fuentes de radiación solar en Colombia las cuales llevan a la conclusión de que el ángulo óptimo para captar esta radiación solar es de 10°. Dado que por la posición con respecto a la línea del Ecuador facilita que la energía hacia el sur recaiga más directamente y así hay un mayor aprovechamiento de dicha energía.<sup>8</sup>

Para lograr este objetivo es necesario calcular la distancia de la guía para los ángulos de inclinación. A continuación, se enuncia la ecuación para el cálculo de inclinación del panel a 10°.

---

<sup>8</sup> <http://www.solesco.com.co/index.php/component/%20content/article/12-destacados/52-que-es-fotovoltaica-2>

Figura 33. Cálculo de distancias para los ángulos de inclinación.



$$\theta = 80^{\circ}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \theta$$

$$600^2 = a^2 + 600^2 - 2(a)(600) \cos 80^{\circ}$$

$$360000 = a^2 + 360000 - 208.3(a)$$

$$a = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = \frac{-208.3 \pm \sqrt{208.3^2 - 4(1)(0)}}{2(1)}$$

$$a = 208.3 \text{ mm}$$

Es la distancia requerida para lograr el ángulo de inclinación idóneo para el panel solar.

Fuente: 1library. Recuperado de: <https://1library.co/document/ozlkjorq-construccion-pruebas-fotovoltaico-laboratorio-ingenieria-mecanica-universidad-tomas.html>

#### 4.4 Diseño Mecánico del Banco Didáctico

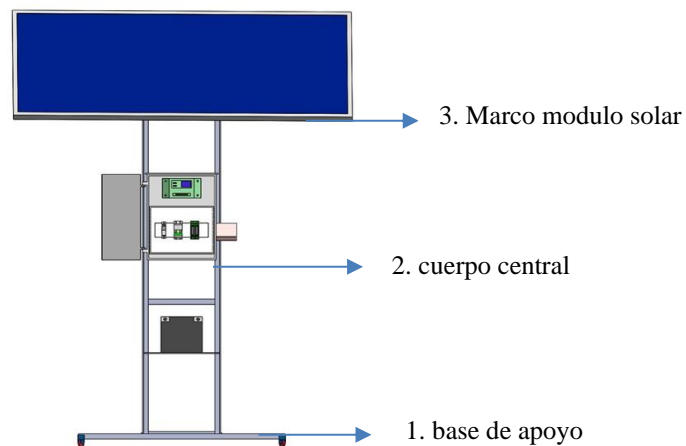
En esta sección se muestra cual es el diseño mecánico de nuestro Banco de Pruebas, con el fin de determinar cuál es la estructura más apropiada. Para tal fin se procedió a realizar varios modelos a través del programa SolidWorks, para poder definir la forma, estructuras, líneas más adecuadas para que el banco fuese lo más práctico de manipular, liviano ya que la idea es que sea



portátil y de fácil manejo. Este programa proporciona herramientas para crear ensambles a nivel CAD. De igual manera genera de una manera automática una lista de materiales a partir del diseño. Los cuales se pueden modificar cuando se actualiza de modo automático.

#### 4.4.1 Materiales y métodos

El diseño de la estructura fue elaborado en tubo cuadrado de 1 pg x 1.2mm x 6 m Calibre 18 en Acero grado 50, el cual es el ideal para estructuras livianas que soportan un peso de 20Kg, (196.13 N) dado que el peso del panel es de 11 Kg junto con el de la batería, inversor y regulador da un total de 16 Kg. (156.91 N). Para las uniones se utilizará soldadura Electrodo 6013 3/32 HOFFMAN ARC. Para la caja del tablero de control se utilizaron bisagras debido a que permiten la movilidad.

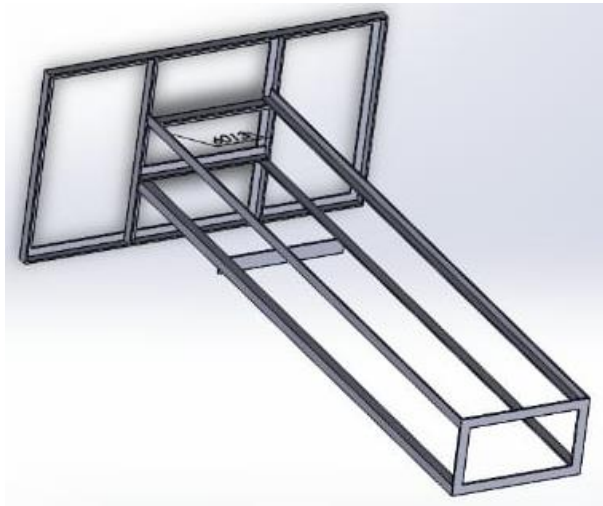


#### 4.4.2 Base del Mecanismo

La base del mecanismo se realizará seleccionando un plano en CAD Solidworks, a nivel personal sugiero que sea en el plano de planta, luego seleccionamos un rectángulo. Posteriormente se sale del croquis y se ingresa al menú, insertar piezas soldadas, dentro de esta sección se

seleccionan los trazos que se desean diseñar en forma perfil; una vez ya seleccionados estas piezas se definen los criterios con los que se va a diseñar. Finalmente se elige el tratamiento de esquinas que se van a aplicar. Esto significa como se conectarán las esquinas de la pieza.

*Figura 34. Estructura metálica del panel*

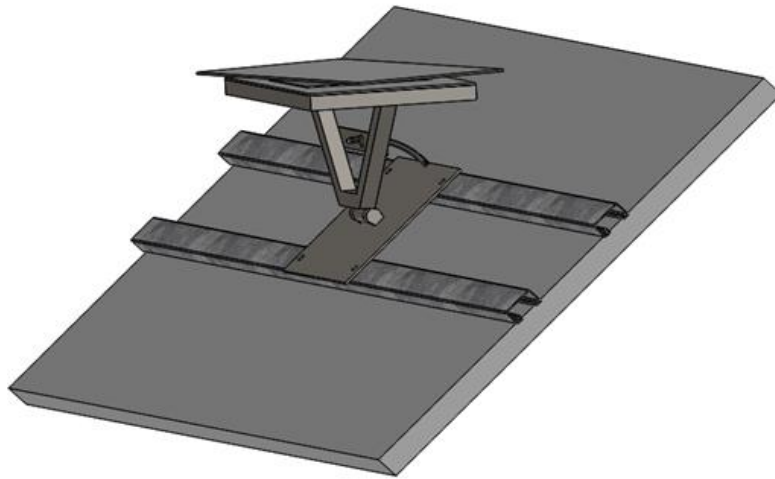


Fuente: Autor.

#### **4.4.3 Canasta o Base soporte del panel**

El diseño de esta pieza es igual en principio que el de la base de estructura, lo único que cambia es el perfil ya que en esta canasta se ubicará el panel. Esta se hará en Acero angular

*Figura 35. Base soporte del panel*



Fuente: Autor

#### **4.4.4 Soporte de fijación**

Esta pieza irá al final de la base y se utilizará como soporte para la canasta que soporta el panel solar, irá fijada mediante rodamientos y limitada a un grado de libertad mediante tornillos y rodamientos para facilitar este movimiento.

*Figura 36. Pata soporte y acercamiento del corte extruido*



Fuente: Autor

#### 4.4.5 Tornillo

El diámetro de los tornillos que se seleccionaron es de ½ pulgada, en la aplicación Toolbox de Solidworks se procede a seleccionar la carpeta correspondiente a pernos y tornillos, y se selecciona perno con cabeza hexagonal. Seguido a esto se seleccionan las propiedades del tornillo de acuerdo a nuestras necesidades en cuanto a diámetro y longitud. Para fijación del panel

*Figura 37. Tornillo*



Fuente: Autor.

#### 4.4.6 Riel de soporte del panel

Para fijar los paneles en la parte superior del techo o en la estructura del suelo, sobre él se coloca el panel solar

*Figura 38. Riel soporte panel*

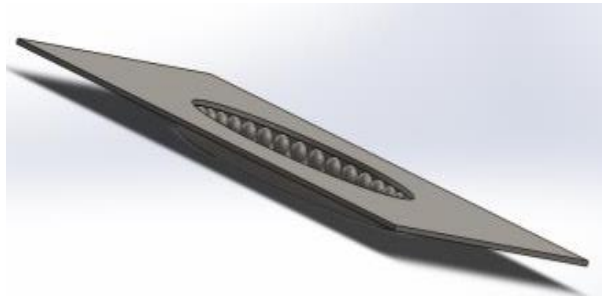


Fuente: Autor

#### 4.4.7 Soporte giratorio Panel Solar

Este soporte está formado por una estructura en V, la cual se apoya por el vértice en montaje giratorio con respecto a un eje vertical. Está destinado para formar sobre él una superficie de captación solar, el cual es susceptible de orientación perpendicular a la incidencia del sol

*Figura 39. Soporte giratorio*

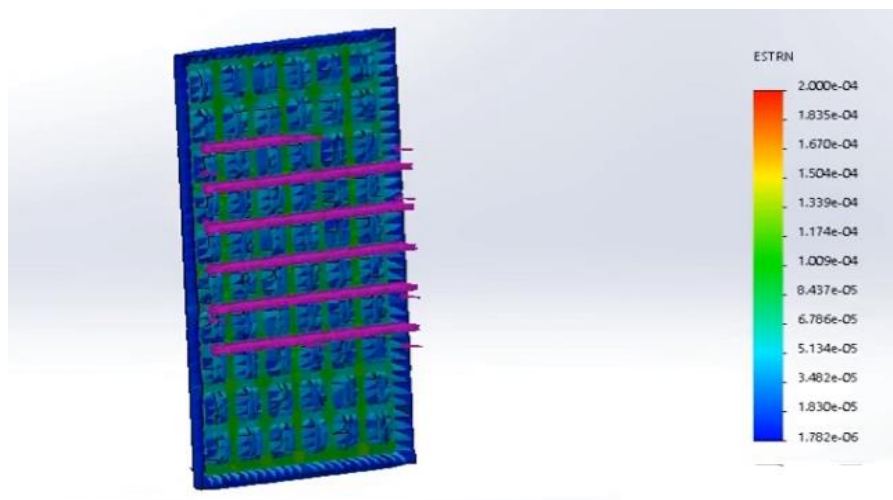


Fuente: Autor

#### 4.5 Análisis Estático en Software Solidworks

En esta sección se muestra un análisis estático realizado con Solidworks en el cual se determinan en los parámetros en el diseño de contundencias seguras, tales como la tensión suprema

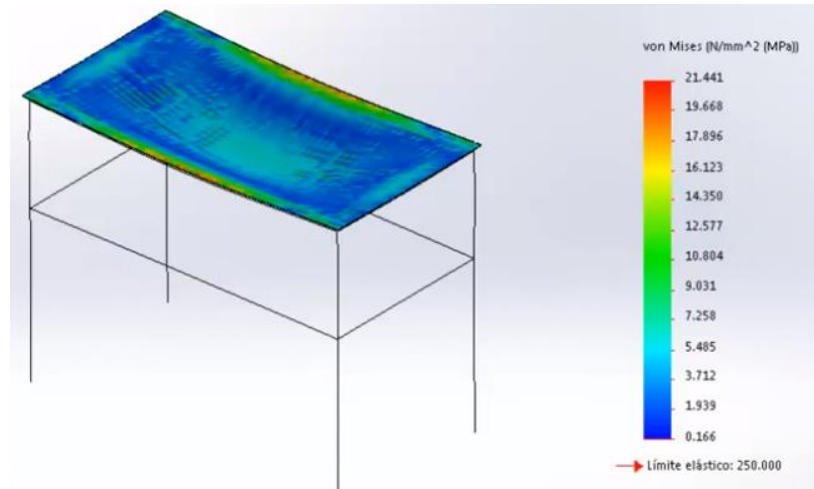
*Figura 40. Analisis Estático del Panel solar*



Fuente: Autor

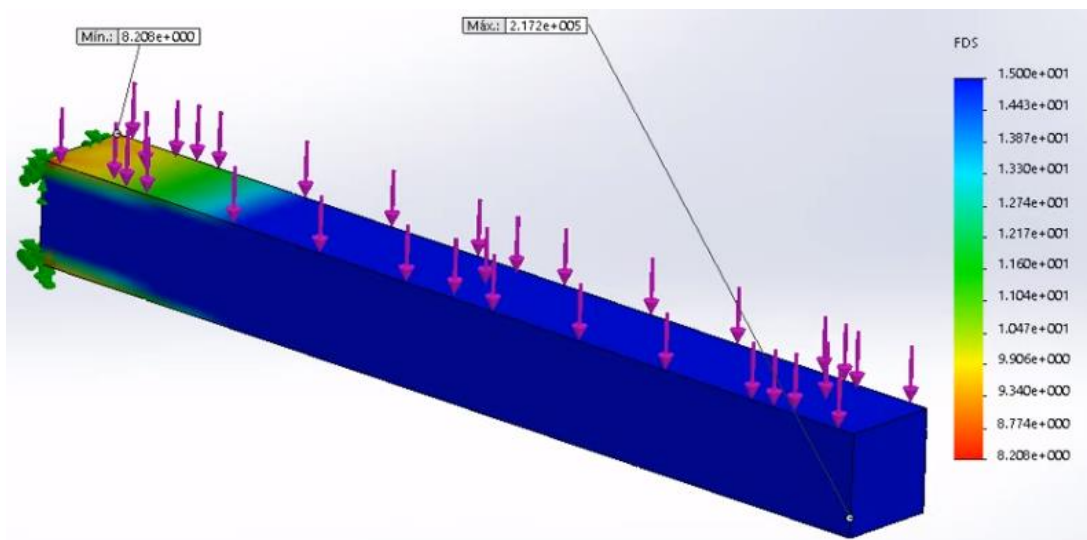
Para la simulación se tuvo en cuenta una fuerza de 107.87 N, dado que el peso del panel solar es de 11Kg.

Figura 41. Análisis estático de la estructura



Fuente: Autor

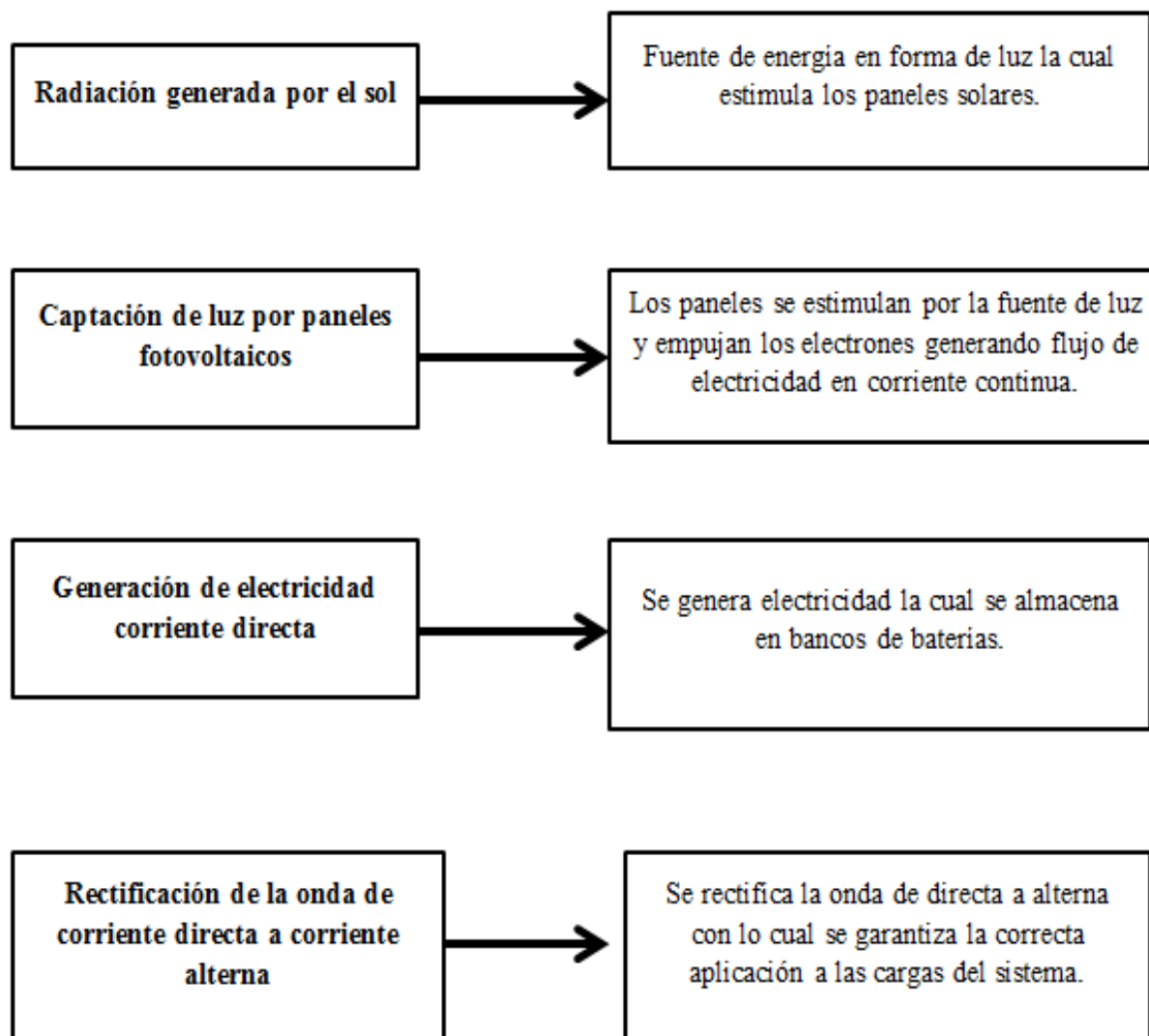
Figura 42. Análisis estático del Riel de Soporte

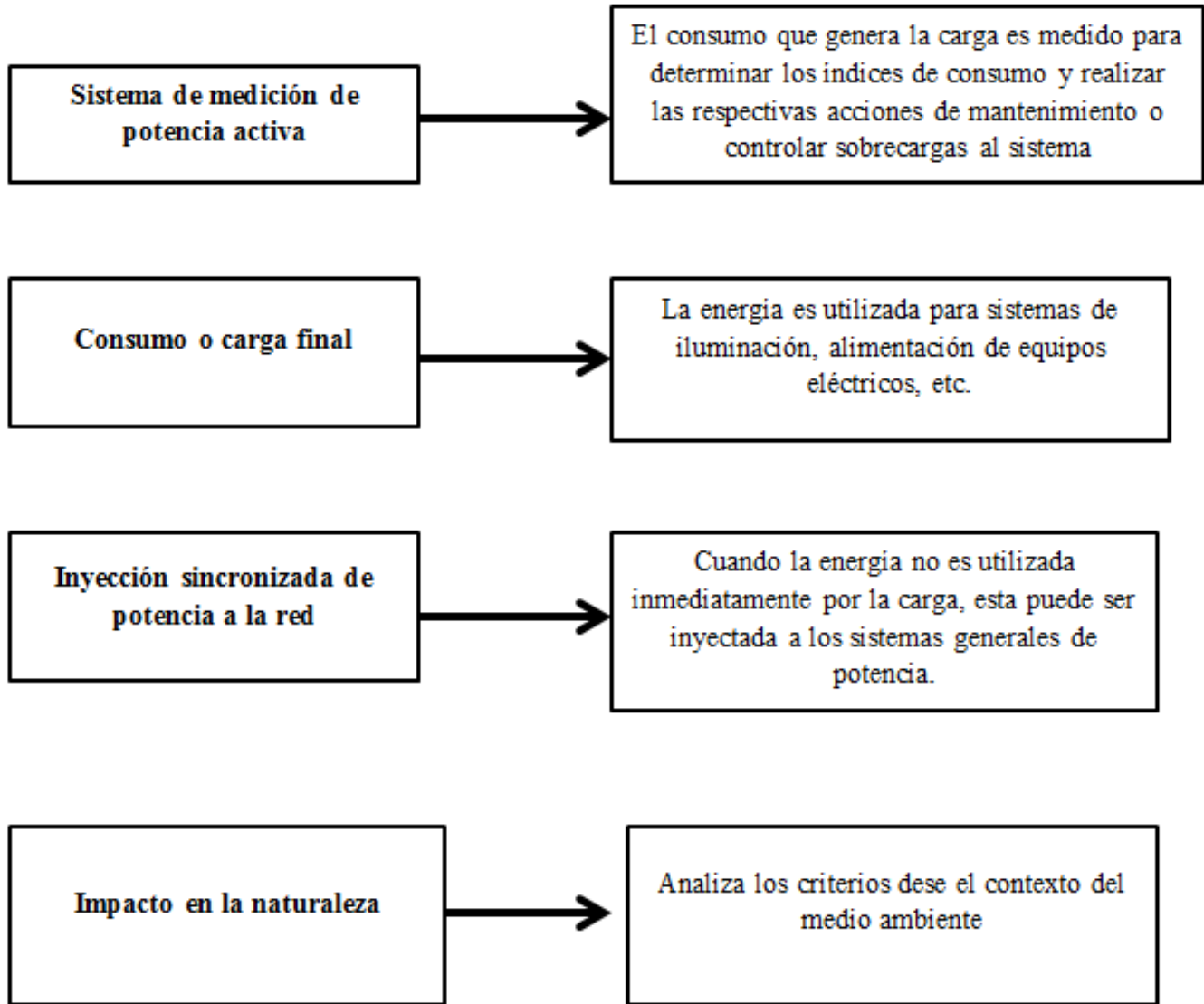


Fuente: Autor

## RESULTADOS.

Definir los aspectos conceptuales y teóricos necesarios para el diseño del módulo didáctico y las guías correspondientes.

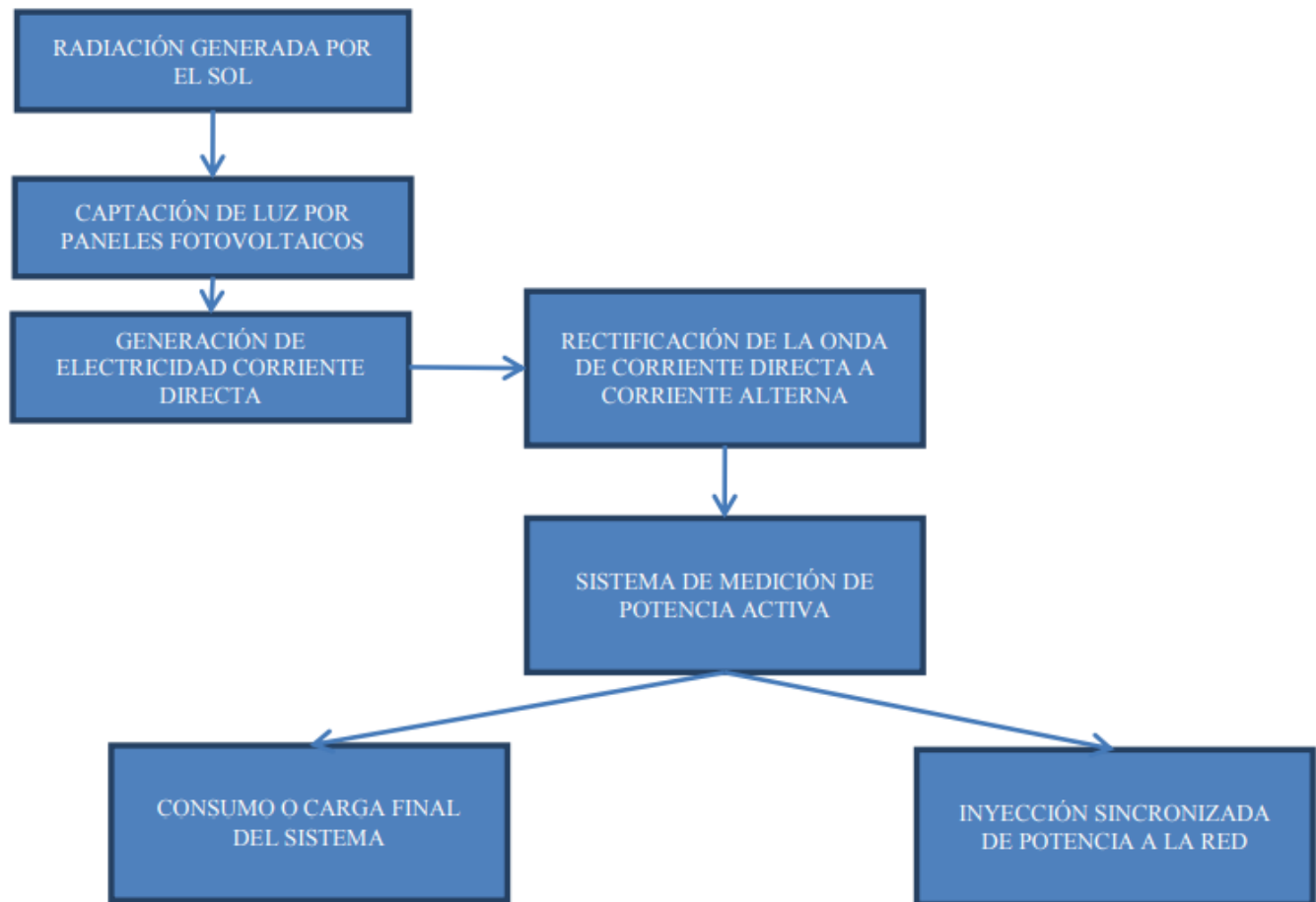




En esta sección se describen los resultados finales del proceso de nuestro banco didáctico de prueba solar fotovoltaico realizado mediante el programa SolidWorks, el coste total de este diseño fue de \$1.321.138 (Un Millón Trescientos veinte unos mil ciento treinta y ocho pesos).



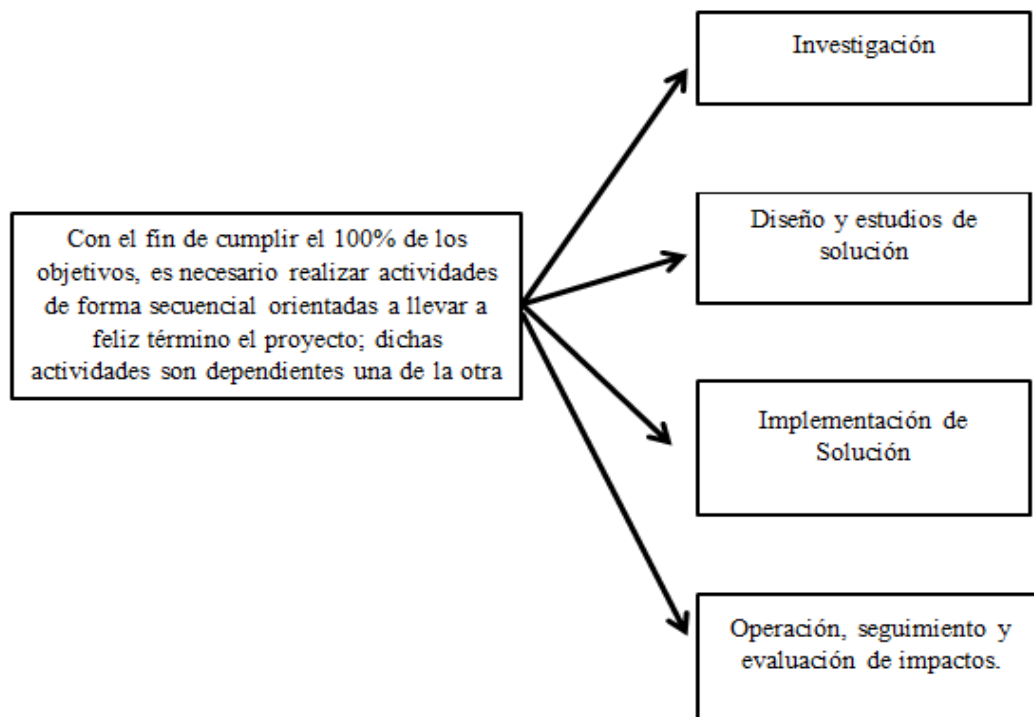
Figura 1. Diagrama de proceso de energía solar



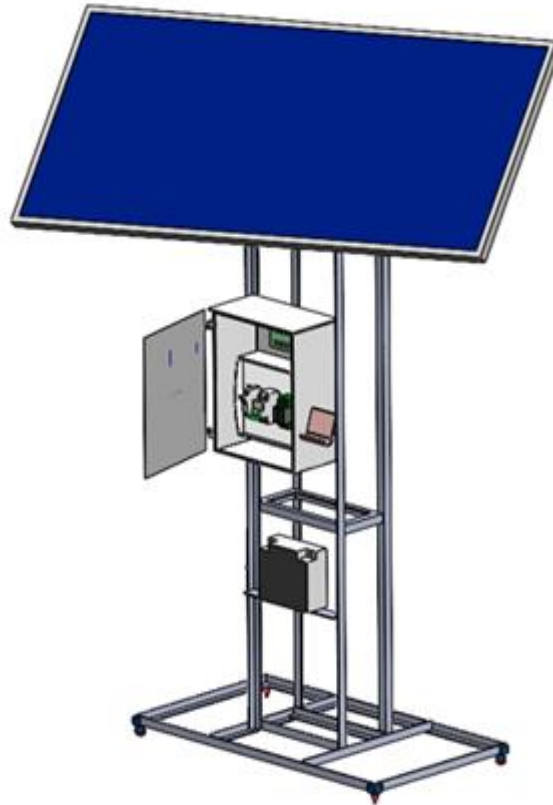
Considerando una serie de criterios es necesario poder identificar los criterios relacionados a la falta de electricidad y sistemas en cuestiones de potencia, los cuales son adecuados y estos no permiten el funcionamiento de la planta de desalinización y las bombas de extracción de agua. En otras palabras, se determina que en los equipos demandan para su funcionamiento energía eléctrica.

De la misma manera se analiza que las características que presentan las principales fuentes de ingreso que son la ganadería y la agricultura estas no pueden ser realizadas adecuadamente, porque no se tienen las herramientas que optimicen la producción, adicional a esto, la falta de agua no permite el cultivo y genera muerte de los animales para la ganadería.

En donde se analiza que la generación eléctrica que posee actualmente, se determina mediante son factores que son generadores Diesel los cuales tienen un alto consumo del combustible y éste al ser un recurso no renovable, tiene un alto valor.



## DISEÑO FINAL BANCO DE PRUEBAS DIDACTICO SOLAR FOTOVOLTAICO



De igual manera se desarrollaron 5 guías de laboratorio con el propósito de que los estudiantes se familiaricen con diferentes conceptos, descripción de materiales, y la práctica de algunos ejercicios los cuales se encuentran en ellas. Para tal fin se muestran a modo de resumen en la siguiente tabla:

Guía	Objetivo
1. Caracterización de paneles fotovoltaicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar la estructura del panel solar.</li> <li>- Cálculos de las curvas de los paneles.</li> <li>- Calcular los niveles de eficacia de un panel solar</li> </ul>
2. Herramientas usadas en un sistema de energía solar fotovoltaica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconocer el uso adecuado de las herramientas que son utilizadas tanto en el diseño como en la construcción de un sistema fotovoltaico.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener en cuenta cuales son los cuidados que se deben tener al manipular las herramientas con el fin de garantizar su durabilidad y la seguridad de quienes la emplean.</li> </ul>
3. Tipos de paneles solares	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconocer e identificar las clases de paneles solares.</li> <li>- Familiarizarse con la estructura física y composición química</li> <li>- Observar la eficiencia.</li> </ul>
4. Parámetros a tener en cuenta en un producto fotovoltaicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar cada uno las distintas clases del parámetro empleado en un sistema FV.</li> <li>- Vincular las medidas eléctricas asociados a los componentes que constituyen un sistema fotovoltaico.</li> <li>- Con base a la ley de Ohm tener la capacidad de analizar y resolver ejercicios relacionados con diferentes tipos de parámetros eléctricos.</li> </ul>
5. Lectura de los parámetros eléctricos en el panel policristalino	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hallar las respectivas medidas en cuanto a voltaje y corriente se genera por el panel.</li> <li>- Controlar mediante los equipos destinados para ello la conducta del supere de en la salida del panel energético en distintos ángulos.</li> </ul>

### COMPONENTES DEL KIT DE DISEÑO

#### Kit solar aislado de 12 v 480Wh/día con baterías de AGM

<b>Componentes del Kit:</b>	
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1Und	Panel solar Policristalino de 150W
1Und	Controlador carga 10 A PWM 12 - 24V LCD
1Und	Batería de AGM 12V 18Ah Tensite
1Und	Estructura para 1 panel solar kh915
1Und	Fusible DC 10A y Porta Fusible 1P 500v 10x38
1Und	Porta Fusible 1P 1000 VDC 10x38 Suntime
1Und	DPS protección sobre Voltajes 600VDC 20KVA 2 polos feeo
1Und	Breaker DC 2P 550VDC 16AMP suntime
5Mts	Cable unifilar 6 mm2 solar PV ZZ-F Rojo especial
5Mts	Cable unifilar 6 mm2 solar PV ZZ-F Negro especial
1Und	Conectores retie MC4 macho y hembra
1Und	Kit desconectador de baterías 275A
1Und	Tablero sobre poner 6 polos
2Und	Terminales de ojo

## CONCLUSIONES

La aplicación de la energía solar como fuente de energía alternativa a través de sistemas fotovoltaicos es prometedora, debido a que es una fuente de energía que puede traer beneficios ambientales y económicos a largo plazo. Su uso reemplazaría la utilización de combustibles fósiles, los cuales emiten gases y partículas que dañan los ecosistemas.

Se cumplió con el objeto del proyecto el cual era diseñar un banco didáctico y sus guías de laboratorio con el fin de realizar pruebas de energía solar fotovoltaica y los fenómenos físicos que suceden mediante este proceso.

De igual manera se definieron aspectos conceptuales y teóricos para su desarrollo, se seleccionaron los elementos que lo van a constituir. Con base al software Solidworks se elaboraron los planos y se pudieron obtener los análisis estáticos de varias partes del panel con el objetivo de establecer la máxima tensión de estos.

El banco permitirá a los alumnos del programa de ingeniería llevar a cabo diferentes prácticas de laboratorio propuestas y establecer las cuantificaciones del producto fotovoltaico como fuerza más potente y eficacia de los paneles solares, estos se obtienen con la realización de las curvas más caracterizadas de los paneles solares en distintos ángulos de agotamiento que el conflicto bajo debido a su diseño, facilita su realización. La oscilación de inclinación de los ángulos tiene como finalidad dar a conocer los comportamientos de los paneles cuando la energía

solar no incide directamente sobre la superficie del proyecto solar, de lo cual se concluye que los parámetros eléctricos disminuyen al incrementar el ángulo de inclinación.

Se amplió el conocimiento sobre la dimensión de los sistemas solares fotovoltaicos, los cuales son de una suprema ayuda para calcular y preferir los dispositivos más correctos para el proyecto. De igual manera fue una oportunidad para demostrar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Electromecánica, fueron de gran utilidad para estimar diferentes aspectos para llevar a cabo este proyecto, tales como cálculos de factores y diferentes ecuaciones aplicadas para garantizar un mejor diseño.

## BIBLIOGRAFIA

CAMBIO ENERGÉTICO. Recuperado de:

<https://www.cambioenergetico.com/blog/generadores-solares/>

A. GIL, A. ACÍN, F. RUEDA E I. MAYOR, “Structural and motion system dynamic analysis of a two-axes solar tracker under wind action”, Simulia Customer Conference, Inglaterra, Dassault Systèmes, 2009.

ÁREA TECNOLOGÍA. Recuperado de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/cables-conductores.html>

ATLAS DE VIENTO Y ENERGÍA EÓLICA, Colombia, Ministerio de Minas y Energía, 2006

BELTRÁN-TELLES, A., MORERA-HERNÁNDEZ, M., LÓPEZ-MONTEAGUDO, F. E., & VILLELA-VARELA, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. CienciaUAT, 11(2), 105. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v11i2.742>

CAMBIO ENERGÉTICO. Recuperado de <https://www.cambioenergetico.com/blog/influye-la-temperatura-rendimiento-placa-solar/>

CÁRDENAS, I. A., VÁZQUEZ, L. M., & ARRIOLA, F. A. M. (2020). Diseño Mecánico I. Editorial Académica Española

CELSIA. (2019, septiembre 13). Todo lo que debes saber sobre energía solar en Colombia. <https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>

DOCPLAYER. Recuperado de <https://docplayer.es/15353016-Instalacion-solar-fotovoltaica.html>

ELECTRONICA UNICROM. Recuperado de <https://unicrom.com/regulacion-de-voltaje-en-serie/>

ENERGETIKA. Recuperado de <http://www.energetika.com.ar/Curva%20I-V.html>

ENERGIA SOLAR. Recuperado de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/instalaciones-autonomas/reguladores-carga>

Fernando, D., Mora, M., Wilson, J., & Carrillo, M. (2016). Diseño e implementación de una estación didáctica para el entrenamiento en el manejo de energía solar fotovoltaica. <https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/4328/1/DISE%C3%91O%20E%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20UNA%20ESTACI%C3%93N%20DID%C3%81CTICA%20PARA%20EL%20ENTRENAMIENTO%20EN%20EL%20MANEJO%20DE%20ENERG%C3%8DA%20S.pdf>

FULAY, P., & ASKELAND, D. R. (2004). Ciencia e ingeniería de los materiales (4a ed.). Cengage Learning Editores S.A. de C.V.

GENERATULUZ. Recuperado de <https://www.generatuluz.com/wp-content/uploads/2018/02/Partes-bater%C3%ADa-gel.jpg>

HERNÁNDEZ, S., FERNÁNDEZ, C., & BAPTISTA, B. (2017). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill.

HISOUR. Recuperado de <https://www.hisour.com/es/grid-connected-photovoltaic-power-system-39912/>

HURTADO, J. (2017). Metodología de la investigación holística. sypal.

IDEAM. Recuperado de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

IDEAM. Recuperado de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-de-radiacion-solar-global-Para-estudiar-la-disponibilidad-del-recurso\\_fig1\\_304781953](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-de-radiacion-solar-global-Para-estudiar-la-disponibilidad-del-recurso_fig1_304781953)

IDEAM. Recuperado de: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

IDEAM. Recuperado de:

<http://www.ideam.gov.co/documents/290086/75945771/SKIB/0574fdb6-0096-411f-9355-f475fec2d7d9>



IKASTAROAK K.ULHI.NET. Recuperado de:

[https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es\\_IEA\\_ISF05\\_Contenidos/website\\_1\\_tipologia\\_y\\_dimensionado\\_de\\_los\\_sistemas\\_fotovoltaicos.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ISF/ISF05/es_IEA_ISF05_Contenidos/website_1_tipologia_y_dimensionado_de_los_sistemas_fotovoltaicos.html)

ROMERO Daniel Product Manager SYSCOM. Recuperado de

<https://www.syscomblog.com/2020/07/baterias-en-serie-o-en-paralelo.html>

INGEMECÁNICA. Recuperado de

[https://ingemecanica.com/cursos\\_online/objetos/fotovoltaica/2\\_Componentes.pdf](https://ingemecanica.com/cursos_online/objetos/fotovoltaica/2_Componentes.pdf)

INGEMECÁNICA Recuperado de:

[https://ingemecanica.com/cursos\\_online/objetos/fotovoltaica/2\\_Componentes.pdf](https://ingemecanica.com/cursos_online/objetos/fotovoltaica/2_Componentes.pdf)

INSTITUTO NCB Recuperado de <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/circuitos-simulados/controles-e-drivers/4427-ne278>

LATECNICALF. Introducción a los circuitos. Recuperado de:

[https://www.latecnicalf.com.ar/descargas/material/taller/Introducci%F3n%20a%20los%20circuitos%20el%20E9ctricos%201%20%20\(3er.a%20F1o\)%20-%20Claudio%20Perolini.pdf](https://www.latecnicalf.com.ar/descargas/material/taller/Introducci%F3n%20a%20los%20circuitos%20el%20E9ctricos%201%20%20(3er.a%20F1o)%20-%20Claudio%20Perolini.pdf)

LEGIS Colombia: Recuperado de: <https://blog.legis.com.co/juridico/ley-energias-renovables-colombia>

LIBRARY. Recuperado de: <https://library.co/article/dimensionamiento-de-instalaci%C3%B3n-de-banco-de-pruebas.ozlkjorq>

LORENZO, J. (2000). Electricidad solar - ingeniería de Los sistemas fotovoltaicos. Promotora General de Estudios.

MENDOZA, I. (2019). Construcción de un banco de pruebas solar fotovoltaico para el laboratorio de ingeniería mecánica de la universidad Santo Tomas Tunja. <https://www.researchgate.net/publication/341215970>

OSPINO CASTRO Adalberto, Barranquilla, Colombia Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59012014000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000300007)

PEROLINI, Caludio. Introducción a los circuitos eléctricos 1. Editorial Hispano Americana HASA, 2009. <https://docplayer.es/203735139-Claudio-perolini-introduccion-a-los-circuitos-electricos.html>

PIRELA, J. (2012). Diseño Mecánico. Eae Editorial Academia Española.

R. BUDYNAS y J. K. NISBETT, Shigley's mechanical engineering design, eight ed., Estados Unidos: McGraw-Hill, 2006.

REPOSITORIO USTA. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co>

REVISTA UNIVERSIDAD DISTRITAL. Recuperado de: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/visele/article/view/5522/7237>

REYES Aguilera, E. A. (2020). Prácticas de laboratorio: la antesala a la realidad. Revista Multi-Ensayos, 6(11), 61–66. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v6i11.9290>

RICHARD, F. M. (2017). Electricidad. Createspace Independent Publishing Platform

RINCON EDUCATIVO. Recuperado de: <https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/arthur-compton-descubridor-del-efecto-que-lleva-su-nombre-que-confirma-que-la>

RODRIGUEZ Ernesto; Profesor del CIFP Tecnológico Industrial de León (España) ÁREA TECNOLOGÍA. Recuperado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>

RÚA-Ramírez, E., MENDOZA-Jiménez, I., TORRES-Suarez, E., FLÓREZ-Serrano, E., & SERRANO-Rico, J. (2021). Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos. Revista UIS ingenierías, 20(2). <https://doi.org/10.18273/revuin.v20n2-2021001>

SCHAFFER, J. P. (2001). Ciencia y Diseño de Materiales Para Ingeniería. Cecsá.

SCIELO Recuperado de: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312015000100006](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100006)

SIEL, “Fondos de Apoyo Financiero para Los Sectores de Energía Eléctrica.” [Online]. Available: <http://www.siel.gov.co/siel/Inicio/Fondos/tabid/61/Default.aspx>.

SOLAR ENERGY RESEARCH INSTITUTE (SERI), Mean and peak wind load reduction on heliostats, Estados Unidos: US Department of Energy, 1987

SOLESCO. Recuperado de:

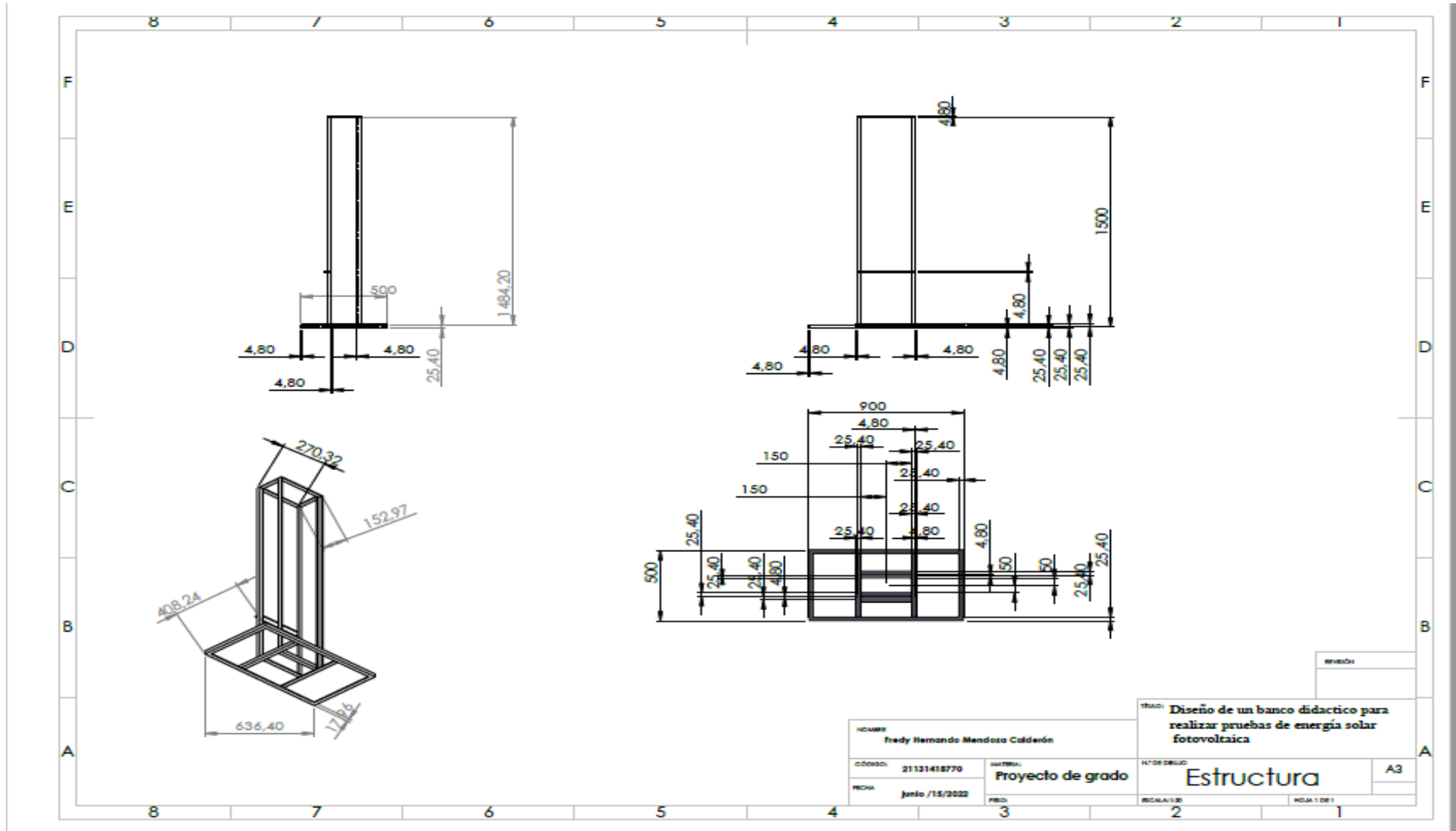
<http://www.solesco.com.co/index.php/component/%20content/article/12-destacados/52-que-es-fotovoltaica-2>

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO. (2022). Universidad Antonio Nariño - Generalidades. <https://www.uan.edu.co/ingenieria-electromecanica>

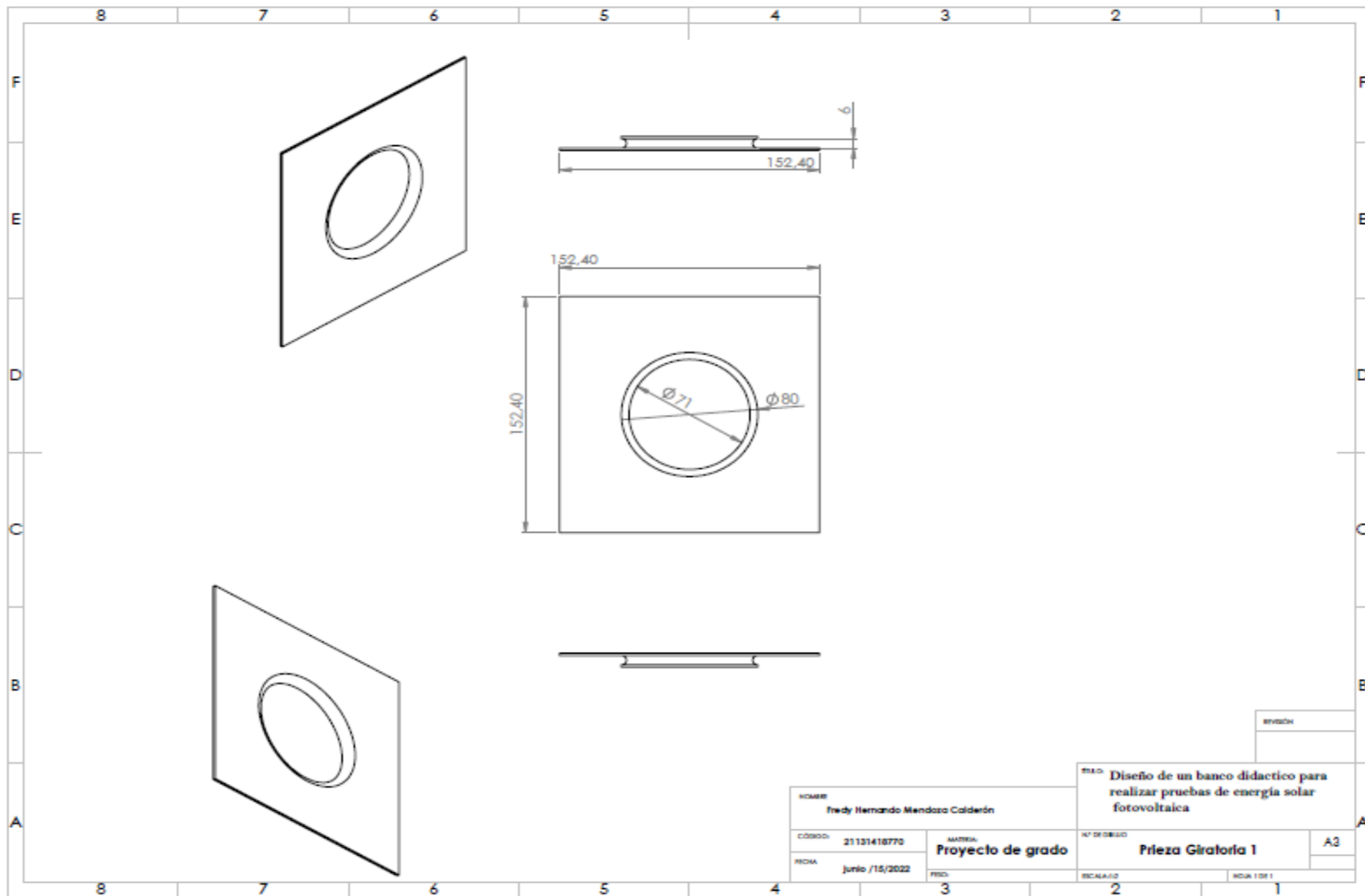
WORLD BANK GROUP. (2017, diciembre 5). Energía solar. World Bank; World Bank Group. <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/11/29/solar>

**ANEXO PLANOS ESTRUCTURA BANCO DIDÁCTICO**

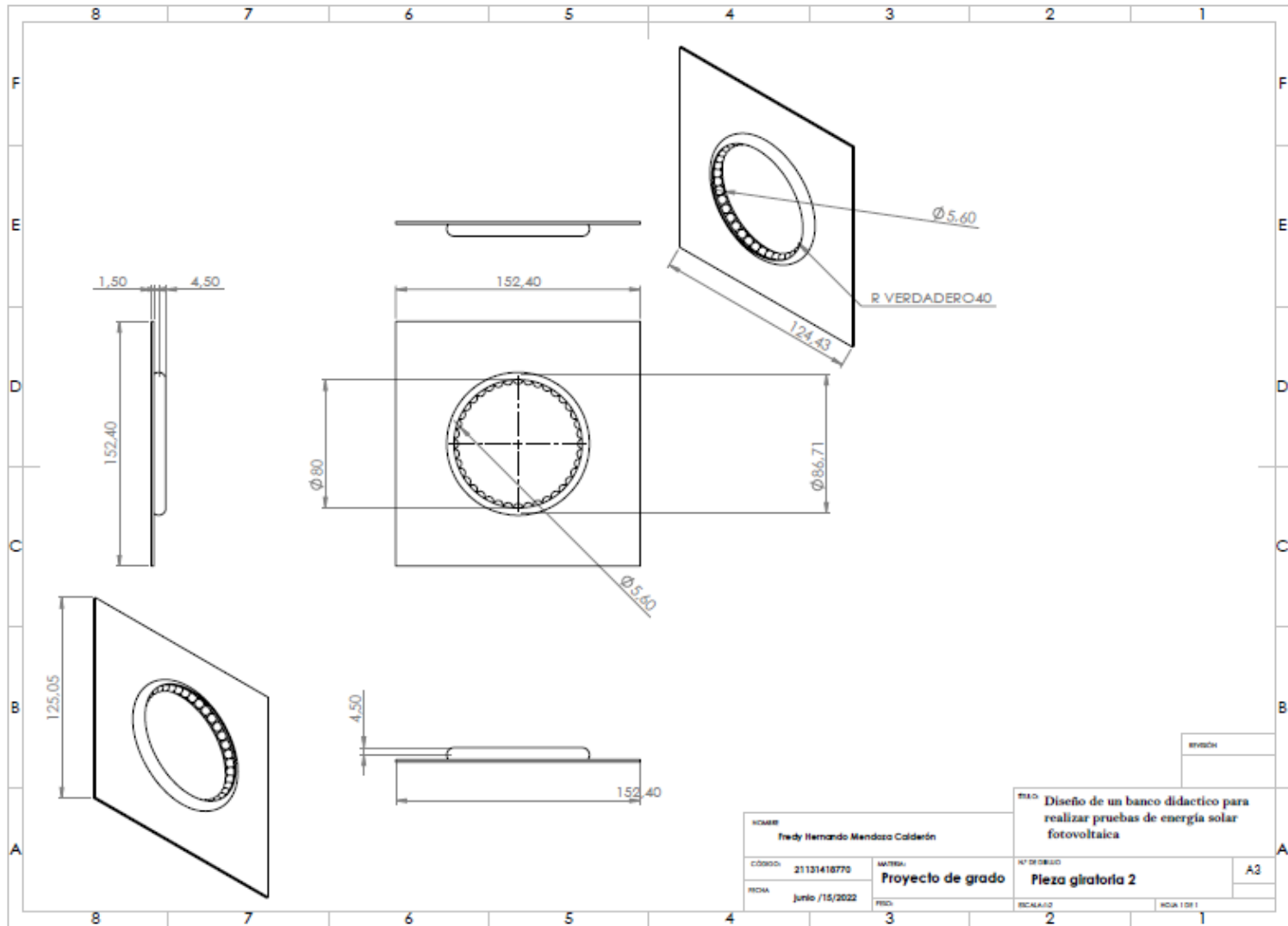
*Anexo 1. Plano Estructura Banco De Prueba*



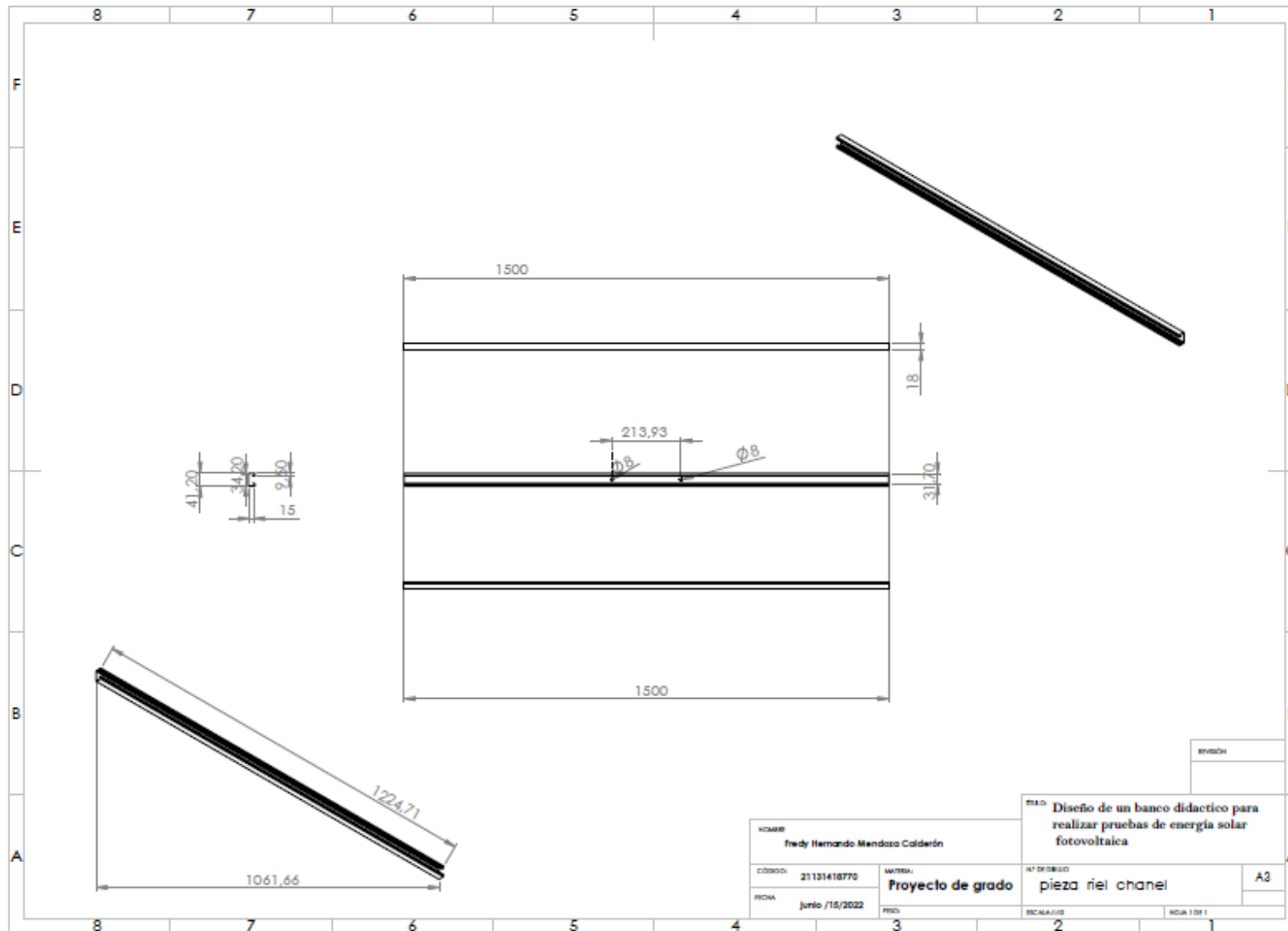
Anexo 2. Plano Soporte Giratorio



Anexo 3. Plano 2 Soporte Giratorio

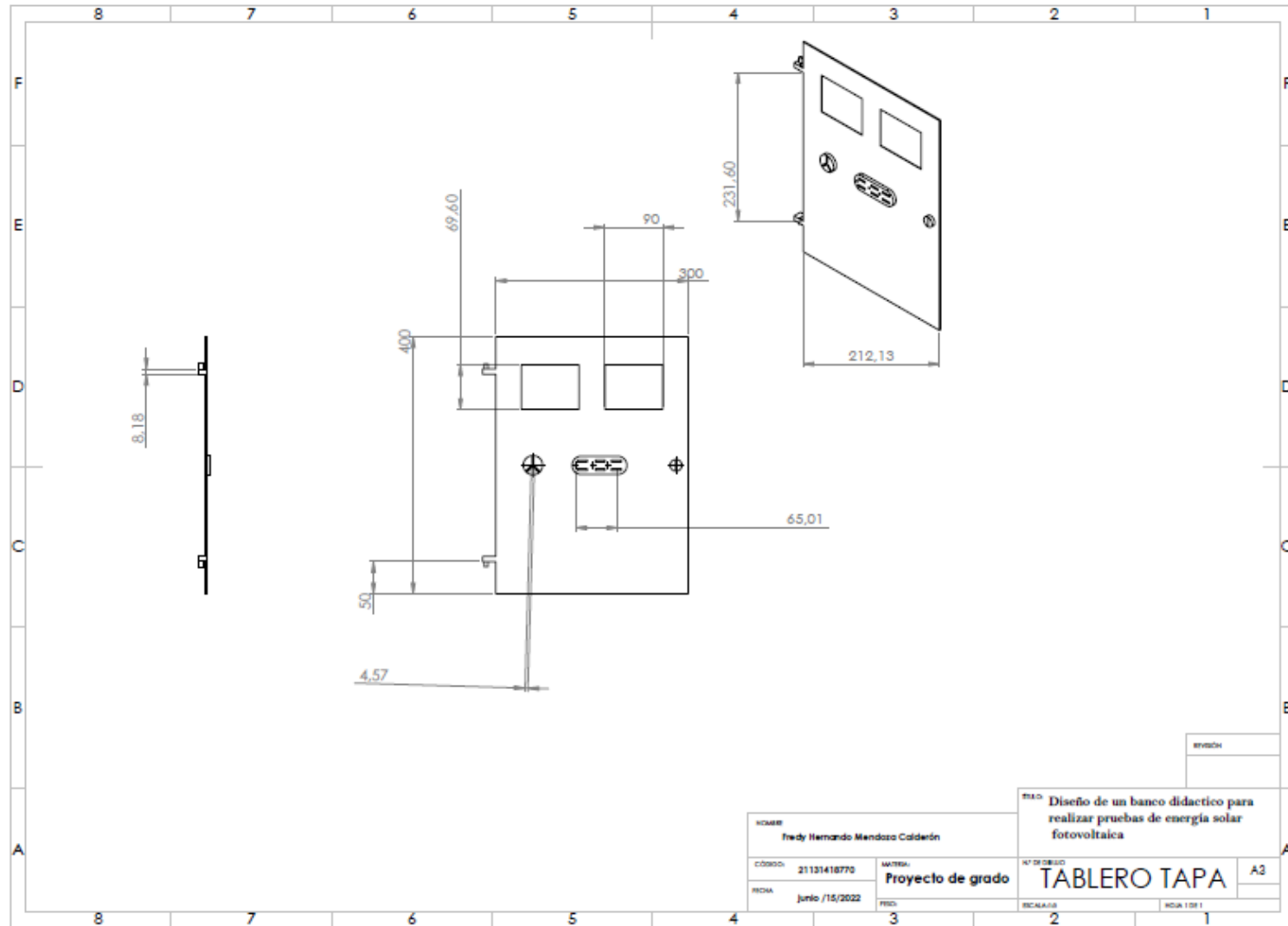


Anexo 4. Plano Riel

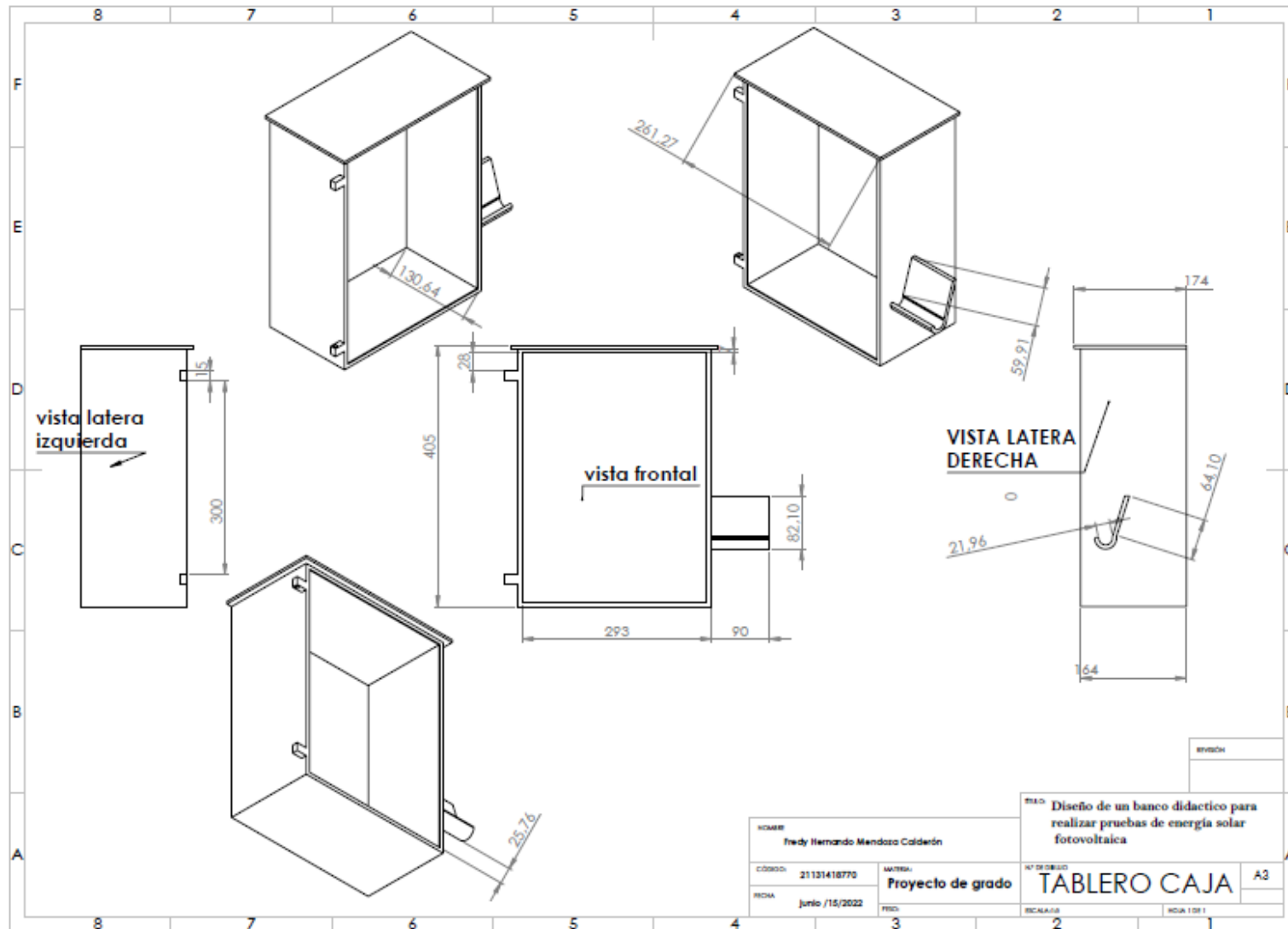




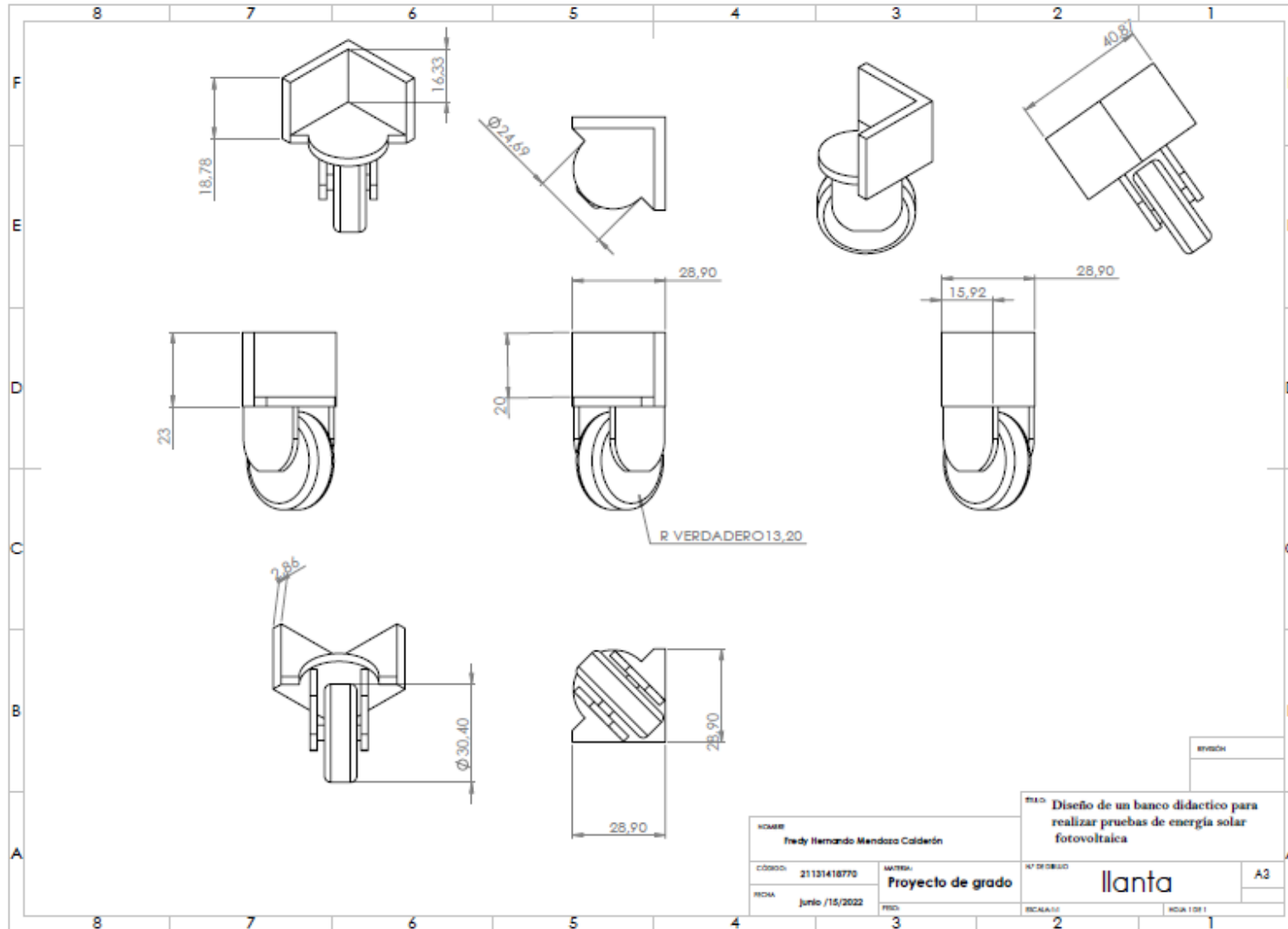
Anexo 5. Plano Tapa Tablero



Anexo 6. Plano Caja Tablero



Anexo 7. Plano Llanta



**ANEXO FICHAS TECNICAS KIT PANEL SOLAR**

## *Anexo 8. Características Del Panel Seleccionado Para El Diseño*

### **1 x Panel Solar 150W 12V Policristalino EcoGreen**



---

#### **Descripción**

El panel solar de 150W 12V Policristalino es uno de los más potentes de la gama de 12V muy usado para instalaciones en casetas de campos y chalets y viviendas de uso habitual incorporando con él baterías y reguladores de carga. Está formado por silicio Policristalino, más eficiente que el monocristalino en clima cálido y aun precio menor, es por ello que este panel ofrece unas garantías de rendimiento óptimas a un precio muy bueno. Es un panel solar de 12V y por lo tanto 36 células. Su tecnología de 4 buses por célula lo hace aún más eficiente captando una mayor producción de las mismas en todas las condiciones solares posibles.

Potencia del Panel Solar	150W
Tipo de célula del panel solar:	Policristalino
Rigidez del Panel Solar:	Rígido
Dimensiones del Panel Solar:	1480 x 670 x 30 mm
Tensión Máxima Potencia:	18.40 v
Corriente en Cortocircuito ISC_	8.15A
Eficiencia del Módulo:	15.13%
Amperios Máximos de Salida IMP:	8.75A
Tensión Circuito Abierto:	22.51V
Voltaje de Trabajo del Panel Solar:	12V
Peso del Panel Solar:	11Kg
Marco del Panel Solar:	Blanco y Gris
Garantía del Panel Solar:	25 años

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/paneles-solares-12v/panel-solar-150w-12v-policristalino-ecogreen#specification>

### *Anexo 9. Batería Solar 150AH De GEL 12V SUNBATT*




---

#### **Descripción**

La Batería AGM 12V 18Ah Tensite es un acumulador compacto con un formato estándar que no requiere de mantenimiento. Tampoco emite vapores durante su funcionamiento y se trata de una excelente opción como fuente de alimentación para un pequeño sistema de iluminación o señalización, con unos consumos esperados bajos.

---

#### **Características Técnicas**

La Batería AGM 12V 18Ah Tensite es una batería de 12V ya que dispone de 6 celdas de 2V dentro de la misma. Además, ésta, es de tipo VRLA, lo que nos señala que se trata de un modelo estanco que no requiere de mantenimiento. El electrolito en su interior, se mantiene dentro de una membrana que se sitúa en torno a las placas de plomo en vez de encontrarse en estado líquido sumergiendo las mismas. Asimismo, es de ciclo profundo, sin embargo, no se aconseja llevar a cabo este tipo de descargas habitualmente ya que disminuirá su vida útil considerablemente. Funcionando a un 30% puede proporcionar más de 1200 ciclos, mientras que cuando funciona con descargas del 50% sus ciclos de vida disminuirán aproximadamente a la mitad. Es por eso que para mantener una buena vida útil para la Batería AGM 12V 18Ah Tensite no se recomienda superar ese umbral.

- Dimensiones de 181.5 x 77 x 167 (incluyendo el terminal de conexión) mm.  
Peso aproximado de 5,5kg.
- Capacidad en C20: 20Ah
- Voltaje límite absoluto con batería descargada: 10,5V
- Batería VRLA sin mantenimiento (Valve Regulated Lead Acid)
- Tecnología AGM con separador de vidrio absorbente entre las placas de plomo

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/pdf/datasheet-tensite-batteries-AGM-12-18.pdf>

### Anexo 10. Controlador Carga 10A PWM 12-24 LCD




---

#### Descripción

---

El Controlador Carga 10A PWM 12V-24V LCD es ideal para ser utilizado en instalaciones solares de pequeño tamaño tanto de 12 como de 24V. Este controlador de carga se caracteriza por tener una pantalla LCD que permite visualizar y monitorizar todos los parámetros de nuestra instalación solar. Cuenta con grandes prestaciones de control y protección e incluye puertos de carga USB, todo ello a un precio muy económico

---

#### Ficha Técnica

---

Voltaje de Trabajo del Regulador:	Compatible con instalaciones a 12V y 24V
Voltaje de entrada Permitido desde Paneles:	Igual o superior al voltaje en baterías
Amperios Máximos de Carga del Regulador:	10A
Salida de Consumo en DC:	12V/24V
Garantía del convertidor de Corriente:	2 años

Fuente: Recuperado de <https://autosolar.co/controladores-de-carga-pwm/controlador-carga-10a-pwm-12-24v-lcd#specification>

### Anexo 11. Cable Unifilar 6 mm<sup>2</sup> Solar PV ZZ-F Rojo




---

#### Descripción

---

Cable Unifilar 6 mm<sup>2</sup> Solar ZZ-F Rojo, especial para instalaciones eléctricas. Se trata de un cable de potencia libre de halógenos. El cable Solar ZZ-F es un cable flexible de potencia diseñado para satisfacer los requisitos industriales más exigentes como por ejemplo las conexiones industriales de baja tensión, redes urbanas, instalaciones en edificios

---

#### Ficha Técnica

---

Características eléctricas:	Baja tensión CA: 06 & 1KV. CC1 8KV
Norma de Referencia:	EN 50618 / TUV 2Pfg 1169-08 /UTE C 32-502
Normas y certificaciones:	CE, TuV, RoHS
Características Térmicas	Temperatura máxima del Conductor: 120°C Temperatura máxima en corto circuito: 250°C (max 5 seg) Temperatura mínima del servicio -40°C
Características frente al fuego:	No propagación de la llama <u>UNE-EN 60332-1; IEC 60331-1</u> Halógenos: <u>UNE-EN 60754 e IEC 60754</u> Baja emisión de humos <u>UNE-EN 61034; IEC 61034</u> . Transmitancia luminosa +60% Baja emisión de gases corrosivos <u>UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2</u> .
Características térmicas:	Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior. Resistencia a los impactos: AG2 medio. Resistencia a grasas y aceites: excelente.
Características químicas:	Resistencia a los ataques químicos: excelente. Resistencia a los rayos ultravioleta: <u>EN 50618 y TÜV 2Pg 1169-08</u> .
Resistencia al Agua	Resistencia de agua: AD8 sumergida
Vida útil:	30 años <u>UNE-EN 60216-2</u>
Condiciones de Instalación:	Al aire
Embalaje:	Disponibile en rollos de film retractilado (de 50m y 100m) y bobinas

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/cable-unifilar/cable-unifilar-6-mm2-solar-pv-zz-f-rojo#specification>



## Anexo 12. Cable Unifilar 6 mm<sup>2</sup> Solar PV ZZ-F Rojo




---

### Descripción

---

Cable Unifilar 6 mm<sup>2</sup> Solar ZZ-F negro, especial para instalaciones eléctricas. Se trata de un cable de potencia libre de halógenos. El cable Solar ZZ-F es un cable flexible de potencia diseñado para satisfacer los requisitos industriales más exigentes, como por ejemplo las conexiones industriales de baja tensión, redes urbanas, instalaciones en edificios

---

### Ficha Técnica

---

Características eléctricas:	Baja tensión CA: 06 & 1KV. CC1 8KV
Norma de Referencia:	EN 50618 / TUV 2Pfg 1169-08 /UTE C 32-502
Normas y certificaciones:	CE, TuV, RoHS
Características Térmicas	Temperatura máxima del Conductor: 120°C Temperatura máxima en corto circuito: 250°C (max 5 seg) Temperatura mínima del servicio -40°C
Características frente al fuego:	No propagación de la llama <u>UNE-EN 60332-1; IEC 60331-1</u> Halógenos: <u>UNE-EN 60754 e IEC 60754</u> Baja emisión de humos <u>UNE-EN 61034; IEC 61034</u> . Transmitancia luminosa +60% Baja emisión de gases corrosivos <u>UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2</u> .
Características térmicas:	Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior. Resistencia a los impactos: AG2 medio. Resistencia a grasas y aceites: excelente.
Características químicas:	Resistencia a los ataques químicos: excelente. Resistencia a los rayos ultravioleta: <u>EN 50618 y TÜV 2Pg 1169-08</u> .
Resistencia al Agua	Resistencia de agua: AD8 sumergida
Vida útil:	30 años <u>UNE-EN 60216-2</u>
Condiciones de Instalación:	Al aire
Embalaje:	Disponibile en rollos de film retractilado (de 50m y 100m) y bobinas

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/cable-unifilar/cable-unifilar-10-mm2-solar-pv-zz-f-rojo#specification>

### Anexo 13. Cable Unifilar 10 mm<sup>2</sup> Solar PV ZZ-F Rojo




---

#### Descripción

---

Cable Unifilar 10 mm<sup>2</sup> Solar ZZ-F Rojo, especial para instalaciones eléctricas. Se trata de un cable de potencia libre de halógenos. El cable Solar ZZ-F es un cable flexible de potencia diseñado para satisfacer los requisitos industriales más exigentes, como por ejemplo las conexiones industriales de baja tensión, redes urbanas, instalaciones en edificios

---

#### Ficha Técnica

---

Características eléctricas:	Baja tensión CA: 06 & 1KV. CC1 8KV
Norma de Referencia:	EN 50618 / TUV 2Pfg 1169-08 /UTE C 32-502
Normas y certificaciones:	CE, TuV, RoHS
Características Térmicas	Temperatura máxima del Conductor: 120°C Temperatura máxima en corto circuito: 250°C (max 5 seg) Temperatura mínima del servicio -40°C
Características frente al fuego:	No propagación de la llama <u>UNE-EN 60332-1; IEC 60331-1</u> Halógenos: <u>UNE-EN 60754 e IEC 60754</u> Baja emisión de humos <u>UNE-EN 61034; IEC 61034</u> . Transmitancia luminosa +60% Baja emisión de gases corrosivos <u>UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2</u> .
Características térmicas:	Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior. Resistencia a los impactos: AG2 medio. Resistencia a grasas y aceites: excelente.
Características químicas:	Resistencia a los ataques químicos: excelente. Resistencia a los rayos ultravioleta: <u>EN 50618 y TÜV 2Pg 1169-08</u> .
Resistencia al Agua	Resistencia de agua: AD8 sumergida
Vida útil:	30 años <u>UNE-EN 60216-2</u>
Condiciones de Instalación:	Al aire
Embalaje:	Disponibile en rollos de film retractilado (de 50m y 100m) y bobinas

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/kits-solares-aislada/kit-solar-acceso-12v-480whdia>

### *Anexo 14. Fusible 10A 500V 10x38*



---

#### **Descripción**

---

El fusible 10A 500V 10x38 para paneles solares tiene como función principal hacer un cortocircuito cuando se produzca un exceso de carga. Esta reacción ocurre del siguiente modo: corta la corriente eléctrica a la vez que evita un sobrecalentamiento de los dispositivos conectados. En referente a la elección del valor que determina la reacción del fusible de 10A, éste, viene determinado por el valor máximo que es capaz de soportar el resto de elementos de la instalación solar fotovoltaica. Gracias al uso del fusible 10A 500V 10x38 en una instalación solar fotovoltaica, se reduce el riesgo de incendio o destrucción de otros elementos del sistema solar fotovoltaico. La tarea principal de cualquier modelo de fusible es, por tanto, facilitar el paso constante de la corriente eléctrica hasta alcanzar el máximo valor que el dispositivo conectado requiera.

Los fusibles se usan en la conexión de los paneles solares garantizando que en el caso de que la intensidad los mismos superen los valores máximos admitidos, el resto de los elementos de la instalación solar fotovoltaica no se verán perjudicados. A parte de este uso también son usados en otros sectores como el sector de la automoción. En resumen, se trata de un dispositivo que facilita la integridad y seguridad de una instalación solar fotovoltaica, por lo que es muy aconsejable su uso.

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/fusible/fusible-10a-500v-10x38#specification>

### *Anexo 15. Portafusible 1000VDC 10x38 Suntime*



---

#### **Descripción**

---

Por el diseño compacto que tiene el Portafusible 1000VDC 10x38 Suntime es idóneo para fusibles cilíndricos de hasta 1000V. Para mejorar el funcionamiento del fusible, este está compuesto por un pequeño conducto de ventilación. Está fabricado con un material autoextinguible que hace que la seguridad aumente, ya que cuando detecta alguna incidencia hace que el fusible se accione. Su funcionamiento es fácil y manejable. El portafusible es compatible con fusibles de hasta 30A de alto voltaje o 1000V, siempre y cuando las dimensiones sean de 10x38.

Es un portafusible que cumple con las normas establecidas. Si tiene alguna duda o cuestión sobre dicho producto, es recomendable que se ponga en contacto con AutoSolar, donde nuestros expertos le asesorarán sin ningún compromiso.

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/portafusibles/portafusible-1000vdc-10x38-suntime#specification>

### Anexo 16. DPS Solar 600VDC 20KVA 2 POLOS FEEO




---

#### Descripción

Se utiliza para controlar picos de tensión. Se ubica sobre cada cable que va al panel solar del controlador del inversor. Su uso se combina con la instalación de fusibles para así obtener una protección más fuerte ya que el dispositivo está protegido contra sobretensiones.

Además, se puede combinar con la instalación de fusibles para crear una protección galvánica ya que el dispositivo protege frente a excesivos voltajes. Superado el umbral interviene la protección, en este caso 600VDC. Debe instalarse en una conexión a tierra diferente a la utilizada para la instalación de corriente alterna de la casa.

---

#### Ficha Técnica

Máxima Tensión PV	600V
Corriente nominal de descarga:	20kA
Corriente máxima de descarga:	40kA
Tiempo de respuesta:	25 ns
Secciones de conexión de cableado entre:	1,5mm y 35mm

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/accesorios-de-inversores/dps-solar-600vdc-20kva-2-polos-feeo#specification>

### *Anexo 17. Breaker DC 2P 550VDC 16A Suntree*



---

#### **Descripción**

---

Los breakers automatizados en miniatura Suntree 550 VDC llevan integrado un limitador de corriente y se benefician de dos disparos distantes. La tecnología de disparo térmico retardado es para evitar las cargas excesivas y el mecanismo electromecánico para el disparo para protección contra cortocircuitos. Este dispositivo lo podemos encontrar en distintas características y ajustes, capacidades de ruptura y clasificadas corrientes. Estas diferentes capacidades facilitan su funcionamiento para aplicaciones residenciales.

Dentro de la gama 550VDC encontramos el modelo Breaker DC 2P 550VDC 16A Suntree. Está diseñado para funcionar en instalaciones monofásicas. El voltaje de funcionamiento de este breaker más elevado (teniendo en cuenta la tolerancia) es de 550V DC, y el voltaje inferior de 12V DC. Por otro lado, la corriente nominal, tal y como su denominación indica, es de 16A con una pérdida de eficiencia de 5W (en circunstancias nominales de operación por polo 2,5W).

El Breaker DC 2P 550VDC 16A Suntree es el correspondiente a la especificación 550VDC y está preparado para funcionar en instalaciones de una sola fase, es decir, monofásicas. El voltaje de trabajo de este breaker (considerando la tolerancia) es de 440V DC, y el mínimo es de 12V DC, mientras que la corriente nominal tal y como su nombre indica es de 16A con una pérdida de eficiencia de 5W (en circunstancias nominales de trabajo por polo 2,5W).

El Breaker DC 2P 550VDC 16A Suntree tiene un peso de 0,24 kg y unas dimensiones de 35 x 80 x 71 mm. Viene con un interruptor pequeño capaz de funcionar en corriente continua.

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/breakers/breaker-dc-2p-550vdc-16a-suntree#specification>

### *Anexo 18. Tablero Sobreponer 6 Polos*



---

#### **Descripción**

---

El tablero Sobreponer 6 polos está fabricado para ser instalado en zonas de exterior gracias a su material ABS. Es un elemento que se encarga de proteger las conexiones del sistema de agentes externos. Gracias a la utilización de este elemento se puede evitar la ignifugación hacia el exterior, en caso de que se produzca cortocircuito.

Fuente: Recuperado de: <https://autosolar.co/tablero-de-sobreponer/tablero-sobreponer-6-polos>

### Anexo 19. Conector Solar O Mc4



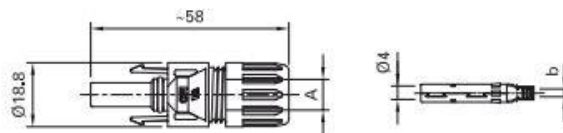
Son Conectores Ideales Para Realizar Especialmente Instalaciones Fotovoltaicas Ya Que Cumplen Con Los Requerimientos Para Soportar Condiciones Atmosféricas Extremas.

#### Partes De Un Conector MC4

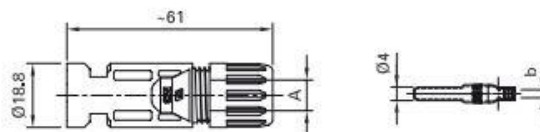
Esta Sección La Dividiremos En Dos Ya Que Hay Conectores MC4 Machos Y Conectores MC4 Hembras Y Es Muy Importante Poder Diferenciarlos Bien Tanto En La Carcasa Como En Las Láminas De Contacto. Lo Único Que Tienen En Común Los Conectores MC4 Son Los Conectores Glándula Y Las Grapas Que Van En El Interior Del MC4 Para Que Se Anclen Las Láminas De Contacto.

Los Conectores MC4 Los Nombramos Por La Carcasa, No Por La Lámina De Contacto, Esto Es Debido A Que La Lámina De Contacto De Un MC4 Macho Es Hembra Y La Lámina De Contacto De Un MC4 Hembra Es Macho.

PV-KBT4...



PV-KST4...







El sistema MC-4 es un automontaje de energía solar, el cual se encuentra entre uno de los más consolidados, fácil de conectar, conexiones duraderas y 100% funcionales en el exterior

Fácil desmontaje, el MC-4 es útil si el cable para el panel solar que está usando no cuenta con terminales o si es muy corto para llegar al regulador solar de carga.

---

### Características

---

Tipo de conector:	MC4
Cable permitido:	4mm <sup>2</sup> y 6 mm <sup>2</sup>
Diámetro exterior del cable:	5.5 – 9 mm
Corriente máxima:	30A
Voltaje máximo:	1000 VCC
Temperatura de trabajo:	-40 a 90 cc.
Protección:	IP67

Fuente: Recuperado de: [https://www.vistronica.com/conectores-cables-y-switches/conector-hembra-y-macho-mc4-para-panel-solar-detail.html?gmc\\_currency=1&gclid=Cj0KCQjwvLOTBhCJARIsACVIdV3W6ekk9-tLrG8R6iX0r7WEYps1AoQ3946RDg8iROBgyNZE KXIQwUaAk44EALw\\_wcB](https://www.vistronica.com/conectores-cables-y-switches/conector-hembra-y-macho-mc4-para-panel-solar-detail.html?gmc_currency=1&gclid=Cj0KCQjwvLOTBhCJARIsACVIdV3W6ekk9-tLrG8R6iX0r7WEYps1AoQ3946RDg8iROBgyNZE KXIQwUaAk44EALw_wcB)

### Anexo 20. Terminales De Ojo

**Material**

Aleación de cobre 60%, Policloruro de vinilo PVC 40%

**Uso**

utilizados para unir cables a pernos de manera segura, y con baja resistencia

**Ancho**

4,32

**Color**

Amarillo

**Alto**

1,27

**Peso**

33,17

**Tipo**

Terminales

**Características**

Terminal de Ojo preaislada con nylon color amarillo, para cables #12 a #10 AWG (2 mm<sup>2</sup>), orificio para perno de 6 mm a 9.5 mm, con 13 piezas, 600V máximo

**Largo**

9,14

**Norma técnica**

RETIE, UL, cUL

**Anexo 21. Electrodo 6013 3/32 HOFFMAN ARC**




---

**Características**

---

Electrodo de revestimiento rutílico, alto contenido de potasio que permite un arco suave y estable. Fácil manipulación en todos los tipos de soldadura de penetración mediana en láminas de hierro y acero dulce.

Deja cordones convexos de buena apariencia ya que el metal depositado produce una capa uniforme, lisa y sin estalladuras.

Escoria es de fácil remoción, incluso auto desprendible.

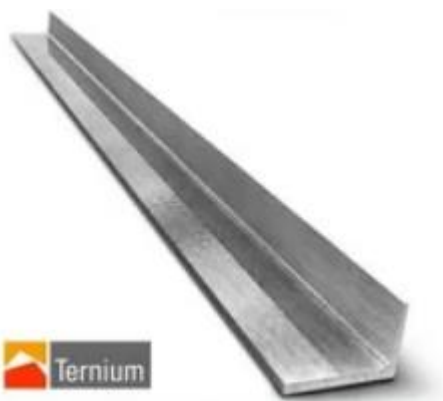
---

**Ficha Técnica Propiedades Mecánicas**

---

Carga de Fluencia, Pi (L.b.f)	6230,00
Carga Máxima, Pm (L.b.f)	7432,00
Esfuerzo de Fluencia, Ef (Kg/mm <sup>2</sup> )	51,5041
Esfuerzo Máximo, Em (Kg/mm <sup>2</sup> )	61,4214
Esfuerzo de Fluencia, Em (PSI)	73254,28
Esfuerzo Máximo, Em (PSI)	87360,00
Elongación, Ei (%)	21,00
Reducción de Área, Ra (%)	32,50

Fuente: Recuperado de: <https://www.stargas.com.ve/product/electrodos-6013-332-hoffman-arc/>

**Anexo 22. Angulo de Hierro 1 x 3/16**

---

**Características**

---

Perfiles laminados en caliente con sección transversal en forma de ángulo recto y alas iguales, producidos en acero de bajo tenor de carbono. Utilizados en la construcción metálica como elemento estructural formando parte de vigas, columnas, entrepisos, reticulados, etc. Admiten uniones tradicionales, bulones, soldadura.

---

**Ficha Técnica Características**

---

Dimensión Pulgadas:	1 x 3/16 mm
Peso Kg x M:	1,71 kg
Largo:	6 M
Peso:	10,26 kg

Fuente Recuperado de: <https://ferrocenter.mercadoshops.com.ar/MLA-815378056-angulo-de-hierro-1-x-316-6-mts-de-largo-oferta- JM>

*Anexo 23. Abrazaderas*

---

**Ficha Técnica**

---

<b>Material</b>	De Aluminio de 6005-T5
<b>Perno</b>	Acero Inoxidable 304
<b>Aplicación</b>	Sin marco panel solar
<b>Tamaño del Producto</b>	80 x 33 mm
<b>Ajustable organizar</b>	5,5 – 10mm
<b>Superficie</b>	Anodizado
<b>Puerto</b>	XIAMEN

Fuente: Recuperado de: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/solar-panel-fasteners-thin-film-clamps-60678572702.html>

**GUIAS DE LABORATORIO BANCO DIDACTICO PARA REALIZAR  
PRUEBAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

## Guía 1: Caracterización de paneles fotovoltaicos

<b>PROGRAMA:</b>	<b>INGENIERIA ELECTROMECHANICA</b>
<b>ASIGNATURA:</b>	
<b>NOMBRE DEL PROFESOR</b>	
<b>NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES</b>	
<b>FECHA:</b>	

### Objetivos

- ✓ Estudiar y caracterizar los paneles solares
- ✓ Obtener la curva I-V variando parámetros.
- ✓ Cuantificar la eficiencia de un panel solar.

### Introducción.

La caracterización es un tipo de descripción cualitativa que puede recurrir a datos o a lo cuantitativo con el fin de profundizar el conocimiento sobre algo. Para cualificar ese algo previamente se deben identificar y organizar los datos; y a partir de ellos, describir de una forma estructurada; y posteriormente, establecer su significado. En otras palabras, la caracterización de corriente-voltaje permite visualizar el rendimiento de una celda fotovoltaica, evidenciando los efectos de la irradiación, la temperatura de la célula solar y la carga eléctrica en el comportamiento la misma.

## Materiales

- Multímetro
- Pinza amperimétrica
- Paneles
- Cables de conexión

## Información previa

- Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos
- ¿Qué es la curva característica de un panel o curva i-v?
- Como se hace una curva V-I
- Eficiencia de un panel fotovoltaico.
- Modelo eléctrico de un sistema

## Procedimiento

- **Efecto de la variación del ángulo de inclinación en la corriente del panel.**

La determinación del ángulo óptimo de inclinación es un factor de diseño que afectará notablemente la producción total del sistema solar fotovoltaico.

Determinación del ángulo óptimo de inclinación:

### Ecuación de comportamiento

$$Q_{opt} = 3.7 + 0.69\phi$$



*Tabla Incidencia ángulo de inclinación*

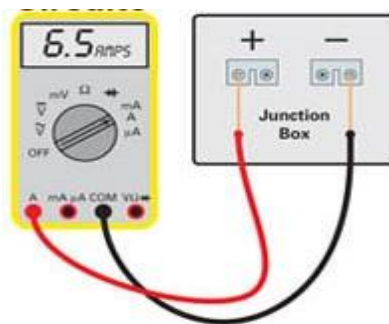
Angulo $\beta$ (°)	Corriente(A)	Voltaje(V)	Perdida con respecto al $\varphi_{opt}$ (%)

Nota: Para la caracterización de los paneles es importante tener en cuenta que todo cálculo se realizará con el ángulo óptimo

### Caracterización de los Paneles

- Para la caracterización, se tomarán medidas de intensidad y voltaje para cada panel solar. (para los módulos con dos paneles únicamente se caracteriza uno de ellos)
- Se ubican los módulos de modo que no cambie su temperatura ni la radiación mientras se hacen las pruebas.
- Medida de intensidad en corto circuito.

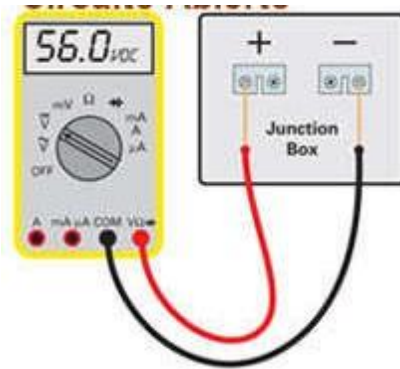
### Corriente en corto circuito



Fuente: Recuperado de Fuente: <http://www.electricidad-gratuita.com/Images/multimetro1.jpg>

**Nota:** Esta medida debe realizarse lo más rápido posible para evitar daños en el panel.

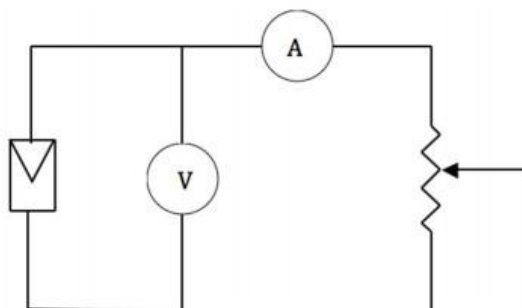
- Medida de voltaje en circuito abierto



Fuente: Recuperado de <http://www.electricidadgratis.com/Images/multimetro1.jpg>

- Los elementos de medición se conectan como lo indica la figura
- Los datos se toman variando de mayor a menor la resistencia (Con todos los bombillos prendidos y se van apagando uno a uno). Esto con el fin de encontrar la corriente y el voltaje máximo en el sistema.
- Realizar la curva característica para cada tipo de panel.

**Diagrama del circuito eléctrico para la medición de la curva I-V**



Panel: \_\_\_\_\_

Temperatura: \_\_\_\_\_

Irradiación: \_\_\_\_\_

RESISTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA

**Nota:** La corriente en corto circuito y el voltaje en circuito abierto se utilizan para fabricar el circuito eléctrico de la curva I-V

Los datos de la tabla se emplean para encontrar la corriente y el voltaje máximo.

### **Efecto de la temperatura en el panel**

Los sistemas de energía solar dependen de las condiciones ambientales de operación, la temperatura en el módulo es un factor importante en la eficiencia del sistema para ello tomaremos los datos de la temperatura sobre la superficie del módulo con la termocupla de un equipo de medición (multímetro).

1. Conectar el sistema (Panel, controlador, inversor, batería, resistencias)
2. Medir la temperatura inicial del panel y posteriormente la corriente y el voltaje del panel.

**Esta medida se debe tomar antes de exponer el panel al sol.**

3. Medir la temperatura, el voltaje y la corriente en intervalos de 5 minutos.

**Panel:** \_\_\_\_\_

**Irrradiación:** \_\_\_\_\_

T(°C)	(V)	I(mA)	W
5 minutos después			
10 minutos después			
15 minutos después			

### Efecto de la sombra

Para analizar los efectos de la sombra en el comportamiento de la curva I-V del panel es necesario realizar mediciones con el panel totalmente descubierto, cubriendo una parte y cuando la mayoría del arreglo de celdas está tapado.

**Panel:** \_\_\_\_\_

**Temperatura:** \_\_\_\_\_

### Incidencia de Sombreado en módulos.

CANTIDAD DE SOMBRA	VOLTAJE	POTENCIA	EFICIENCIA	CORRIENTE
Descubierto				
Una celda cubierta				
Todo cubierto				

### Eficiencia del panel

La eficiencia es la relación entre la potencia luminosa que incide en el panel y la potencia eléctrica que se obtiene. La potencia se obtiene como el producto de la tensión por la intensidad y existe un punto de operación donde esta es máxima, que se sitúa en el punto de inflexión de las curvas, en este punto la resistencia de carga coincide con el valor de la resistencia interna de la célula.

La potencia máxima se suele dar cuando la intensidad es del 90% de la intensidad del circuito  $I_m=0,9I$ . En concreto la potencia máxima es el producto de esta corriente máxima por la tensión correspondiente.

$$\eta = \frac{P_m}{E * A_{cy}} \times 100$$

$P_m$ : Punto de potencia máxima

$E$ : Irradiancia ( $W/m^2$ )

$A_{cy}$ : Área Superficial de la célula solar ( $A_c$  en  $m^2$ )

RESISTENCIA	ANGULO	VOLTAJE	CORRIENTE	RENDIMIENTO

## Guía 2: Equipos Utilizados En Un Sistema De Energía Solar Fotovoltaica

<b>PROGRAMA:</b>	<b>INGENIERIA ELECTROMECHANICA</b>
<b>ASIGNATURA:</b>	
<b>NOMBRE DEL PROFESOR</b>	
<b>NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES</b>	
<b>FECHA:</b>	

### Objetivos:

- Reconocer el uso adecuado de las herramientas que son utilizadas tanto el diseño como en la construcción de un sistema fotovoltaico.
- Tener en cuenta cuales son los cuidados que se deben tener al manipular las herramientas con el fin de garantizar su durabilidad y la seguridad de quienes la emplean.

### Actividad

Describir en los espacios correspondientes, el nombre, uso y cuidados al dar uso a cada una de las herramientas que se muestran a continuación:

### Introducción:

Para comenzar a diseñar cualquier instalación eléctrica, por defecto, además de la lista de materiales, también se deben reconocer las herramientas y equipos necesarios para realizar el

trabajo. Lo mismo ocurre cuando hay que diseñar una instalación eléctrica basada en un sistema fotovoltaico. A continuación, se estudiarán o revisarán estas herramientas o equipos necesarios para ensamblar dichos sistemas.

EQUIPO	NOMBRE	APLICACIONES	CUIDADOS
			
			
			

EQUIPO	NOMBRE	APLICACIONES	CUIDADOS
 <p>A digital battery monitor (BM-1) with a black casing and a yellow LCD display. The display shows a voltage of 12.5V and a discharge current of 17.8A. A discharge level indicator on the right shows approximately 40% discharge. The device has four buttons at the bottom: a power button, a mode button, a reset button, and a backlight button.</p>			
 <p>A black and blue EnergiAT power supply unit. It is a rectangular device with a fan on the front. The front panel features a red DC output terminal and a black AC input terminal. The brand name 'EnergiAT' and the specifications '400Watt 24VDC' are printed on the front.</p>			



### Guía 3: Tipos De Paneles Solares

<b>PROGRAMA:</b>	<b>INGENIERIA ELECTROMECHANICA</b>
<b>ASIGNATURA:</b>	
<b>NOMBRE DEL PROFESOR</b>	
<b>NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES</b>	
<b>FECHA:</b>	

#### Objetivos:

- Reconocer e identificar las clases de paneles solares
- Familiarizarse con la estructura física y composición química
- Observar la eficiencia

#### Introducción

Los paneles o módulos fotovoltaicos (a menudo llamados paneles solares, aunque este nombre engloba a otros dispositivos) consisten en un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que generan electricidad (energía solar) a partir de la luz que incide sobre ellas

**Los paneles solares fotovoltaicos se dividen en:**

- Monocristalinos
- Policristalinos
- Amorfos

**Actividad**

1. Observar los tipos de paneles del módulo para adquirir los conocimientos necesarios para poder diferenciar sus propiedades técnicas y físicas con el fin de que los alumnos puedan interpretar cada uno de estos elementos.
2. Identificar los paneles solares que se muestran a continuación:



3. De acuerdo a los diferentes tipos solares, realizar una breve descripción según su forma física y características de cada uno.



---

---

---

---



---

---

---

---



---

---

---

---

#### Guía 4: Parámetros A Tener En Cuenta En Un Sistema Fotovoltaico

<b>PROGRAMA:</b>	<b>INGENIERIA ELECTROMECHANICA</b>
<b>ASIGNATURA:</b>	
<b>NOMBRE DEL PROFESOR</b>	
<b>NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES</b>	
<b>FECHA:</b>	

#### Objetivos:

- Identificar todas y cada uno de las diferentes clases de parámetros eléctricos empleados en los sistemas fotovoltaicos.
- Vincular los parámetros eléctricos asociados a los componentes que construyen un sistema fotovoltaico
- Con base a la ley de Ohm tener la capacidad de analizar y resolver ejercicios relacionados con diferentes tipos de parámetros eléctricos

#### Introducción

Es bien sabido que, a la hora de resolver cálculos de consumo, ampacidad, tensión admisible, etc., hay que tener en cuenta algunos parámetros eléctricos. Todo Electricista sabe que conocer estos parámetros es fundamental a la hora de comprar y conectar equipos, estos parámetros eléctricos están impresos en algunos equipos, llamados datos de placa de identificación.

Estos datos no son más que los parámetros soportados por estos equipos y esperan condiciones normales de funcionamiento y seguridad de sistemas y personas.

### Actividad

1. Completar la tabla que se encuentra abajo con los símbolos, formula, unidad de medida para los siguientes parámetros eléctricos.

PARAMETRO	SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	PREFIJO	ECUACION
Corriente				
Voltaje				
Resistencia				
Energía				

2. Teniendo en cuenta la información de la tabla anterior resolver los siguientes ejercicios.
  - a) Cuál es el valor de resistencia de un circuito, si el valor potencial es de 12V con una corriente de 4A.
  - b) Cuál es el propósito de la potencia generada por un panel fotovoltaico.
  - c) En un sistema fotovoltaico se encuentra conectado 1 foco a 100 Voltios con una potencia de 80 Watt. Durante 2 horas. ¿Cuál es la energía consumida?

### Guía 5: Lectura De Los Parámetros Eléctricos En El Panel Policristalino

<b>PROGRAMA:</b>	<b>INGENIERIA ELECTROMECHANICA</b>
<b>ASIGNATURA:</b>	
<b>NOMBRE DEL PROFESOR</b>	
<b>NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES</b>	
<b>FECHA:</b>	

#### Objetivos.

- Ser capaz de identificar y realizar las correspondientes mediciones de voltaje y de corriente generada por el panel policristalino
- Controlar mediante los equipos destinados para ello el comportamiento del voltaje en la salida del panel solar en diferentes ángulos.

#### Introducción


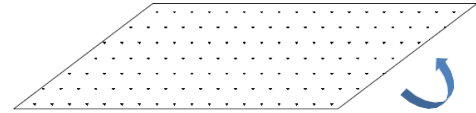
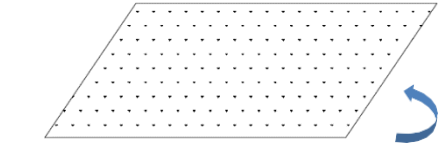
En un Sistema Fotovoltaico, la fuente o equipo utilizado para obtener la fuerza electromotriz (energía eléctrica) es un panel solar. Los tipos y propiedades de los paneles y módulos solares tienen un impacto significativo en cuanto a calidad y duración de la energía, ya que no todos los paneles poseen una gran capacidad, esto depende del tipo, tamaño, potencia y voltaje máximo y los cables de corriente.

## Actividad

Haciendo uso del panel solar realizar lo siguiente:

1. Orientar el panel en dirección Norte, Sur y Oeste
2. Los ángulos de inclinación que se usarán serán los descritos en la tabla 1.
3. Realizar mediciones en el panel solar de acuerdo a diferentes ángulos de inclinación
4. Realizar las mediciones de voltaje y completar la tabla 1 con los valores obtenidos.

TABLA 1

ANGULOS	VOLTAJE	OBSERVACION
<p><math>\theta = 0^\circ</math></p> 		
<p><math>\theta = 30^\circ</math></p> 		
<p><math>\theta = 60^\circ</math></p> 		

**GUIAS DE MANTENIMIENTO DE UN MODULO FOTOVOLTAICO**



## Introducción.

El mantenimiento rutinario de un módulo fotovoltaico consiste en realizar la limpieza de la superficie con agua si está sucia de polvo, pero si la superficie está sucia de algún otro material que no se despega fácilmente con agua, nunca se debe hacer uso de algún limpiador químico, ya que estos pueden corroer la superficie de los módulos o podrían deteriorar las uniones de las células fotovoltaicas y por consecuencia se produciría la pérdida de potencia de éste y finalmente llevaría a la falla total del sistema. Esto puede terminar con el reemplazo de los módulos dañados.

Además de la limpieza de la superficie se debe inspeccionar los conectores, cables, tornillos, base metálica con el fin de asegurarnos de que el funcionamiento del sistema sea el correcto y que toda la estructura se encuentre en buen estado. Durante la inspección se debe prestar especial atención a los cables rotos, pelados o desnudos a la oxidación de los conectores o de la estructura en general.

Como nota adicional se debe tener en cuenta que la utilización de cualquier sustancia NO APROBADA para la limpieza puede causar el deterioro de estos, por ende, causa pérdida de la garantía de los paneles.

## NORMAS DE MANTENIMIENTO DE LAS BATERÍAS

- **Inspección Visual.** La inspección visual de las baterías debe efectuarse mensualmente. Se debe comprobar si aparece alguno de los siguientes efectos degradativos:



1. **Corrosión.** Provoca que la corriente no se distribuya uniformemente por todos los vasos de la batería.



2. **Sulfatación.** Aparece cuando la batería trabaja en estados de carga deficitarios. Se caracteriza por la aparición de cristales de color azul verdoso en la bornera positiva principalmente.



3. Limpieza. Limpiar los vasos con un paño humedecido, las conexiones con una brocha metálica y en las borneras de debe aplicar vaselina para evitar la corrosión.

### Medidas de control:

Voltaje global (mensualmente), voltaje de los vasos individualmente (cada 3 meses). Densidad del electrolito, temperatura, resistencia de las conexiones ilustración de cada uno de los elementos.

### Normas básicas para cargar las baterías comunitarias.

- Verificar que la batería esté a su nivel correcto de agua. Es peligroso para la batería si el agua no está por encima de las placas.
- Solo verter en la batería agua desmineralizada o destilada.
- No agregar ácido a la batería
- Evitar que la batería se descargue por completo, puesto que las placas pierden sus propiedades de almacenar la energía.
- La batería debe estar ubicada preferiblemente sobre una superficie no conductiva como madera, caucho, etc.

### MANTENIMIENTO Y PRECAUCIONES BASICAS DEL REGULADOR DE CARGA.

El regulador de carga no necesita de mantenimiento, considerando que este dispositivo es el encargado de salvaguardar el sistema, es muy importante tratarlo con cuidado, porque de un buen funcionamiento del regulador depende todo el sistema de generación. Cuando se produce una alarma en el regulador, sea esta luminosa o acústica, es necesario leer el cuadro anexo proporcionado por el equipo instalador, para averiguar y solucionar la causa del problema.

### Ejemplo

**Si se acciona la alarma de batería baja**, Significa que se han dejado prendidos durante la noche la mayoría de los equipos y el regulador está próximo a desconectar el sistema, para permitir la

recarga de la batería. También puede significar que la batería tiene algún problema y es necesario llamar al servicio técnico.

**Si está prendida la alarma de cortocircuito,** Significa que algún cable está deteriorado o que algún cable de la estación de carga de las baterías comunitarias está haciendo cortocircuito.

**Si el regulador está apagado.** Significa que se ha producido algún inconveniente en el sistema y es necesario sustituir el fusible. Si este inconveniente se repite o al sustituir el fusible el regulador no se prende, es necesario avisar al servicio técnico.

Condición de error	Muestra	Razón	Solución
No se suministran los consumos	luz LED Roja	La batería esta baja	El consumo se volverá a conectar tan pronto como está cargada la batería
No se suministran los consumos	flashes de LED	Sobre tensión cortocircuito de los consumos	Desconectar todos los consumos, suprimir cortocircuito
No se está cargando la batería	LED superior no se enciende de día	Módulo solar defectuoso o polaridad equivocada	Comprobar módulo solar y cableado
la batería queda vacía después de un corto tiempo	luz LED Roja	la batería tiene poca capacidad	Cambiar la batería

### Cuidados con el regulador de carga

- El regulador debe estar en un lugar seco, no permita que se moje con ningún tipo de líquido.
- No quitar el regulador del sistema fotovoltaico.
- Cuando el regulador indique menos del 50% no se debe encender ningún aparato que esté conectado a este sistema, hasta que el sol vuelva a recargar las baterías.
- Solo un técnico autorizado puede quitar o cambiar el regulador.

### MANTENIMIENTO Y PRECAUCIONES BÁSICAS DEL INVERSOR.

Los inversores no precisan de un mantenimiento especial. Tan solo será necesaria la limpieza periódica de la caja mediante un paño seco.

Para todo el sistema de electrificación se utilizarán lámparas florecientes a excepción del reflector de externos. Una lámpara fluorescente compacta posee un circuito electrónico de mayor eficiencia.

Las equivalencias de potencias entre lámparas fluorescentes y compactas se resumen a continuación:

- Limpiar las lámparas con una brocha o paño seco contra el polvo
- Encender las lámparas sólo cuando sea necesario, una lámpara encendida sin propósito provoca que la batería se descargue más rápido.

### **Cuadro Resumen de las operaciones de mantenimiento de un sistema de generación fotovoltaico.**

	<b>Mantenimiento</b>	<b>Acciones correctivas</b>
<b>Paneles solares</b>	Limpieza cada 3 meses y cada vez que un objeto extraño esté posicionado arriba	
<b>Uno o más paneles están rotos</b>		Llamar a los técnicos para la sustitución de los paneles.
<b>Baterías</b>	<p>Prestar atención a los cables rotos, pelados o desnudos a la oxidación de los conectores o de la estructura</p> <p>La inspección visual de las baterías debe efectuarse mensualmente. Se debe de comprobar si aparecen los siguientes efectos degradativos: Corrosión, sustitución, Verificar: Voltaje global (mensualmente) Voltaje de los vasos individualmente (cada 3 meses) densidad del electrolito, temperatura resistencia de las conexiones.</p>	<p>si uno o más cables están deteriorados proceder a la sustitución, después de haber apagado el sistema</p> <p>Limpiar los vasos (batería) con un paño humedecido, las conexiones con una brocha metálica y en las borneras se debe de aplicar vaselina para prevenir la corrosión.</p>
<b>Regulador de carga</b>	Mantener limpio el regulador y verificar si los cables están correctamente conectados en los bornes	
<b>Alarma de batería baja</b>		Verificar el estado de las cargas: iluminación, televisor 12V, radio comunicador, etc.
<b>Alarma de batería alta</b>		Operador normal del regulador
<b>Alarma de cortocircuito</b>		Verificar si en la estación de carga de las baterías comunitarias (cargador de baterías) hay cables que hacen contactos entre ellos. Verificar el estado de los cables del sistema
<b>Alarma de inversión de polaridad</b>		Verificar la conexión de los paneles solares y baterías
<b>Inversores</b>	Mantener limpios los inversores. Verificar si los cables están correctamente conectados a los bornes.	

## COTIZACION ELABORACION DISEÑO PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

- Panel Solar 150 W 12V Policristalino EcoGreen

### Panel Solar 150W 12V Policristalino EcoGreen



**\$298.156** EXENTO DE IVA ☆☆☆☆☆

Fabricante: EcoGreen | Cod. Artículo: 1002122

Cantidad:

25 años de garantía    14 días de devolución    100% pago seguro

Secured by GeoTrust

[Contactar via WhatsApp](#)

### Batería AGM 12V 18Ah Tensite



**\$131.200** SIN IVA \$ 110.252 ☆☆☆☆☆

Entrega: **Recibelo el lunes 20 de junio en pedidos antes de las 15h**

Fabricante: Tensite | Cod. Artículo: 1708014

Cantidad:

[AÑADIR AL CARRITO](#) [COMPRAR](#)

1 año de garantía    14 días de devolución    100% pago seguro

Secured by GeoTrust

### Controlador Carga 10A PWM 12-24V LCD



**\$70.000** EXENTO DE IVA ☆☆☆☆☆

Entrega: **Recibelo el lunes 20 de junio en pedidos antes de las 15h**

Fabricante: Autosolar | Cod. Artículo: 2001507

Cantidad:

[AÑADIR AL CARRITO](#) [COMPRAR](#)

### 🔗 Cable Unifilar 6 mm2 SOLAR PV ZZ-F Rojo



**\$6.509**

SIN IVA  
\$ 5.469



Entrega: **Recíbelo el lunes 20 de junio en pedidos antes de las 15h**

Fabricante: Top Cable | Cod. Artículo: 5201014

Cantidad:

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR



### 🔗 Cable Unifilar 6 mm2 SOLAR PV ZZ-F Negro



**\$6.611**

SIN IVA  
\$ 5.556



Entrega: **Recíbelo el lunes 20 de junio**

Fabricante: Top Cable | Cod. Artículo: 5201016

Cantidad:

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR



### 🔗 Cable Unifilar 10 mm2 SOLAR PV ZZ-F Rojo



**\$10.234**

SIN IVA  
\$ 8.600



Entrega: **Recíbelo el lunes 20 de junio**

Fabricante: Top Cable | Cod. Artículo: 5201018

Cantidad:

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR



## 🔌 Cable Unifilar 10 mm2 SOLAR PV ZZ-F Negro



**\$10.234** SIN IVA  
\$ 8.600



Entrega: **Recíbelo el lunes 20 de junio**

Fabricante: Top Cable | Cod. Artículo: 5201020

Cantidad:

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR



2 años  
de garantía



14 días  
de devolución



100%  
pago seguro



## ⚡ Conectores RETIE MC4



**\$14.530** SIN IVA  
\$ 12.210



Entrega: **Recíbelo el lunes 20 de junio**

Fabricante: Solarlok | Cod. Artículo: 5504000

Cantidad:

AÑADIR AL CARRITO

COMPRAR



Gardner Bender

Código 283264

Terminal de Ojo Amarillo 12-10 12 a 10awg  
3/8pg

★★★★★ 0.0 (0)



Producto sin stock disponible



Satisfacción Garantizada

[ver más](#)

Puedes devolver este producto en un plazo máximo de 30 días, éste debe estar en perfecto estado: sin uso, tener todos sus accesorios, manuales y embalaje original. Si tienes dudas, comunícate a nuestra línea de atención al cliente desde Bogotá: 3077115 o a la línea Nacional: 320 88 999 33.



INICIO / OXICORTES Y SOLDADURA / APORTES / ELECTRODOS 6013 3/32 HOFFMAN ARC

## ELECTRODOS 6013 3/32 HOFFMAN ARC

PART # 601301  
 CATEGORIES APORTES, TIG  
 TAGS 6013 3/32, ELECTRODOS, HOFFMAN ARC

Electrodos 6013 3/32' (2.4\*350mm) hoffman Arc.



MULTIMARCAS

Código 08102

Angulo 6m x 1-1/4 x 3/16 pulgadas

★★★★★ 0.0 (0)

**\$83.550und**

\$13.666,67 METRO

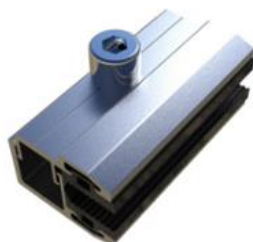


Pide tu Tarjeta de Crédito 100% online  
 Obtén un bono de \$45.000 para tu primera compra

[Solicítala aquí >](#)

- 1 +

Agregar al carro



Panel solar sujetadores de película delgada abrazaderas para paneles solares

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

**0,50 US\$ - 0,90 US\$ / Set** 50 Set/Sets(Pedido mínimo)

Beneficios: Cupones de USD 500 [Reclamar ahora >](#)

Shipping: Support Transporte marítimo

[Alibaba.com Freight](#) | [Compare Rates](#) | [Learn more](#)

Protection: Trade Assurance Protects your Alibaba.com orders

On-time Dispatch Guarantee

**Total, Kit Solar**

**1.321.138,00**