



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA
ENERGÍA SOLAR A TRAVÉS DE PÁNELES SOLARES PARA
EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN LA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UJAP**

Autores:
Castillo, Luis
Espinoza, Enrique

Urb. Yuma II, calle n° 3. Municipio San Diego
Teléfono (0241) 8714240 (master)-Fax: (0241) 8712394



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA
CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

**PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA
ENERGÍA SOLAR A TRAVÉS DE PÁNELES SOLARES PARA
EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN LA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UJAP**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autores:

Castillo, Luis

CI. 24.794.948

Espinoza, Enrique

CI. 14.830.105

Tutor: Ing. Alicia de Pizzella

San Diego, Diciembre 2018



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quién suscribe, Ingeniero ALICIA T. YÁNEZ DE P., portador de la cédula de identidad N° 4.598.880, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el(los) ciudadano(s), Castillo Bruzual Luis Enrique, Espinoza Coronel Enrique José, portador(es) de la cédula de identidad N° 24.794.948 y 14.830.105, (respectivamente), titulado **PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR A TRAVÉS DE PÁNELES SOLARES PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UJAP.**, Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, Diciembre del 2018.

Firma Ing. Alicia T. Yánez de P.

CI 4.598.880

Tutor Académico



FI-M -003-2018-HCR

Valencia, 13 de Noviembre de 2018.

Ciudadanos:
Luis Castillo
C.I:24.794.948
Enrique Espinoza
C.I:14.830.105
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2018 de fecha 13-11-2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR A TRAVÉS PÁNELES SOLARES PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UJAP** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación de la Ing. Alicia Yáñez, C.I.: 4.598.880 como Tutora Académico y Metodológico quien los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Zulay Salcedo
Decana de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/fr

AGRADECIMIENTOS

Enrique Espinoza

Le agradezco primeramente **a Dios**, por ser mí guía, por darme sabiduría para, alcanzar mis metas.

A mis padres Amador Espinoza y Ana Coronel de Espinoza, por tener fe en mí y por ser mi apoyo incondicional. Son mi gran ejemplo de constancia y perseverancia, y donde me enseñaron que no hay límites para cumplir los sueños.

A mi esposa, Anni Novielli de Espinoza, mujer de temple, mi compañera de vida, que me ha apoyado incondicionalmente en las buenas y en las malas, y siempre me ha demostrado que si es posible mantener al mal tiempo buena cara.

A mi hermano mayor Amador José Espinoza, mi mejor amigo y ejemplo de crecimiento.

A mis hermanas Ana Yelitza, María Eugenia y María Daniela, ejemplos de éxitos, por tanto cariños y apoyo.

A mis amigos Joel Vargas, Jesús Rondón, y Oliver Molero, que a pesar de las distancias, nos mantenemos unidos y me han apoyado para lograr mi meta.

A mi compañero de Tesis Luis Castillo, por ser una persona paciente, centrada, responsable y gran amigo.

A mi tutora Alicia Yáñez de Pizzella, por ser incondicional en todo momento, y transmitiéndonos sus conocimientos para alcanzar nuestra meta.

Luis Castillo

Quiero agradecer primero a **mis padres Angela E. Bruzual R. y Luis G. Castillo P.** Mi Mamá, mi mayor ejemplo de lucha, por siempre estar pendiente, incentivándome a seguir adelante, a pesar de todas las dificultades y darme fuerzas para alcanzar éste objetivo. Mi Papá por ser mi gran ejemplo de perseverancia y por su gran apoyo y consejos para mantenerme siempre firme en este camino recorrido.

Mis Hermanos Luisangela M. Castillo B. y Luis A. Castillo B. Mi Mitad por estar siempre a mi lado durante todo éste tiempo, haciéndome sentir como en casa en los diferentes lugares donde vivimos, no pude tener una mejor hermana que tu. Mi Hermano por ser un gran amigo, apoyarme y por su ayuda en tantas cosas a lo largo de mis estudios.

A **mi gran amor Maria de Jesús García V.** Por darme la motivación y esas palabras de aliento que me motivaron día a día a ser mejor, sin ti habría sido mucho más difícil, gracias por darme una razón más para luchar y salir adelante, **Nuestro Hijo Luis Manuel.**

Mi Hijo Luis M. Castillo G. Mi mayor motivación e impulso eres tú, gracias por iluminar mi vida y por darme las fuerzas de salir adelante, y triunfar. Este logro es por Tí, Hijo.

Mi Gran Amigo y Compañero de Tesis Enrique Espinoza. Por tanta paciencia, por todo el esfuerzo, y por abrirme las puertas de tu casa Hermano, éxitos para esta meta que hoy cumplimos.

Mis Compañeros Anabel Salcedo y Edixon González. Por todas esas horas que pasamos juntos estudiando, por cada chiste y cada risa, pero sobre todo por demostrarme el verdadero valor de la amistad, los quiero mucho futuro colegas.

Mis Abuelas Sofía Rivero y Haydeé Pietri. Mi abuelita Sofía por consentirme siempre y de la misma manera que cuando niño, por siempre estar pendiente de mí. Mi Abuela Haydeé por abrirme las puertas de su casa en el inicio de éste camino, gracias por su apoyo.

Mis Primos Carlos Bruzual y Juan Escalona. Dos Hermanos más que me regaló la vida, cada uno a su manera ha contribuido en la persona que soy en día, con sus consejos y sus palabras de apoyo, éste éxito es de ustedes también.

Mis Compadres Miguel González y Victor Velo. Por abrirme las puertas de sus casas y hacerme un miembro más de sus familias, estuvieron conmigo desde el principio y solo ustedes saben lo difícil que ha sido, voy a estar agradecido toda la vida com ustedes Hermanos.

Mis Padrinos Auramarina Bruzual y Umberto Miccalizzi. Tía Marina agradecido por su apoyo, y siempre estar pendiente de mí y de mis estudios, colaborando conmigo en todo lo posible. Mi Tío Umber, daría todo porque hoy estuviera acá conmigo, viéndome cumplir ésta meta, gracias por haber sido siempre mi modelo a seguir, los quiero mucho.

Mis Tías Elida Bruzual y Adriana Bruzual. Tía fifi Por su apoyo incondicional durante estos años, por siempre motivarme con sus palabras para cumplir ésta meta, la aprecio demasiado. Mi Tía Adri por ser una gran amiga, siempre orgullosa y valiente, gracias por su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE ANEXOS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN INFORMATIVO	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Formulación del problema.....	6
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Alcance.....	8
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	9
2.2 Bases teóricas.....	11
2.2.1 Combustible fósil.....	11
2.2.2 Contaminación ambiental.....	11
2.2.3 Energía y luz solar.....	12
2.2.4 Celdas fotovoltaicas y principio de su funcionamiento.....	13
2.2.5 Circuito equivalente de la celda solar.....	17
2.2.6 Tipos de celdas solares.....	21
2.2.6.1 Celdas fotovoltaicas amorfas.....	21
2.2.6.2 Celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino.....	22
2.2.6.3 Celdas fotovoltaicas de silicio policristalino.....	22

2.2.7 Transferencia de calor en paneles solares.....	24
2.2.7.1 Conducción.....	25
2.2.7.2 Convección.....	25
2.2.7.3 Radiación.....	26
2.2.8 Consumo eléctrico.....	26
2.2.9 Baterías de acumulación.....	26
2.2.10 Eficiencia y perdidas en las celdas fotovoltaicas.....	27
2.2.11 Conexión entre las celdas solares.....	28
2.2.12 El sol y la radiación.....	30
2.2.13 Tipos de radiación.....	33
2.2.13.1 Radiación directa.....	33
2.2.13.2 Radiación difusa.....	33
2.2.13.3 Radiación reflejada.....	34
2.2.13.4 Radiación solar global o total.....	34
2.2.14 Energía recibida mediante la radiación solar sobre un plano cualquiera.....	35
2.2.15 Orientación e inclinación para la instalación de celdas fotovoltaicas..	36
2.2.15.1 Ángulo de inclinación	

2.2.18.1 Mantenimiento correctivo.....	45
2.2.18.2 Mantenimiento preventivo.....	46
2.2.18.3 Mantenimiento programado.....	46
2.2.19 Mantenimiento en sistemas de paneles fotovoltaicos.....	46
2.3 Bases legales.....	48
2.4 Glosario de términos básico.....	49

III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación.....	56
3.2 Nivel de investigación.....	56
3.3 Diseño de la investigación.....	56
3.4 Población y muestra.....	57
3.4.1 Población.....	57
3.4.2 Muestra.....	57
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	58
3.6 Fases de la investigación.....	59

IV RESULTADOS

4.1 Diagnóstico del consumo energético de los equipos instalados en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad José Antonio Páez, del clima y del tipo zona geográfica y urbana en donde esta se encuentra.....	61
4.1.1 Zona geográfica e incidencia solar.....	61
4.1.2 Inventario de equipos eléctricos.....	63
4.2 Determinar los elementos que componen la infraestructura tecnológica requerida para la implementación del sistema de paneles solares.....	65
4.2.1 Paneles solares.....	65
4.2.1.1 Cálculo del número de paneles necesarios para satisfacer el sistema.....	65
4.2.1.2 Cálculo del área requerida para la instalación de los paneles	67

solares	
4.2.1.3 Ubicación de los paneles solares.....	69
4.2.2 Capacidad y número de acumuladores de energía del sistema.....	69
4.2.3 Selección del controlador de carga.....	73
4.2.4 Selección del inversor de corriente.....	74
4.2.5 Cálculo de inclinación de los paneles solares.....	75
4.3 Evaluación del impacto social y ambiental que se generaría con la implementación del sistema fotovoltaico en la escuela de ingeniería mecánica de la UJAP.....	79
4.4 Factibilidad de la instalación del sistema de energía fotovoltaico en la escuela de ingeniería mecánica de la UJAP.....	81
4.5 Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para el sistema de paneles fotovoltaicos.....	83
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	87
APÉNDICE	
A Incidencia de la radiación promedio mensual en Venezuela en el año 2017	89
B Plan de mantenimiento para el Sistema Fotovoltaico	90

ANEXO	pp.
A	Especificaciones de Panel modelo SG330P PEIMAR..... 92
B	Especificaciones de Panel modelo SG300M (FB) PEIMAR..... 93
C	Especificaciones de Paneles modelos SG270/ 280P PEIMAR... 94
D	Planos planta baja de la Escuela de Ingeniería Mecánica de Ujap..... 95
E	Planos planta alta de la Escuela de Ingeniería Mecánica de Ujap 96
F	Simulación 3D de la ubicación del sistema fotovoltaico propuesto vista posterior dela Escuela de Ingeniería Mecánica de la Ujap..... 97
G	Simulación 3D de la ubicación del sistema fotovoltaico propuesto, vista frontal dela Escuela de Ingeniería Mecánica de la Ujap..... 98
H	Catálogo de acumuladores Formula Star..... 99
I	Catálogo de acumuladores OPTIMA Batteries..... 100
J	Catálogo Controladores de carga VICTRON ENERGY..... 101
K	Catálogo Controladores de carga EP SOLAR..... 102
L	Catálogo Inversores de carga Power Reliable..... 103
M	Catálogo Inversores de carga Power Reliable..... 104
N	Catálogo Inversores de carga Power Reliable..... 105

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		pp.
1	Consumo y capacidad energética de Venezuela.....	5
2	Composición de un panel fotovoltaico.....	15
3	Componente de un módulo fotovoltaico.....	16
4	Circuito equivalente de la celda solar.....	17
5	Impacto de la resistencia serie en el funcionamiento de una célula solar.....	18
6	Impacto de la resistencia paralelo en el funcionamiento de una célula solar.....	19
7	Característica Tensión-Corriente de una celda solar.....	20
8	Curvas V-I para diferentes valores de radiación y temperatura...	21
9	Tipo de celda de silicio: monocristalino, policristalino y amorfa.	23
10	Transferencia de calor en un panel fotovoltaico.....	24
11	Conexión serie de celdas fotovoltaicas, con su respectivo voltaje de salida.....	29
12	Conexión en paralelo de celdas fotovoltaicas, con sus respectivas corrientes de salida.....	29
13	Conexión en serie-paralelo de módulos fotovoltaicos, con su respectiva corriente y voltaje de salida.....	30
14	Radiación solar directa y difusa captada por una superficie inclinada	31
15	Espectro de la radiación fuera de la atmosfera y a nivel del mar.	32
16	Masa del aire.....	33
17	Diagrama solar de Venezuela, latitud norte.....	35
18	Inclinación con respecto a la vertical del panel solar.....	36
19	Ángulo Azimut	36

20	Ángulo entre el plano del ecuador y el plano de la eclíptica.....	37
21	Esfera celeste.....	38
22	Elevación y Azimut.....	38
23	Coordenadas solares con respecto a la vertical.....	39
24	Ángulo	39
25	Trayectoria del sol respecto a un observador que mira al sur.....	40
26	Mantenimiento y limpieza de paneles fotovoltaicos.....	47
27	Coordenadas geográficas de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP.....	62
28	Gráficas de la incidencia solar en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP.....	63
29	Panel solar modelo SG325P.....	66
30	Curvas I-V de dos módulos fotovoltaicos: limpio y sucio.....	66
31	Acumulador, Marca Formula Star, Modelo FS 240 Solar.....	67
32	Acumuladores en paralelo.....	71
33	Acumuladores en serie.....	72
34	Controlador de carga MPPT BlueSolar 150/100.....	73
35	Inversor de corriente RBP-4000S-LED Marca Power reliable...	74
36	Variabilidad diaria de la declinación solar a lo largo de un año..	76
37	Soporte para instalación de paneles solares	79

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		pp.
1	Ejemplo. Cargas total de consumo por equipos.....	41
2	Valores de reflectancia según el tipo de superficie de la tierra.....	44
3	Equipos consumidores de electricidad presentes en planta baja en el edificio de ingeniería mecánica.....	64
4	Equipos consumidores de electricidad presentes en planta alta en el edificio de ingeniería mecánica.....	64
5	Carga pico total diaria.....	64
6	Cantidad de paneles requeridos paneles.....	67
7	Dimensiones del Panel solar modelo SG330P seleccionado.....	67
8	Dimensiones del Panel solar considerando la holgura de 30 cm en el largo del panel.....	68
9	Área total requerida para la instalación de los paneles solares modelo SG325P para la alternativa 1.....	68
10	Área total requerida para la instalación de los paneles solares modelo SG325P para la alternativa 2.....	68
11	Cargas de corriente diaria a abastecer.....	70
12	Capacidad nominal y Capacidad corregida.....	70
13	Numero de acumuladores en paralelo.....	72
14	Número de acumuladores requeridos por el sistema.....	72
15	Número de controladores necesarios para el sistema.....	74
16	Número de inversores de corriente necesarios para el sistema.....	75
17	Radiación promedio mensual sobre superficie con diferentes ángulos de inclinación.....	78
18	Inversión inicial de equipos para la alternativa 1.....	81
19	Inversión inicial de equipos para la alternativa 2.....	82



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR A TRAVÉS DE PÁNELES SOLARES PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA UJAP.

Autor:

Castillo, Luis

Espinoza, Enrique

Tutor: Ing. Alicia T. Yáñez de P.

Fecha: Diciembre, 2018

RESUMEN INFORMATIVO

En Venezuela a raíz de los problemas energéticos presentados desde el 2009, los diferentes sectores de la sociedad, han buscado alternativas para suplir la deficiencia o falta del servicio eléctrico, el cual ocasiona la parada de actividades cotidianas. La presente investigación tiene como objetivo proponer el aprovechamiento de la energía solar a través de paneles solares para el mejoramiento del servicio eléctrico en la escuela de ingeniería mecánica de la Ujap, donde se explica el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos, y su aprovechamiento en la conversión de energía solar a energía eléctrica. Se usó material de apoyo donde se identifica la problemática actual de Venezuela, en términos del servicio eléctrico, donde se evidencia la alta demanda de energía y la baja capacidad instalada para su generación. En él se presentan los beneficios y las desventajas de este sistema así como su mantenimiento para la conservación del mismo. Se realizó un estudio de la zona geográfica donde se encuentra el edificio de Ingeniería Mecánica, apoyado con investigaciones anteriores a esta propuesta. Se determinó la incidencia de la radiación sobre la zona donde se propone la ubicación de los paneles fotovoltaicos y la manera de su mejor aprovechamiento. El presente trabajo de tipo investigación proyecto factible, el cual está sustentado en un diseño de campo y documental con nivel descriptivo

Palabras clave: Paneles Fotovoltaicos, Energía Alternativa, Conversión de Energía, Radiación

INTRODUCCIÓN

En Venezuela a raíz de los problemas energéticos presentados desde el 2009, los diferentes sectores de la sociedad, han buscado alternativas para suplir la deficiencia o falta del servicio eléctrico, el cual ocasiona la parada de actividades cotidianas en ciertos casos.

En los momentos actuales, la energía eléctrica es generada por una multiplicidad de fuentes, algunos contaminantes y otros no. Entre los contaminantes están los combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón, orimulsión), hidroelectricidad, nuclear, biomasa, y otros no contaminantes o alternativas como la energía eólica, geotérmica, mareomotriz y la solar.

En conjunto los combustibles fósiles contribuyen con un 63% de la producción eléctrica, la hidroeléctrica un 19%, la nuclear un 17%, la geotérmica un 0,3% y la solar, eólica y la biomasa, en conjunto, menos del 1%.

Los combustibles fósiles tienen algunas ventajas:

- Bajo costo.
- Facilidad en su transporte.
- La tecnología está muy desarrollada y existen una inmensa cantidad de capitales invertidos en este sector.

Pero también tienen una gran desventaja, que es la contaminación ambiental mediante el dióxido de carbono generado al quemar dichos combustibles. Estos gases contaminantes, contribuyen en el calentamiento global del planeta, el cual puede tener consecuencias desastrosas para ciertas regiones, produciendo sequías e inundaciones.

La energía hidroeléctrica, es una energía relativamente limpia y económica para generarla, aunque para ello se requiere alterar y modificar el curso de los ríos mediante la construcción de grandes presas y la creación de reservorios para el almacenamiento del agua. Por ser extraída en las fuentes hidráulicas disponibles, siempre estar alejada de los grandes centros de consumo, por lo que requiere muy

largos y costosos sistemas de transporte mediante líneas de transmisión de muy alta tensión, lo cual incrementa su costo final.

Las energías renovables cada vez cogen más impulso en el mercado mundial, y en los países desarrollados ya hay bastante receptividad.

Las ventajas que proporcionan las energías alternativas:

- No consumen combustibles.
- Son fuentes de generación inagotables.
- No contaminan el medio ambiente.
- No producen mutaciones en los seres vivos.
- No producen alteración del clima.
- No altera el equilibrio de la flora y la fauna. (Nota: en el caso de plantas Hidroeléctricas se afecta en la zona donde se construye el embalse).

La energía solar es considerable y los avances tecnológicos (proceso que se da sin la intervención del gobierno, ya que las innovaciones en nuevas tecnologías parten fundamentalmente de la iniciativa privada), permitirán su utilización para generar energía eléctrica en sitios aislados, por ejemplo en el sur del país, donde resulta antieconómico extender líneas de transmisión.

De esta manera surge la idea de aprovechar y utilizar la energía producida por el Sol, la cual es inagotable. Dicha energía solar tiene dos campos de aplicación:

A) Conversión en energía térmica: Consiste en la utilización de la energía para obtener calor. Esto se realiza mediante colectores solares.

B) Conversión en energía eléctrica: Consiste en la utilización de la energía solar para producir directamente electricidad, la cual se utilizara para este estudio.

Los paneles fotovoltaicos, que constan de un conjunto de celdas solares, se utilizan para la producción de electricidad, y constituyen una adecuada solución para el abastecimiento eléctrico en las áreas rurales que cuentan con un recurso solar abundante.

Esta propuesta se realiza como requisito indispensable para poder aprobar la cátedra de Trabajo de Grado II del 10mo semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica, la cual está conformada por cinco (4) capítulos, los cuales atienden los siguientes puntos:

El Capítulo I describe la problemática que presenta la escuela de Ingeniería Mecánica, también, la posible solución de la misma, el objetivo general y los específicos, que marcan las pautas como necesarias para realizar la presente propuesta.

El Capítulo II se basa en la parte conceptual de la propuesta, con la finalidad de afianzar y relacionar los conocimientos teóricos con los prácticos. Representa la “explicación” teórica para comprender la naturaleza del hecho investigado, o lo que es lo mismo, sustentar teóricamente el estudio.

El Capítulo III describe el diseño de estudio en detalle, indica el nivel de la investigación y la metodología de la investigación. De igual manera expresa con detalle cada una de las fases del proyecto.

Y por último **El Capítulo IV** detalla los resultados mediante las fases metodológicas definidas en el capítulo anterior.

El trabajo aquí presentado, está estructurado de manera de que el lector pueda ir adquiriendo los conocimientos básicos que le permitirán entender a cabalidad la tecnología referida y las herramientas a desarrollar. Sin embargo, cabe destacar que si el lector es lo suficientemente conocedor del tema, perfectamente puede obviar los capítulos que contengan información que considere ya conocida, y continuar con los aspectos que crea interesantes sin que se pierda la linealidad o coherencia de la información que se desea mostrar.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

Durante la revolución industrial, a nivel mundial, la introducción de la electricidad fue quizás el factor más importante para que ésta se llevara a cabo, ya que la energía eléctrica se podía transformar fácilmente en luz, calor o trabajo en los lugares donde estos recursos eran utilizados. Una segunda innovación fue el motor de combustión interna, el cual revolucionó los patrones de transporte individual y colectivo. Sin embargo, junto con esto, se dio una creciente dependencia del petróleo como recurso energético primario que cubriría las necesidades cada vez mayores de combustibles para generación eléctrica y transporte.

Con el pasar del tiempo, el uso desmedido de combustibles fósiles, y la sobrepoblación mundial, ha generado un gran incremento en la demanda de energía, la cual es utilizada para satisfacer de manera eficiente todas las necesidades de las distintas poblaciones, esto ha ocasionado un colapso parcial en las redes de distribución de energía eléctrica, así como la gran contaminación ambiental que genera el uso de estos combustibles los cuales, además, no son considerados renovables.

Venezuela es un país que posee un alto potencial energético. Tiene reservas considerables de petróleo, gas natural y carbón, así como el potencial hidroeléctrico derivado de sus ríos al sur del país, lo cual le facilita obtener la energía secundaria más importante hoy en día para la sociedad. Sin embargo, una mala gestión de estos recursos y del sector eléctrico compromete seriamente la disponibilidad de electricidad en el país. El resultado se puede evidenciar en las grandes fallas que han afectado a gran parte de la población venezolana durante la última década.

Delgado A.(2013), “el problema proviene de la falta de inversiones dentro del sector eléctrico y de un significativo incremento en el consumo de energía registrado

en los últimos 12 meses, según señala un informe interno de la Vicepresidencia de la República.”.

Betancourt M.(2018) “Venezuela es el país con mayor consumo de energía eléctrica per cápita en Latinoamérica, según cifras de la Comisión de Integración Energética Regional (Cier). Las autoridades nacionales han confirmado el alto consumo de electricidad y lo han atribuido a la amplia oferta, a la capacidad instalada y a las bajas tarifas del servicio”.

En la figura 1 se observa la relación consumo eléctrico-capacidad instalada, en Venezuela y cómo ha evolucionado.

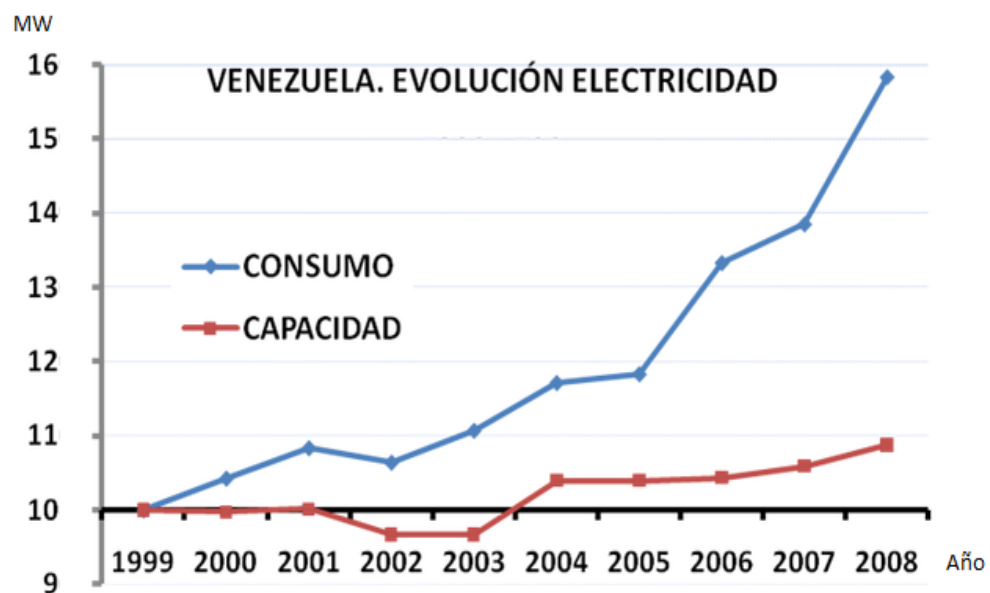


Figura 1: Consumo y Capacidad energética de Venezuela

Fuente: <https://cienciasycosas.com/2010/03/22/las-razones-del-colapso-energetico-en-venezuela/>

Cabe recordar que la electricidad no es almacenable, se produce y se consume, en otras palabras, la capacidad de generación debe estar en concordancia con la demanda, y para que existan condiciones de confiabilidad en la prestación de servicio, debe haber al menos un 30 % superior a la capacidad demandada. Cuando esta holgura comienza a disminuir, se presentan los llamados "apagones" y el racionamiento programado o no.

La Universidad José Antonio Páez, es un recinto donde se imparten clases en los diferentes horarios (diurnos y nocturnos), lo cual hace necesario contar con un

servicio de energía eléctrica confiable para el buen desarrollo de sus actividades, tanto académicas, como administrativas. Sin embargo, ésta no se escapa de los problemas causados por la deficiencia del servicio eléctrico en el país. Particularmente cuando en la Escuela de Ingeniería Mecánica hay déficit o interrupción del servicio eléctrico, esto afecta directamente el poder desarrollar las actividades y clases en éste edificio de manera adecuada, debido entre otras cosas, a que no es posible usar el material de apoyo audiovisual, laboratorios, así como la iluminación necesaria en horarios nocturnos, lo cual se traduce en inasistencias tanto del alumnado, como del personal que labora en la escuela.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo se puede mejorar y garantizar un servicio eléctrico sin interrupciones en la escuela de Ingeniería Mecánica en la Universidad José Antonio Páez?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Proponer el aprovechamiento de la energía solar a través de un sistema paneles solares fotovoltaicos para el mejoramiento del servicio eléctrico en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el consumo energético de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP
- Determinar los elementos que componen la infraestructura tecnológica requerida para la implementación del sistema de paneles solares.
- Evaluar el impacto social y ambiental que genera la implementación de un sistema de paneles solares en la escuela de ingeniería mecánica de la UJAP.
- Demostrar la factibilidad de un sistema alternativo de generación de energía eléctrica a través de celdas fotovoltaicas.
- Desarrollar de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de paneles fotovoltaicos.

1.4. Justificación

Para los problemas de déficit eléctrico, existen diferentes alternativas, entre las más utilizadas están las que usan combustibles fósiles, los cuales generan una gran contaminación al medio ambiente. Este proyecto busca plantear soluciones factibles en rendimiento, economía y protección al medio ambiente, usando un recurso que lo tenemos a disposición de manera gratuita como es la energía solar.

Implementar paneles solares que generen energía a partir de radiación solar implica un gran avance para nuestra sociedad, es dejar atrás la generación del exceso de gases de contaminantes que afectan directamente a la atmósfera y a todos los seres vivos del planeta.

Con la implementación de este proyecto, el edificio de Ingeniería Mecánica de la UJAP, se podrá abastecer de electricidad en caso de fallas del servicio público, sin depender de la planta eléctrica que se encuentra en proceso de instalación. La planta no cuenta con la capacidad suficiente de poder generar electricidad a todo el recinto universitario, la instalación del sistema fotovoltaico liberaría a la mencionada planta eléctrica de tener que generar energía a la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP, permitiendo así su uso para el resto de las áreas de la Universidad como los estacionamientos.

Por otra parte, la realización de este trabajo permitirá a los investigadores conocer y aprender sobre los aspectos tecnológicos, así como la planificación e instalación de equipos fotovoltaicos. En este sentido, la investigación servirá como guía de estudio y revisión documental para los alumnos y docentes de la Facultad de Ingeniería contribuyendo así al fortalecimiento de sus conocimientos en esta área.

Cabe mencionar que las energías alternativas son el futuro del mundo, muchas de ellas con un alto potencial, pero aún en crecimiento. Sin embargo, la energía solar es una de las más desarrolladas, en algún momento se debe dar el paso hacia adelante en cuanto a adoptar los sistemas de obtención de energía eléctrica a través de energías alternativas, por lo que la realización de este proyecto sería un avance significativo en este aspecto.

1.5 Alcance

Esta propuesta se enfoca en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad José Antonio Páez ubicada en el municipio de San Diego Edo. Carabobo. Su estudio se basa en desarrollar los conceptos necesarios para la implementación de un sistema fotovoltaico, como sistema alternativo de generación de energía eléctrica en la escuela, para el funcionamiento básico de iluminación y tomacorrientes necesarios para el buen desarrollo de las actividades dentro del recinto.

Adicionalmente se dimensionará el sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda eléctrica requerida, tomando en cuenta la cantidad de equipos básicos necesarios, así como la orientación y ubicación de los paneles solares.

Además, se suscitará un plan de mantenimiento preventivo, con el objetivo de evitar interrupciones en el funcionamiento del sistema por alguna falla, la cual se pueda traducir en posibles pérdidas de clases debido a la falta de energía eléctrica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes:

Acosta, E. (2016), informe de pasantía titulado: **“Diseño de un sistema de generación Fotovoltaica con conexión a red y respaldo de energía eléctrica”**, presentado en la Universidad Simón Bolívar, para optar por el título de Ingeniero Electricista, en el cual se tenía como objetivo general diseñar un sistema de generación fotovoltaica con conexión a red y respaldo de energía eléctrica en las oficinas administrativas de la Petroquímica Petrosima, En este trabajo se hace referencia a todos los conceptos básicos para la instalación de un sistema de energía Fotovoltaica solar así como el cálculo y diseño para la utilización adecuada de los paneles solares en un determinado espacio.

Este trabajo de investigación deja como aporte los conocimientos para la selección de los componentes de generación fotovoltaica y de respaldo eléctrico. Este trabajo permite tener referencia en consumo eléctrico de las instalaciones, así como lo necesario para diseñar en base a la demanda de energía eléctrica.

Así mismo, Navarro S, González J, López C. (2016) su investigación lleva por nombre **“Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples.”**, esta investigación se hizo con el fin de obtener el título: “Maestría en ciencias en energías renovables” de la Universidad Tecnológica de la zona metropolitana de Guadalajara (UTZMG), esta investigación consiste es la implementación de un sistema fotovoltaico para alimentar un sistema de iluminación en el edificio de usos múltiples en la UTZMG, a través del diseño e instalación de paneles fotovoltaicos, él proyecto incluye análisis de cargas, el cálculo de tamaño del panel, así como el cálculo del número de los mismos, de la eficiencia, la orientación de los paneles, el estudio de las sombras y las horas picos efectivas, considerando también la infraestructura de las celdas fotovoltaicas (materiales y forma de las estructura).

Este trabajo de maestría aporta a la investigación, los factores a tomar en cuenta al momento de seleccionar el tamaño de los paneles solares así como su orientación y cantidad de paneles necesarios para una determinada carga a generar, lo cual son aspectos importantes para el diseño del sistema.

En este mismo orden de ideas, Vela, Mario A. (2015), en su trabajo de grado titulado: **“Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para incrementar la calidad de vida de sus moradores de la comunidad de palmeras”** presentado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, para optar por el título de especialista en Gestión de Proyectos, estableció como objetivo general implementar un sistema alternativo no convencional para el mejoramiento de la prestación del servicio de energía eléctrica en la comunidad de Palmeras-Amazonas (Colombia). En este trabajo se expuso todas las dificultades que tienen en la comunidad de Palmeras para el acceso a la energía eléctrica para lo cual usaban plantas de generación a combustión. Se comparó los costos de operación y mantenimiento de un sistema operado por una unidad Diésel vs un sistema Fotovoltaico Solar y se evidenció una reducción hasta del 50% de costos de mantenimiento con respecto al sistema convencional.

El aporte que deja este trabajo de investigación, es que compara la diferencia de usar generadores operados por motores de combustión vs los Fotovoltaicos Solar, concluye y muestra los grandes beneficios tanto en mantenimiento y operatividad como el impacto ambiental que estos ocasionan. De ahí también se toma en cuenta el beneficio de usar una energía casi ilimitada y no depender de combustibles fósiles.

Por último, Contreras, J. (2014), proyecto de pasantías titulado: **“Propuesta de un sistema fotovoltaico para la alimentación de los equipos de comunicaciones distribuidos por empresas SOLUTEL, C.A ubicada en el Edo. Carabobo”**, presentado en la Universidad José Antonio Páez, para optar por el título de Ingeniero en Telecomunicaciones. Este proyecto estableció como objetivo general proponer un sistema de suministro de energía alternativa utilizando celdas fotovoltaicas para la alimentación de los equipos de comunicaciones distribuidos por la empresa

SOLUTEL, C.A. En este trabajo se evaluaron las condiciones de las instalaciones eléctricas, y la necesidad de mantener los equipos de comunicaciones encendidos de forma ininterrumpida, así como las condiciones climáticas del Edo. Carabobo. Se buscó proponer un sistema de bajo mantenimiento y que asegure el funcionamiento de los equipos de comunicación del recinto.

Este trabajo aporta a la investigación, un estudio previo acerca de así condiciones mínimas necesarias en el Edo. Carabobo, para el aprovechamiento de la energía solar a través de celdas fotovoltaicas, aspectos climáticos, así como el cálculo para la estimación de consumo eléctrico dentro de una instalación.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Combustible fósil

Kramer. (2003) “Los combustibles fósiles son sustancias ricas en energía que se han formado a partir de plantas y microorganismos enterrados durante mucho tiempo.” (pág. 68)

Kramer. (2003) “Químicamente los combustibles fósiles consisten en hidrocarburos, que son compuestos formados por hidrogeno y carbono; algunos contienen también pequeñas cantidades de otros componentes.” (pág. 68)

El uso de estos hidrocarburos derivados del petróleo es una de las causas principales de la contaminación, y, en consecuencia, del calentamiento global. Se busca la sustitución de este tipo de combustible para la producción de energía eléctrica.

2.2.2 Contaminación Ambiental

Enciclopedia Barsa (1979) “El propio hombre es el principal agente de contaminación, ya que su desarrollo cultural tiende precisamente a alterar una y otra vez el equilibrio ecológico.” (pág. 140).

Uno de los tópicos a desarrollar en este proyecto es el de crear conciencia ambiental utilizando energía solar para disminuir la contaminación.

Actualmente en el mundo es de vital importancia el cuidado del medio ambiente por ello cada vez más y más se van dejando de lado los combustibles fósiles

y las energías alternativas (llamadas también energías renovables) van tomando el campo que ocupaban estas, la energía fotovoltaica es una de ellas, esta posee la ventaja de transformación prácticamente directa de energía de la radiación solar a la eléctrica.

2.2.3 Energía y luz solar

Amorocho, Oliveros. (1852) “La mayor fuente alterna de energía para nuestro planeta es el sol. La energía solar llega a la tierra en forma de radiación electromagnética, sobre todo en la parte visible y cerca del infrarrojo del espectro.” (pág. 99)

Romero. (2010) establece que la luz solar:

Forma parte del espectro electromagnético, es decir, es un tipo de onda electromagnética que se desplaza por el espacio en todas direcciones y alcanza la Tierra en un tiempo de 8 minutos. En un solo segundo, el sol irradia más energía que la que ha consumido en toda su historia la Humanidad. (pág. 17)

El sol es, y será la mayor fuente de energía renovable, debido a que sus rayos siempre incidirán sobre la tierra; permitiendo a los habitantes del planeta hacer uso de un recurso tan valorado, además, es considerado ilimitado ya que su existencia va directamente entrelazada a la existencia de la humanidad.

La luz, es un efecto que solo puede ser descrito de manera dual, es decir de 2 maneras juntas, como partícula y como onda, se comporta como partícula cuando se observa la interacción con la materia y para la propagación de luz se comporta como onda electromagnética.

El fenómeno que describe el transporte de la Luz fue demostrado teóricamente por Maxwell el año 1864, por otro lado la respuesta fotoeléctrica fue descubierta por Einstein el año 1905 postulando que un rayo de luz está compuesto de pequeños cuantos de energía.

En la actualidad, estos cuantos de energía, se denominan fotones y es esta pequeña cantidad de energía la cual beneficia a un electrón en una superficie, el cual

absorbe dicha energía para poder salir del nivel en el que se encuentra y subir de nivel o salir del material.

La energía presente en un fotón esta descrita por:

Ec.1

Dónde:

- (h) es la Constante de Planck, 6.626×10^{-34} [Js].
- (ν) Es la frecuencia que se define por:

-

Ec.2

Dónde:

- (c) Velocidad de la luz, 3×10^8 [m/s].
- (λ) Longitud de onda

2.2.4 Celdas fotovoltaicas y principio de su funcionamiento

Amorocho, Oliveros. (1952) “las celdas fotovoltaicas o solares convierten parte de la energía luminosa del sol directamente en electricidad, están fabricadas con materiales semiconductores que producen un voltaje cuando la luz del sol incide sobre ellas.” (pág. 100).

La celda solar es un dispositivo semiconductor capaz de convertir la energía solar en energía eléctrica a través del principio del efecto fotoeléctrico, el cual fue descrito a nivel cuántico por Albert Einstein, lo cual le valió el premio Nóbel de Física en el año de 1921. Este efecto consiste en el desprendimiento de electrones (fotoelectrones) de los metales al incidir la luz en estos, debido a la absorción por el metal de la energía de la radiación electromagnética. Dichos electrones libres se pueden dirigir en una misma dirección en presencia de un campo eléctrico, formándose así una corriente eléctrica. La cantidad de electrones liberados es función tanto de la frecuencia de los fotones que inciden sobre el metal como de la intensidad de la luz (número de fotones). Solo fotones de ciertas frecuencias tienen la cantidad de energía requerida para liberar los electrones y una mayor intensidad de esa frecuencia liberará más electrones.

En un semiconductor expuesto a la luz, un fotón de energía arranca un electrón, creando a la vez un hueco en el átomo excitado. Normalmente, el electrón encuentra rápidamente otro hueco para volver a llenarlo, y la energía proporcionada por el fotón, por tanto, se disipa en forma de calor. El principio de una célula fotovoltaica es obligar a los electrones y a los huecos a avanzar hacia el lado opuesto del material en lugar de simplemente recombinarse en él: así, se producirá una diferencia de potencial y por lo tanto tensión entre las dos partes del material, como ocurre en una pila.

Las celdas solares se construyen de Silicio, el cual tiene cuatro electrones de valencia. Al igual que los diodos, las celdas solares basan su funcionamiento en la unión p-n, la cual está formada por dos regiones, una región n (negativa) y una región p (positiva), para crear un potencial de contacto que separa los electrones de los huecos una vez que aquellos han sido desprendidos por el efecto de la radiación solar. El material semiconductor n se produce introduciendo impurezas (esto se conoce como dopar el material) pentavalentes al cristal de Silicio. Generalmente se utiliza el Fósforo, ya que este tiene cinco electrones de valencia, por lo cual, el material tipo n mostrará mayor afinidad por los electrones que el Silicio puro. Por otro lado, para producir el material p, se deben añadir al cristal de Silicio impurezas trivalentes, como por ejemplo Boro, el cual tiene tres electrones de valencia; por lo que este material mostrará una afinidad por los electrones menor que la del Silicio puro.

Carta J., Calero, R., Colmenar A., & Castro, M. A. (2009) “La energía solar fotovoltaica se basa en la utilización de células solares o fotovoltaicas, fabricadas con materiales semiconductores cristalinos que, por efecto fotovoltaico, generan corriente eléctrica cuando sobre los mismos incide radiación solar. El silicio es la base de la mayoría de los materiales más ampliamente utilizados en el mundo para la construcción de células solares”.

Los componentes principales que están presentes en los paneles fotovoltaicos son:

- **Vidrio templado:** el cual protege los elementos al interior del panel, sirve de filtro de radiación y además al ser de baja capacidad reflectora, permite absorber la luz.

- **EVA o etileno vinilo acetato:** polímero termoplástico, para usarse como encapsuladora de las células generadoras, para evitar la entrada de aire o humedad.

- **Celda de Silicio:** es el núcleo del panel fotovoltaico, es el elemento encargado de producir la energía eléctrica a base de la luz solar.

- **Tedlar o fluoruro de polivinilo (PVF):** es la parte posterior de un panel fotovoltaico, y sirve para proteger de los efectos de la luz ultravioleta además de aislante eléctrico.

Estos componentes se pueden observar en la Fig. 2, la cual explica de manera gráfica la composición de un panel fotovoltaico.

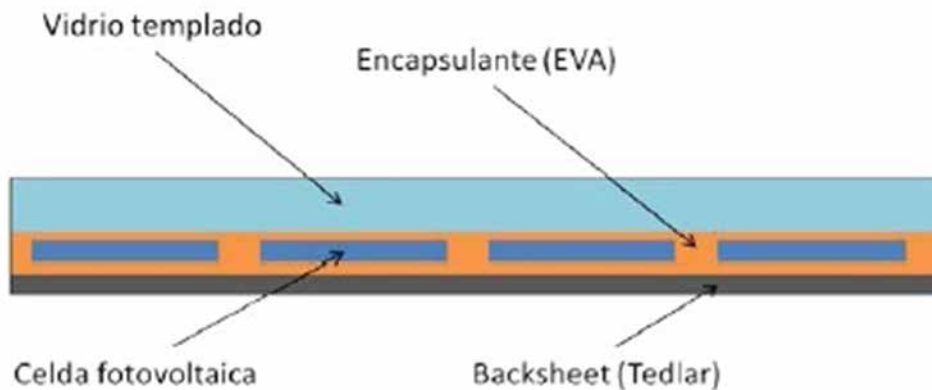


Figura 2: Composición de un panel fotovoltaico

Fuente: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132806/Dise%C3%B1o-de-un-disipador-de-calor-pasivo-para-un-panel-fotovoltaico.pdf?sequence=1>

Un módulo fotovoltaico consta de: un marco soporte que la mayoría de las veces es de aluminio anodizado, una base inferior construida en general por un polímero de plástico, las celdas fotovoltaicas conectadas entre sí, una cubierta superior de vidrio templado que además de proteger al módulo facilita la entrada de

los rayos solares y una caja de conexiones que se sitúa en la parte posterior del módulo y en la cual se encuentran los contactos eléctricos y los diodos de protección.

En la figura 3 se muestran las distintas partes de un módulo fotovoltaico:

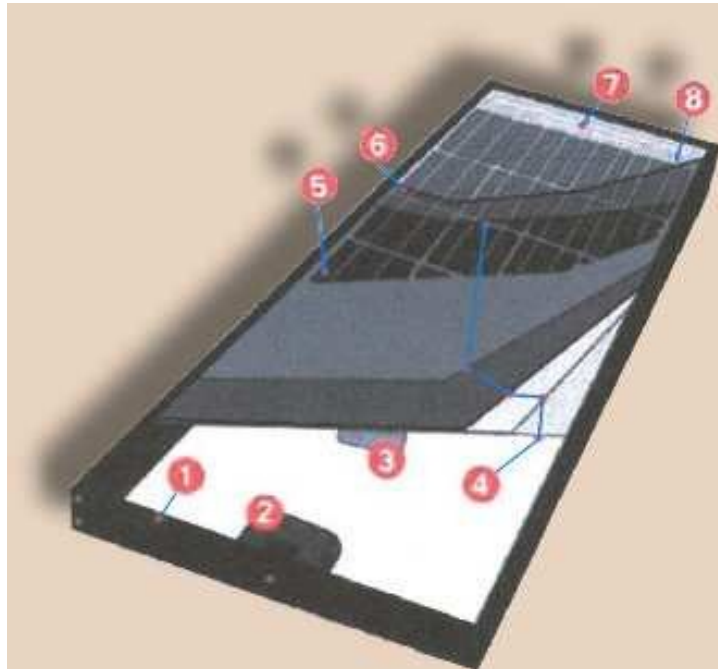


Figura 3. Componentes de un módulo fotovoltaico

<http://www.elinte.net/paginag/imga.jpg>

Dónde:

1. Marco soporte

2. Caja de conexiones
3. Placa con las características eléctricas del módulo
4. Cubierta posterior y material encapsulaste para proveer protección contra las condiciones ambientales.
5. Celdas
6. Cubierta de vidrio
7. Bus de conexión de las celdas
8. Distancia de seguridad entre el marco y las celdas

2.2.5 Circuito equivalente de la celda solar

La celda solar es representada por el circuito mostrado en la Figura 4.

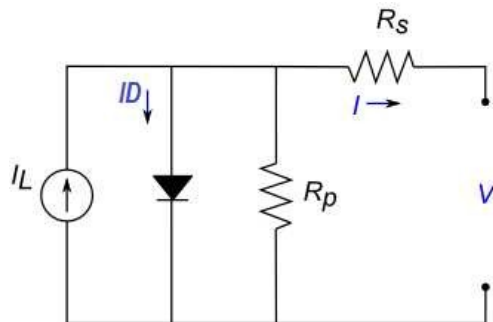


Figura 4: Circuito equivalente de la celda solar

Fuente: <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologia-de-celulas-y-modulos-fotovoltaicos/Materiales/ud1/unidad-1.-la-celula-solar/>

Donde:

R_s : Resistencia serie. Representa la resistencia de contacto entre la celda y los terminales de corriente.

R_p : Resistencia shunt. Representa las pérdidas debidas a defectos de la celda, es decir, no hay pérdidas por contacto ni corrientes de fuga.

I_L : Corriente generada por la incidencia de los fotones en la superficie

de la celda solar (fotocorriente).

ID: Corriente del diodo.

V: Voltaje externo de la celda solar

Además de la corriente fotogenerada, simulada como una fuente de corriente, y el diodo, que representa la unión p-n, se incorporan en el modelo dos resistencias, cuyo efecto es importante sobre todo en los dispositivos fotovoltaicos industriales.

La resistencia serie se origina por la oposición a la corriente en el emisor, la base, los electrodos de la célula solar y los contactos o uniones entre estos y el semiconductor.

A mayor resistencia serie, menor será el factor de forma de la célula. La parte de la curva I-V más afectada por la resistencia serie es la que va desde el punto de máxima potencia al de circuito abierto. En primera aproximación la resistencia serie puede obtenerse de la curva I-V como la pendiente de la curva en el punto de circuito abierto. Para reducir la resistencia serie es clave realizar un buen diseño de la célula solar, en el que los contactos metálicos frontales sean óptimos, su representación gráfica se puede ver en la figura 5.

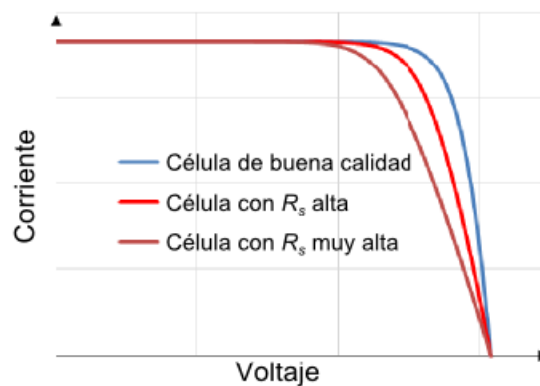


Figura 5: Impacto de la resistencia serie en el funcionamiento de una célula solar.

Fuente: <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologia-de-celulas-y-modulos-fotovoltaicos/Materiales/ud1/unidad-1.-la-celula-solar/>

La resistencia en paralelo ofrece un camino alternativo para la corriente fotogenerada. En lugar de fluir a través de la unión p-n, fluye a través de la resistencia paralelo, de modo que se reduce el voltaje de la célula. Cuanto menor sea la resistencia paralelo, más corriente podrá desviarse por ella, y más se reducirá el factor de forma de la célula y por tanto su eficiencia.

El impacto de esta resistencia paralelo es elevado sobre todo cuando la célula trabaja a baja irradiancia. La resistencia en paralelo afecta sobre todo al primer tramo de la curva I-V y puede calcularse como el inverso de la pendiente de la curva I-V en el punto de cortocircuito. La resistencia paralelo baja suele tener su origen en defectos de fabricación, por lo que para maximizarla es necesario mantener un buen control del proceso productivo. Su representación gráfica se puede ver en la figura 6.

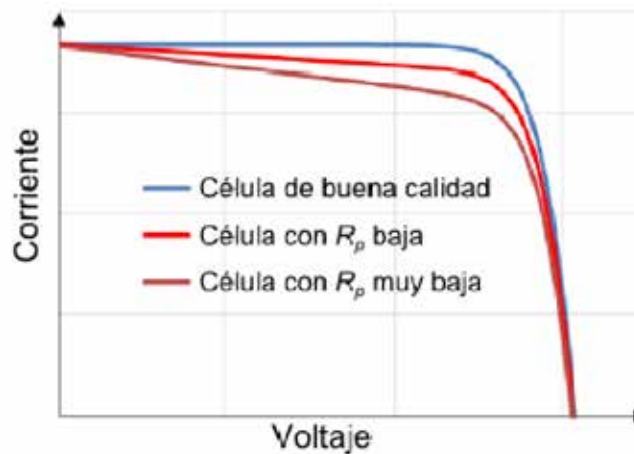


Figura 6: Impacto de la resistencia paralelo en el funcionamiento de una célula solar.

Fuente: <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologia-de-celulas-y-modulos-fotovoltaicos/Materiales/ud1/unidad-1.-la-celula-solar/>

Las curvas vistas en la figura 7, representan las características eléctricas de la celda solar junto a una curva I-V típica de una celda solar, en la cual destacan los siguientes puntos:

Corriente de cortocircuito (I_{sc}): Esta es la corriente que se obtiene al

cortocircuitar los terminales de la celda solar.

Voltaje de Circuito Abierto (V_{oc}): Esta es la tensión que se obtiene sin que haya carga alguna conectada a la celda solar.

Punto de Máxima Potencia (MPP): También llamado factor de forma o *fill factor* (FF). Nos da una idea de lo cuadrada que es la curva IV de la célula, y es mayor cuanto mayor sea la calidad de la célula solar. Representa la potencia máxima generada por la celda y se define como el punto de la curva V-I en el que el área del rectángulo V·I es máxima. Para cualquier otro punto de la curva, la potencia generada por la celda es menor a este valor. También se puede obtener con la intersección de los valores denominados **voltaje de máxima potencia (V_m)** y **corriente de máxima potencia (I_m)**.

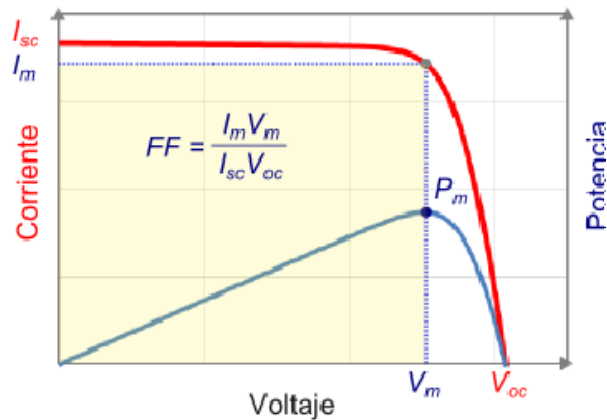


Figura 7: Característica Tensión-Corriente de una celda solar

Fuente: <http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologia-de-celulas-y-modulos-fotovoltaicos/Materiales/ud1/unidad-1.-la-celula-solar/>

Los parámetros de la célula solar dependen fuertemente de la irradiancia o intensidad de la radiación solar a la que está expuesta la célula. La corriente de cortocircuito depende linealmente de la irradiancia. El voltaje de circuito abierto también aumenta con la irradiancia, aunque más lentamente, según una función logarítmica. La dependencia de la eficiencia con la irradiancia es compleja, y depende

de los valores de las resistencias serie y paralelo de la célula.

La temperatura también juega un papel importante. Al aumentar la temperatura, se reduce la energía del gap y esto afecta a la mayoría de los parámetros de la célula, sobre todo al voltaje de circuito abierto, que se reduce. Para el silicio la caída es aproximadamente de 2,2 mV/°C. La potencia máxima decae entre un -0,4 y un 0,5%/°C, mientras que la corriente de cortocircuito aumenta ligeramente (en torno a un 0,05%/°C).

Según las curvas mostradas en la Figura 8, la potencia máxima generada por la celda disminuirá cuando la temperatura aumente o cuando la radiación disminuya; por lo que los fabricantes proporcionan factores de corrección para ajustar los valores de tensión y corriente a los cambios de temperatura.

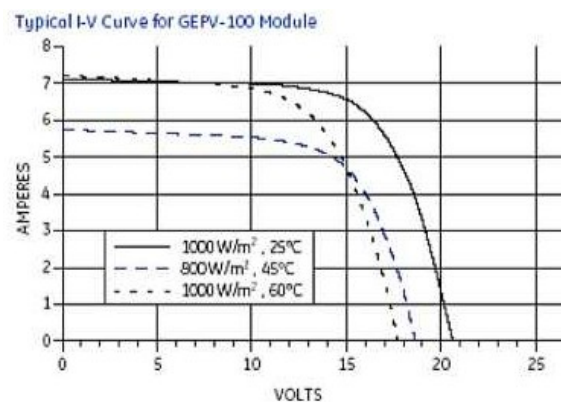


Figura 8: Curvas V-I para diferentes valores de radiación y temperatura

Fuente: <http://www.urbe.edu/publicaciones/telematica/indice/html-vol7-2/articulo9.html>

2.2.6 Tipos de celdas solares

Las celdas se pueden clasificar de acuerdo al tipo de material utilizado para su fabricación. Los tres más comúnmente utilizados son: Silicio Monocristalino, Silicio Policristalino y Silicio Amorfo, aunque también se usan, aunque en menor proporción: Arsenuro de Galio, Cobre Indio Diselenuro y Teluro de cadmio. A continuación se describen las celdas más frecuentemente utilizadas para la fabricación de módulos fotovoltaicos. (J, Contreras. 2014)

Según, Contreras, J. (2014) las celdas solares se pueden clasificar en:

2.2.6.1 Celdas fotovoltaicas amorfas: Este tipo de celdas fotovoltaicas normalmente se utilizan en pequeños paneles solares, como los de las calculadoras, relojes o las lámparas de jardín, aunque cada vez son más utilizadas en aplicaciones de mayor tamaño. Se fabrican depositando una película delgada de silicio sobre una hoja de otro material tal como acero. El panel está formado de una pieza y las celdas individuales no son visibles a simple vista. La eficiencia de paneles solares fabricados con celdas fotovoltaicas amorfas no es tan alta como las hechas de celdas fotovoltaicas individuales, aunque esto ha mejorado en los últimos años al punto donde pueden verse como una alternativa practica a los paneles realizados con celdas fotovoltaicas cristalinas. Su gran ventaja reside en su costo ya que este es relativamente bajo. Sin embargo, por su baja eficiencia, se requieren más paneles solares en un mayor espacio para generar la misma potencia de salida y el espacio que los paneles solares fabricados de celdas fotovoltaicas cristalinas. Su eficiencia de conversión esta aproximadamente debajo del 10%.

2.2.6.2 Celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino: Las celdas solares de silicio monocristalino (mono-Si), son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio.

Ventajas:

1. Tienen las mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. Por encima del 15% y en algunas marcas supera el 21%.
2. La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. Garantías de hasta 25 años.
3. Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.

Desventajas:

1. Son más caros. Valorando el aspecto económico, para uso doméstico resulta más ventajoso usar paneles policristalinos.

2. El proceso Czochralski es el usado para la fabricación de silicio monocristalino. Como resultado, se obtienen bloques cilíndricos. Posteriormente, se recortan cuatro lados para hacer las láminas de silicio.
3. Se derrocha una gran cantidad de silicio en el proceso.

2.2.6.3 Celdas fotovoltaicas de silicio policristalino: A diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski. El silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas.

Ventajas:

1. La principal y más importante de las ventajas es que el proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple, lo que redunda en una diferencia considerable del costo de su fabricación con respecto a los paneles monocristalinos, ya que se pierde mucho menos silicio.

Desventajas:

1. Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor que los monocristalinos. Esto significa que en altas temperaturas un panel policristalino funcionará peor que un monocristalino. El calor además puede afectar su vida útil, acortándola.
2. La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13-16%, debido a que no tienen un silicio tan puro como los monocristalinos.
3. Mayor necesidad de espacio. Se necesita cubrir una superficie mayor con paneles policristalinos que con monocristalinos.

En la figura 9 se muestran los tipos de celdas fotovoltaicas.

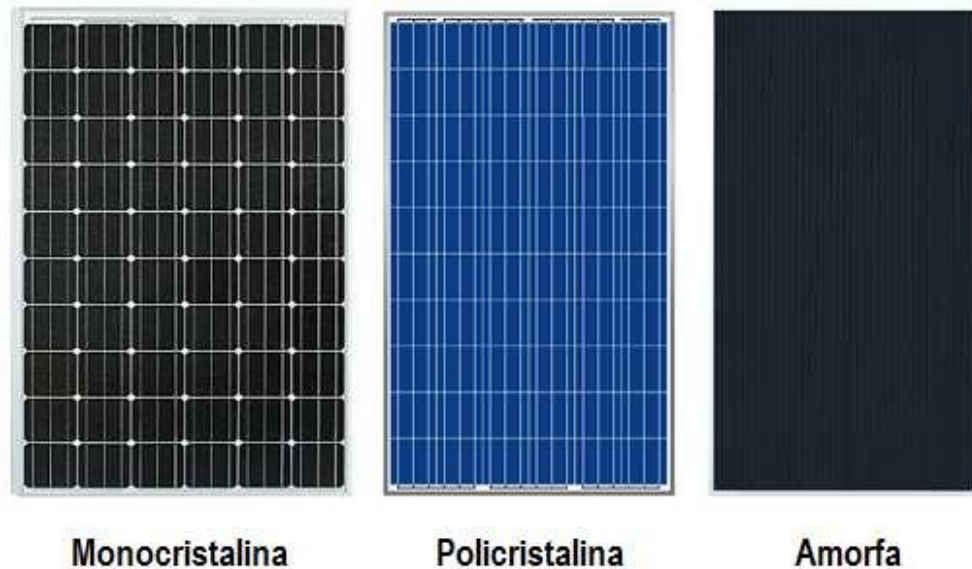


Figura 9: Tipo de celda de silicio: monocristalino, policristalino y amorfa.

Fuente: <http://www.tualmacensolar.es/img/solar3.PNG>

2.2.7 Transferencia de calor en paneles solares

La transferencia de calor, como lo dice su nombre es el movimiento o desplazamiento de calor de un sector hacia otro. Esto se debe al movimiento macroscópico o microscópico de los materiales, además de las ondas de energía las cuales influyen en el proceso de transferencia de calor.

En un panel fotovoltaico se debe poder controlar la temperatura a la cual están sometidos, debido a que esta afecta su eficiencia y rendimiento, para esto se le colocan disipadores de calor, para lo cual es necesario conocer como los métodos de transferencia de calor trabajan en la celda fotovoltaica. En la figura 10, se muestran los tipo de transferencias de calor, los cuales son: por conducción (indicado como las flechas amarillas), por convección (explicado en mediante las flechas circulares azules) y por radiación (proceso explicado mediante las flechas rectas azules).

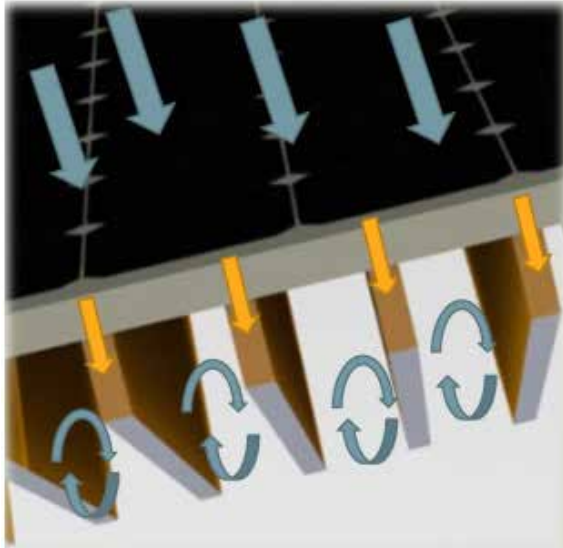


Figura 10. Transferencia de calor en un panel fotovoltaico

Estos procesos son los únicos procesos de transferencia de calor y en el caso de un panel fotovoltaico, se observan los 3 procesos en el mismo componente.

2.2.7.1 Conducción

La conducción es un proceso de transferencia térmica la cual ocurre en un sólido y es representativa de los movimientos de vibración y rotación a escala molecular que se presentan en dicho sólido. Esta transferencia de calor es asociada a la temperatura mediante la ley de Fourier la que explica que la conducción se manifiesta desde un sector de mayor temperatura a uno de menor temperatura, esto multiplicado por una constante de conductividad térmica del material.

Ec. 3

Dónde:

- (Q) Calor transferido principalmente [W]
- (A) Área de intercambio entre el fluido y el sólido [m^2].
- (k) Constante conductiva representativa de un material [W/ $m \cdot K$].

- (Diferencial de temperatura, entre los puntos a evaluar en el mismo sólido, este diferencial puede ser en tres dimensiones, evaluada con respecto a la distancia en el eje elegido:

$$\nabla T = \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\partial T}{\partial z}$$

Ec.4

2.2.7.2 Convección

La convección es un proceso que ocurre en un fluido en estado líquido o gaseoso en el que se presentan movimientos macroscópicos. Este fenómeno está asociado a la mezcla de pequeñas porciones de fluido a alta temperatura con otras porciones de fluido a bajas temperaturas, en un símil con la conducción, la convección también está asociada a la diferencia de temperaturas existentes entre los distintos cuerpos pero en este caso, existe un coeficiente conectivo que asocia el calor con la diferencia de temperaturas.

Ec.5

Donde:

* Q = Calor transferido principalmente [W].

* A = área de intercambio entre el fluido y el sólido en [m²].

* h = constante convectiva representativa del proceso de intercambio de calor en el fluido [W/m²K].

diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido [K]. Donde que es el coeficiente global de transferencia de calor.

2.2.7.3 Radiación

La radiación son ondas electromagnéticas propagándose a través de un medio transparente tanto como el aire o como el vacío, este calor transferido se puede expresar como la diferencia de la cuarta potencia de cada temperatura por una constante y por la emisividad del cuerpo que emite la radiación, en el caso de este trabajo el cuerpo que emite la radiación es El Sol.

Ec. 6

Donde:

* E = Energía establecida por radiación de un cuerpo negro principalmente [W].

* = Constante de Stefan-Boltzmann $5,67 \times 10^{-8}$ [W/m²K⁴]

* = Temperatura del cuerpo elevada a su cuarta potencia [K⁴].

2.2.8 Consumo Eléctrico

González, Mateo, González (2006) “La electricidad es una de las formas de energía más utilizadas en el mundo desarrollado. Pudiéndose afirmar que cuanto mayor es el nivel de vida, mayor es la utilización de la electricidad.” (pág. 96)

Tambutti. y Muñoz. (2005) “Resulta claro que la cantidad de energía eléctrica que consume un artefacto cualquiera dependerá directamente del tiempo durante el cual esté funcionando.” (pág. 142)

Los seres humanos, en su gran mayoría, no realizan un uso consiente de la energía eléctrica, lo que concluye en más contaminación y aumento del calentamiento global.

2.2.9 Baterías de Acumulación

Heras. (2008) “La acumulación es necesaria porque el campo fotovoltaico puede proporcionar energía sólo en horas diurnas, mientras que a menudo la mayor demanda por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y noches.” (pág. 203).

Las baterías de acumulación formarán parte fundamental en este proyecto piloto, ya que su desempeño será un factor vital para que sea eficiente el sistema de electrificación de la escuela de mecánica a través de la energía solar. Las mismas deberán recibir y retener la energía solar transformada para que luego, durante la ausencia de energía eléctrica convencional, se utilice a través de los bombillos y toma corrientes ubicados dentro de las instalaciones.

2.2.10 Eficiencia y pérdidas en las celdas fotovoltaica

La eficiencia de una celda solar se define como el cociente entre la potencia eléctrica máxima que esta puede entregar y la potencia luminosa que incide sobre su superficie, tal como se expresa de la siguiente manera:

—

Ec. 7

Dónde:

- η : Eficiencia de la celda solar
- P_s : Potencia eléctrica generada por la celda
- P_e : Potencia eléctrica que incide sobre la celda

Dependiendo del tipo de material que se utilice para la fabricación de la celda, se pueden tener eficiencias teóricas que van desde 19% hasta un 25%, las cuales en la práctica llegan hasta un valor máximo de 18%. Esto se debe principalmente a los siguientes factores:

Energía de los fotones incidentes: Como se describió en el apartado del efecto fotoeléctrico, no todos los fotones tienen la energía suficiente para desprender un electrón y por otro lado, si el fotón tiene un exceso de energía, esta se perderá en forma de calor.

Pérdidas por recombinación: Parte de los electrones liberados por los fotones ocupan nuevamente huecos vecinos, a este proceso se le conoce como recombinación y el mismo hace que la tensión de circuito abierto de la celda disminuya desde aproximadamente 1,1 V (valor teórico) hasta un máximo de 0,6 V.

Pérdidas por reflexión: Una parte de la luz que incide sobre la celda es reflejada por esta debido a los recubrimientos a los que es sometida la misma en el proceso de fabricación.

Pérdidas por los contactos eléctricos: Al dotar a la celda de unos contactos eléctricos en forma de rejilla para conducir la corriente, se disminuye el área efectiva de la celda.

2.2.11 Conexión entre las celdas solares

Las celdas solares se agrupan entre sí mediante conexiones serie-paralelo se puede ver un ejemplo en la figura 11 y 12 para formar los módulos fotovoltaicos, a fin de poder manejar más corriente, voltaje y por ende más potencia, ya que la tensión de una sola celda es de aproximadamente 0,5 V. Normalmente se habla de módulos de 6, 12, 24,36 y 48 V, cuya potencia puede variar desde unos pocos vatios hasta algo más de 200 W. En una red de sistemas fotovoltaicos, la elección de la potencia total del sistema y el voltaje de las baterías deben ser cuidadosamente considerados en la fase de diseño. Hay que estar atento a los valores actuales, es decir, si su valor de salida es superior a los 70A, los paneles y el sistema puede estar dañado y podría ver con la administración de energía.

Para evitar esto, se usa una conexión serie-paralelo (ver figura 11) para aumentar la tensión y la corriente simultáneamente, optimizando la eficiencia de trabajo de los paneles.

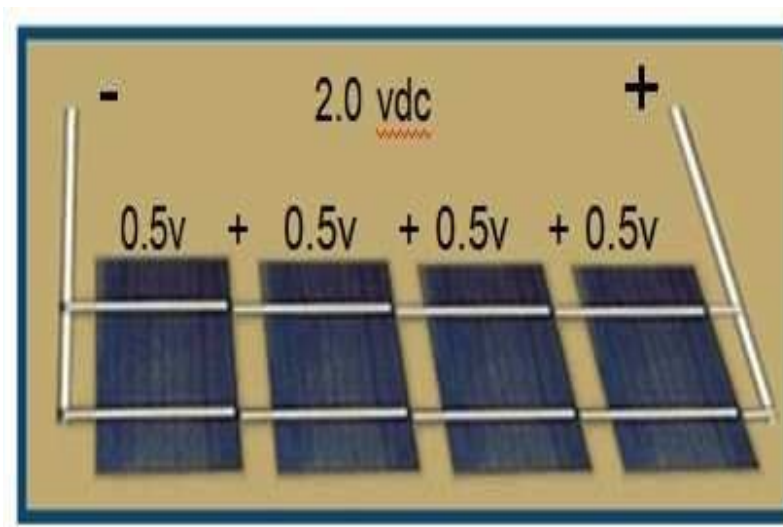


Figura 11: Conexión serie de celdas fotovoltaicas, con su respectivo voltaje de salida.

<http://www.mpptsolar.com/es/paneles-solares-serie.html>

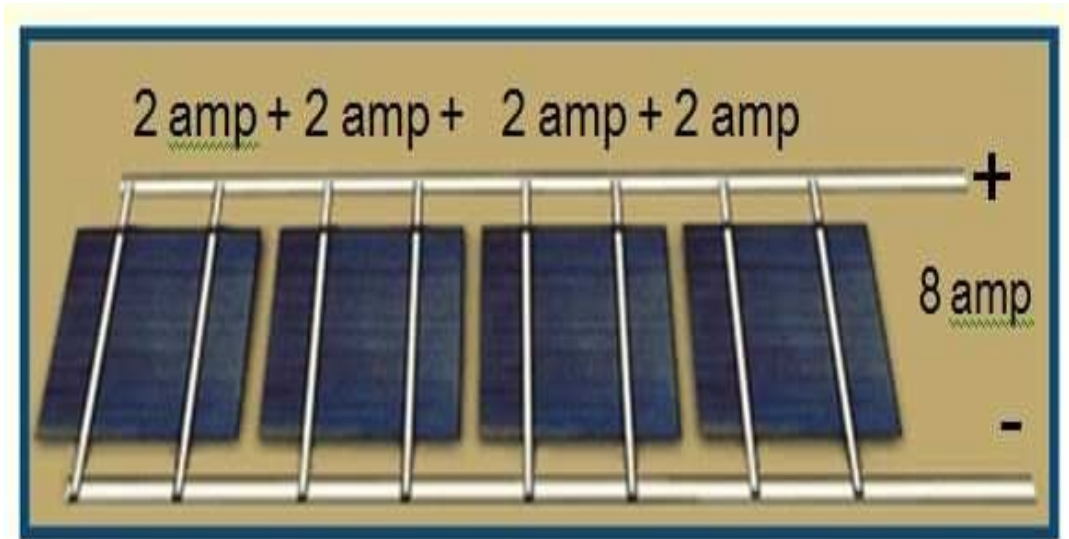


Figura 12. Conexión en paralelo de celdas fotovoltaicas, con sus respectivas corrientes de salida.

<http://www.mpptsolar.com/es/paneles-solares-paralelo.html>

En la figura 13, se muestra un ejemplo de las conexiones serie-paralelo posibles con los paneles solares y sus efectos en voltaje y corriente.

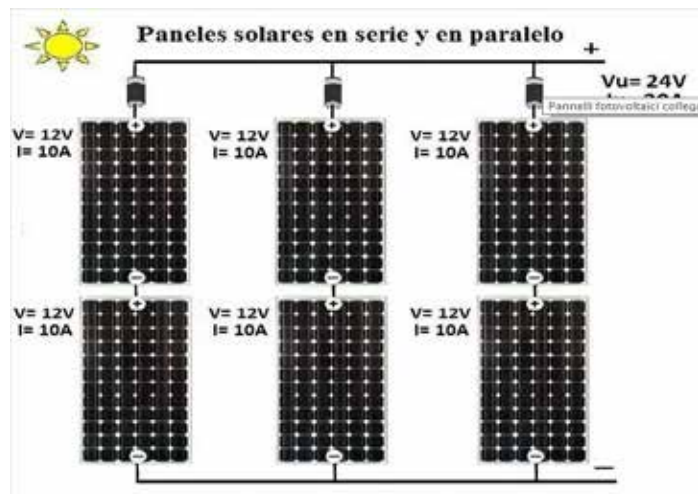


Figura 13. Conexión en serie-paralelo de módulos fotovoltaicos, con su respectiva corriente y voltaje de salida.

<http://www.mpptsolar.com/es/paneles-solares-serie-paralelo.html>

2.2.12 El sol y la radiación

El sol tiene una estructura y características que determinan la naturaleza de la energía irradiada en el espacio. Una de sus características es ser una esfera con un diámetro de 1.39×10^9 metros ubicada a una distancia de la Tierra de 1.5×10^8 metros. Es una esfera formada por helio e hidrogeno con carbono y por otros elementos en muy pequeña cantidad.

El sol se comporta como un emisor perfecto de radiación, es decir, es un cuerpo negro con una temperatura de 5800 K. A través de mediciones efectuadas mediante satélites y cohetes se obtuvo el resultado del flujo de energía incidente por unidad de superficie, colocada perpendicularmente a los rayos solares en el límite exterior de la atmósfera terrestre llamada Constante Solar, la cual es de 1353 Wh/ m^2 .

Bajo condiciones óptimas se puede asumir un valor aproximado de radiación del sol es de 1000 W/m^2 en la superficie terrestre. Esta radiación puede llegar a la tierra en forma directa o difusa

En la figura 14 se observa la radiación solar cuando entra en la atmósfera terrestre. Existen 3 tipos de radiación: La radiación que no se refleja o dispersa y se encuentra en la superficie, llamada radiación directa. La que se encuentra en la tierra producto de la radiación dispersa, llamada radiación difusa, y por último se encuentra el llamado albedo, que es la radiación recibida después de haberse reflejado en la tierra.

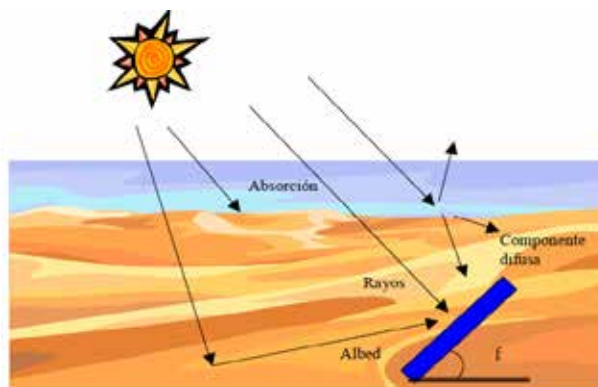


Figura 14. Radiación solar directa y difusa captada por una superficie inclinada.
Fuente: Markvart, T. (1994). *Solar Electricity*. England: John Wiley & Sons.

Las radiaciones que van desde el violeta al rojo se dice que forman el espectro visible, (ver figura15), pues procede de la descomposición de la luz blanca. Las radiaciones de longitud de onda inferior al violeta se llaman radiación ultravioleta, rayos X, y rayos gamma, por orden decreciente en la longitud de onda y las radiaciones de longitud de onda superior al rojo son las denominadas infrarrojas, microondas y ondas de radio, por orden creciente en longitud de onda.

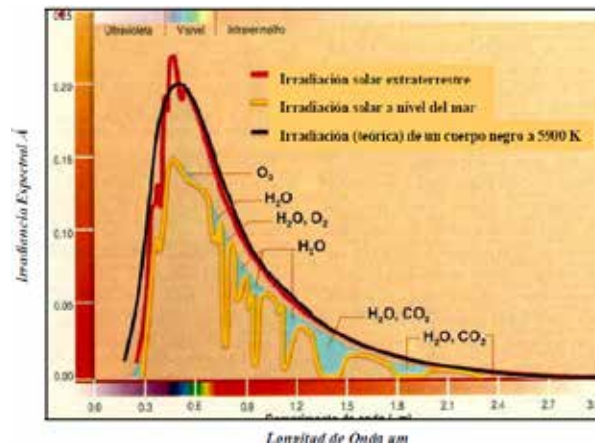


Figura 15. Espectro de la radiación fuera de la atmósfera y al nivel del mar.
Fuente: Dibujo del espectro solar geocities.yahoo.com.br/kawakami_enc/ caract.html

Existe un concepto que caracteriza el efecto de la atmósfera con el espectro solar en un día claro (ver figura 16), este es la Masa de aire (m), el cual se refiere a la longitud relativa de la emisión directa que pasa a través de la atmósfera. Por ejemplo; la masa de aire es igual a 1 en un día claro de verano donde la radiación del sol está en el zenit, pero en otros momentos la masa de aire corresponde a:

Ec. 8

Donde:

: Ángulo que se forma desde el Zenit.

Cada lugar geográfico tiene unas condiciones de presión y temperatura, pero al tomar las condiciones a nivel del mar se considera que la masa atmosférica cuando es atravesada por la radiación solar recorre aproximadamente una longitud de 9 Km.

En el ejemplo anterior cuando la masa de aire era igual a 1 se tomaba una presión a nivel del mar de 1000 milibares.

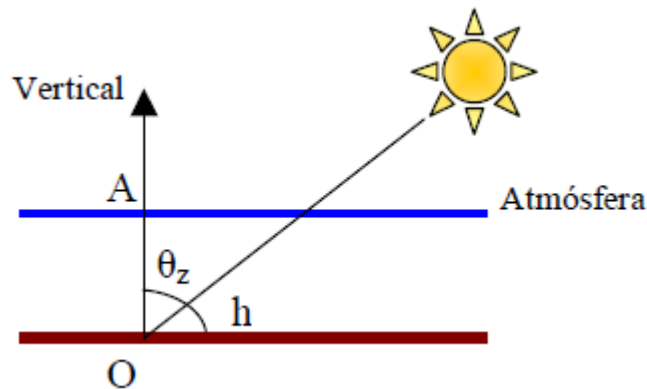


Figura 16. Masa del aire

Fuente: Markvart, T. (1994). *Solar Electricity*. England: John Wiley & Sons.

Lo que quiere decir, que cuando se está en otro lugar a una presión dada y según la figura 10, la masa de aire será:

—

Ec. 9

De estudios realizados se conoce que la radiación solar recorre un espesor pequeño de gases atmosféricos (ozono, gas carbónico, vapor de agua) comparado con la masa atmosférica, y se puede semejar con el espesor de agua condensable que presenta las mismas características de absorción.

2.2.13 Tipos de Radiación:

2.2.13.1 Radiación directa: es aquella que llega directamente del Sol hasta algún objeto superficie terrestre, sin reflexiones o refracciones en su recorrido. Este tipo de radiación puede reflejarse y concentrarse para su utilización. Además, se caracteriza por producir sombras bien definidas de los objetos que se interponen en su trayecto.

2.2.13.2 Radiación difusa: corresponde a la radiación emitida por el sol y que sufre alteraciones en su recorrido desde que ingresa a la atmosfera, siendo reflejada por partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, etc., o absorbida por las nubes. Producto de las constantes reflexiones va perdiendo energía. No proyecta sombra de los objetos que se interponen en su recorrido.

Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven pueden ver el cielo en todas las direcciones, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.

Cuando la radiación logra llegar a la tierra de las formas anteriormente nombradas, podemos hacer presente estas dos nuevas formas de radiación:

2.2.13.3 Radiación reflejada: Es el tipo de radiación procedente de la reflexión en el suelo u otras superficies próximas, es decir incide sobre una superficie. La cantidad de radiación dependerá directamente del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no "ven" por así decirlo a la superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben.

2.2.13.4 Radiación solar global o total: Es la suma de las componentes de radiación directa más la difusa más la reflejada. El instrumento necesario para medir la radiación global es el piranómetro. Este se utiliza a veces para medir la radiación incidente sobre superficies inclinadas y se dispone en posición invertida para medir la radiación global reflejada (albedo).

La radiación es aprovechable en todas sus formas, bien sea directa, difusa, reflejada o en la suma de ellas. En un día despejado, la radiación directa es mucho mayor que la radiación difusa. Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación incidente corresponde a radiación difusa. Por eso es importante señalar el siguiente concepto:

Hora solar pico: es una unidad utilizada para contabilizar la cantidad de energía solar durante un tiempo determinado. Es equivalente a la energía que

genera una radiación solar de 1000W/m² durante 1 hora. Este parámetro es importante debido a que los fabricantes de módulos fotovoltaicos expresan sus valores eléctricos referidos a una radiación de 1.000 W/m²; por lo tanto, para saber la cantidad de energía diaria que producirá un módulo fotovoltaico se debe multiplicar la potencia nominal del mismo por el número de horas de sol pico de la localidad donde el módulo vaya a ser instalado.

Es importante recalcar que la radiación no se producirá de manera constante a lo largo del día gracias a las diferentes maneras de radiación y atenuaciones existentes, de esta manera tampoco lo será la energía producida por los módulos fotovoltaicos.

2.2.14 Energía recibida mediante la radiación solar sobre un plano cualquiera

Es importante destacar que para realizar los cálculos de aportaciones energéticas sobre la superficie es necesario el dato esencial de la altura del sol como se verá más adelante. La altura del sol se consigue a través de los ábacos para los diferentes meses del año como se ve en la figura 17. Este dato también es necesario para poder realizar un estudio de las sombras debida a las edificaciones existentes, la vegetación, el relieve (zona de montañas), etc. que podrían ocultar el sol a los captadores solares.

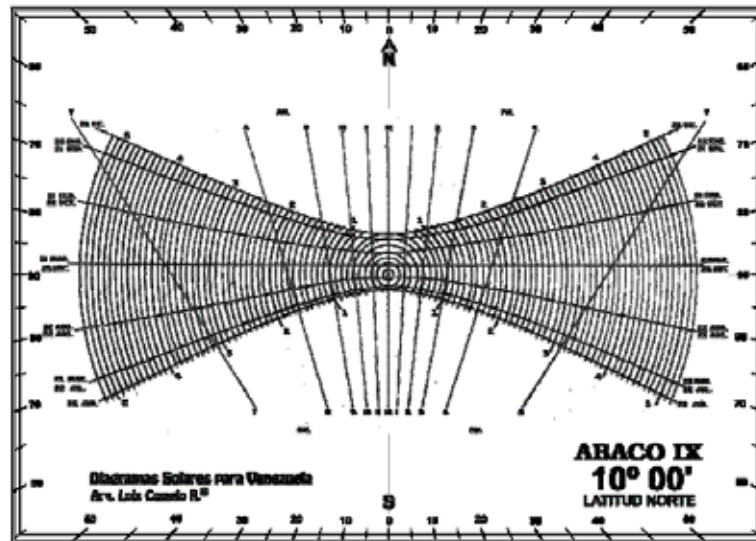


Figura 17. Diagrama solar de Venezuela, latitud Norte.
Fuente: Diagramas Solares para Venezuela. (2004). Índice de ábacos. Carabobo. Disponible en: <http://www.angelfire.com/ab4/diagramas/>

2.2.15 Orientación e inclinación para la instalación de celdas fotovoltaicas:

2.2.15.1 Ángulo de inclinación Ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal (figura 18). Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.

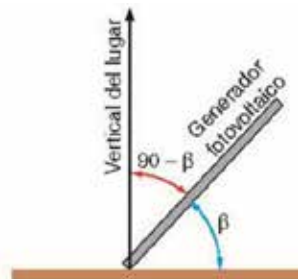


Figura 18. Inclinación con respecto a la vertical del panel solar

Fuente: <http://calculationsolar.com/blog/?p=8>

2.2.15.2 Ángulo de azimut Ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar (figura 19). Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste. Una superficie recibe la mayor cantidad posible de energía si es perpendicular a la dirección del Sol. Como la posición del Sol varía a lo largo del día, la posición óptima de la superficie también tendrá que ser variable.

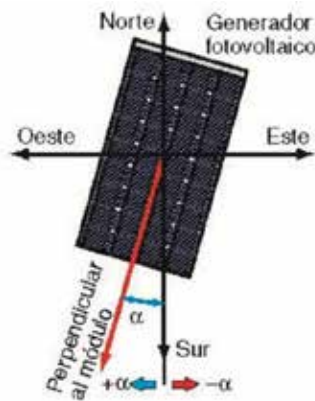


Figura 19. Ángulo Azimut

Fuente: <http://calculationsolar.com/blog/?p=8>

2.2.15.3 Declinación): Es el ángulo que forma el plano del ecuador de la Tierra con la línea situada en el plano de la eclíptica, que une los centros del Sol y de la Tierra (figura 20). Este ángulo varía a lo largo de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, alcanzando valores máximos en los solsticios de verano (declinación máxima $23,45^\circ$ y valores mínimos en los equinoccios $-23,45^\circ$) y valores nulos en los equinoccios. Este ángulo puede suponer que permanece constante a lo largo de un día.

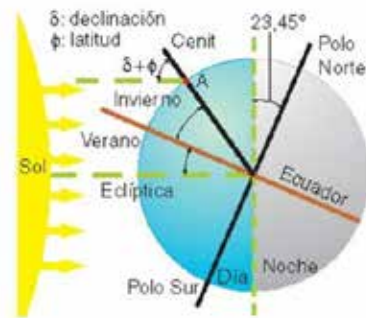


Figura 20. Ángulo entre el plano del ecuador y el plano de la eclíptica

Fuente: <http://calculationsolar.com/blog/?p=8>

La expresión de la declinación para un determinado día se calcula con la expresión:

$$\delta = 23,45 \sin \left(\frac{360}{365} n \right) \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

δ = declinación expresada en grados

n = día del año (1,2,3,4,...,365, tomando 1 para el primero de Enero)

Para situar la posición del sol en el cielo se utiliza el concepto de esfera celeste, que es una esfera imaginaria de radio arbitrario, centrada en el observador, sobre la que se proyecta la posición del Sol (figura 21). Cada punto de esta esfera celeste es una dirección en el cielo vista desde la tierra.



Figura 21. Esfera celeste

Fuente: <http://calculationsolar.com/blog/?p=8>

Este sistema de representación muestra las posiciones del Sol como si tuviera un movimiento aparente alrededor de la Tierra siguiendo una trayectoria dentro del plano de la eclíptica que forma un ángulo de 23,45 grados con el ecuador de la esfera celeste. El Sol recorre la eclíptica una vez al año y la esfera celeste gira una vez al día en torno a la tierra.

En el sistema de coordenadas de la esfera celeste, que es similar al usado para definir la longitud y latitud terrestres, se especifica la posición del sol mediante dos ángulos que se denominan elevación y acimut (figura 22).

Estas coordenadas solares se definen respecto a la dirección vertical que es la dirección que marcaría una plomada, que, apuntando hacia abajo, se dirigiría hacia el centro de la Tierra y hacia arriba interceptaría a la esfera celeste en un punto denominado cenit (figura 22).

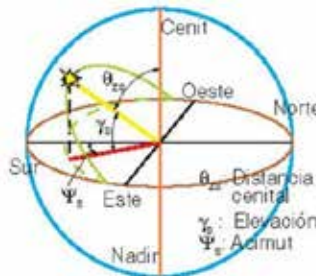


Figura 22. Elevación y azimut

Fuente: <http://calculationsolar.com/blog/?p=8>

La intersección con el hemisferio opuesto de la esfera celeste definiría el punto opuesto al cenit denominado nadir. Las definiciones de las coordenadas solares son:

a) γ_s : es el ángulo que forman los rayos solares con la horizontal (figuras 23). Toma valores que van de $(90^\circ - \delta_s)$ en invierno a $(90^\circ + \delta_s)$ en verano, donde δ_s es la declinación.

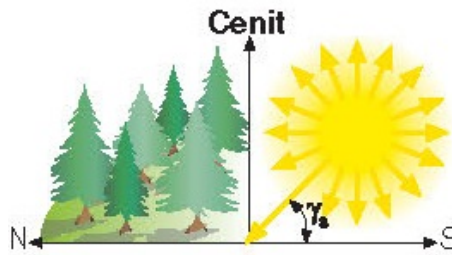


Figura 23. Coordenadas solares con respecto a la vertical
Fuente: <http://calculationsolar.com/blog/?p=8>

b) ángulo formado por el meridiano del sol y el meridiano del lugar, tomando como referencia el Sur en el hemisferio norte y el Norte en el hemisferio sur (figuras 24). Tiene valores positivos de 0 a 180° hacia el Oeste y negativos de 0 a -180° hacia el Este.

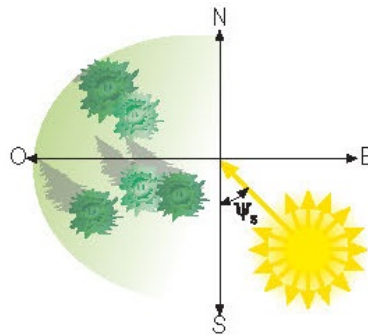


Figura 24. Ángulo
Fuente: <http://calculationsolar.com/blog/?p=8>

La figura 25 que se encuentra a continuación, representa las trayectorias aparentes del sol en los solsticios de verano e invierno y en los equinoccios de primavera y otoño, respecto de un observador que mira al Sur. El resto del año, el Sol sigue trayectorias intermedias entre las representadas. La elevación solar alcanza en los solsticios de verano e invierno sus valores máximo y mínimo, respectivamente. En la figura 25 se ha marcado la posición del Sol a una hora determinada (10 AM). El observador porta un plano en el que se reflejan las diferentes trayectorias anuales del Sol. Este plano recibe el nombre de carta solar.

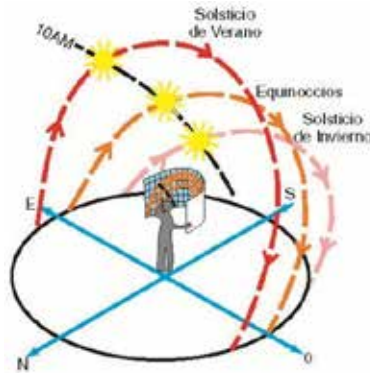


Figura 25. Trayectoria del sol respecto a un observador que mira al sur
 Fuente: <http://calculationsolar.com/blog/?p=8>

2.2.16 Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico

Se deben considerar muchas variables que afectan directamente la correcta selección de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico completo, desde la cantidad de paneles, hasta el inversor de corriente, con el fin de que el sistema, garantice un correcto funcionamiento y tenga la capacidad de generar toda la potencia energética de consumo que se requiera.

2.2.16.1 Carga total de consumo

Es la potencia eléctrica que se va a abastecer, es conveniente realizar un análisis y hacer inventario del total de artefactos eléctricos consumidores de potencia, saber cuánta potencia requieren para funcionar, así como también conocer un estimado de las horas de consumo de cada uno de ellos.

Ec. 11

Tabla 1: Ejemplo. Cargas total de consumo por equipos.

Equipo	Cantidad	Carga (W)	Consumo (h)	Carga Total (Wh/Día)
A	n	N	n	X

B	n	N	n	X
C	n	N	n	X

Elaboración propia

2.2.16.2 Número de paneles fotovoltaicos

Se deben tener en cuenta ciertas condiciones de radiación presentes en la zona geográfica donde se ubicarán los módulos, conocer niveles de incidencia de la radiación solar, así como también se debe conocer la potencia de funcionamiento de los paneles, que es un dato que otorga el fabricante. Hay que considerar que los paneles también poseen un valor de rendimiento de trabajo, que se puede ver afectado por deterioro de los paneles, cuyo valor normalmente se encuentra entre un 0,7 y 0,8.

Ec. 12

2.2.16.3 Carga diaria de Corriente.

Para determinar la carga de corriente que deberá abastecer el sistema fotovoltaico, se tiene que conocer el voltaje de trabajo del sistema, así como la carga total diaria, ésta última siendo determinada previamente.

Ec. 13

Para evitar sobre carga y diseño ajustado usamos un factor de seguridad igual a 1,2. Con lo cual se obtiene un valor corregido para dar mayor flexibilidad al sistema.

Ec.14

2.2.16.4 Capacidad de los acumuladores

Tienen que establecerse ciertos parámetros de diseño como lo son:

- Días de autonomía
- Capacidad nominal de banco de baterías

Los días de autonomía son cuando se requiere que el sistema siga funcionando aun cuando no haya sol y la capacidad nominal la cual determinamos de la siguiente forma:

Ec.15

Existe un Factor de profundidad de descarga que depende del tipo de batería elegido. Estos valores oscilan entre 0,5 a 0,8. Se pueden consultar estos valores en las características técnicas para cada modelo y fabricante. Con este factor se puede corregir la capacidad nominal de las baterías.

Ec.16

El número de acumuladores necesarios vendría dado de la siguiente forma:

Ec.17

2.2.16.5 Controlador de carga

Un regulador de carga solar va ubicado entre el campo fotovoltaico y el campo de baterías y básicamente se encarga de controlar el flujo de energía que circula entre ambos equipos. Para determinar los Amperes del controlador de carga se utiliza la siguiente ecuación:

Ec.18

2.2.16.6 Inversor

Èste equipo se encarga de transformar la corriente continua proveniente de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna para poder ser utilizada. Para ver cual es la capacidad del inversor que necesitamos basta con conocer la potencia total de paneles solares.

Ec.19

2.2.16.7 Determinar la inclinación ideal con respecto a la horizontal del panel fotovoltaico:

Uno de los aspectos mas importantes a tomarse consideración es la orientacion e inclinacion de los paneles fotoviolttaico.

El modelo de Liu y Jordán es uno de los modelos de irradiación más antiguos y más simple (Liu & Jordan, 1961). Se asume un modelo isotrópico de cielo difuso y puede calcularse de la siguiente manera:

$$\text{Ec.20}$$

Donde:

- = irradiancia total,
- = irradiación directa del haz sobre una superficie horizontal,
- = proporción del haz de radiación sobre la superficie inclinada para una superficie horizontal en cualquier momento,
- = irradiancia difusa horizontal,
- = ángulo de inclinación,
- = irradiación reflejada horizontal,

Una cantidad considerable de la irradiación solar que llega a la superficie terrestre se refleja en ella. La fracción, de la irradiación solar que es reflejada por la superficie se conoce como albedo . La irradiación reflejada , es la fracción de la irradiación global medida por las estaciones, que no se refleja en la superficie.

$$\text{Ec.21}$$

: Puede tomar el valor estandar de 0.2 o puede variar según las diferentes superficies como muestra la siguiente tabla:

Tabla 2: Valores de reflectancia según el tipo de superficie de la tierra.

Tipo de Superficie de la Tierra	Reflectancia
Nieve fresca	0.87
Concreto nuevo	0.33

Hormigón viejo	0.23
Arena seca	0.18
Arena húmeda	0.09
Bosque de coníferas	0.05

Fuente: Elaboración propia

El factor de conversión de la radiación solar directa es la relación entre la irradiación solar directa sobre una superficie inclinada, para una superficie y está

Ec.22

Donde θ es el ángulo de incidencia debido a que el sol tiene una trayectoria elíptica. El ángulo de incidencia del sol en el colector variara a lo largo del día y está dado por la siguiente fórmula:

Ec.23

Donde:

α = ángulo acimut de orientación.

β = ángulo cenital y está en función del ángulo de declinación solar δ , el ángulo de la hora solar ω y de la latitud ϕ y está definida por:

Ec.24

El ángulo de declinación solar está conformado entre los rayos del sol y el plano ecuatorial de la tierra y se calcula con Ec.13.

El ángulo de la hora solar ω es la distancia angular entre el círculo de la hora del sol y el meridiano local. Cada hora corresponde a 15° ($360^\circ/24$ horas). El ángulo horario es -180° a las 0h, 0° a mediodía (12h) y 180° al final del día (24h). Conociendo la hora solar y sabiendo el origen de las coordenadas del meridiano local que corresponde a 10° se lo encuentra mediante la siguiente formula:

Ec.25

Donde HS es la hora solar

El factor de conversión de radiación difusa es la proporción de incidencia de la radiación difusa sobre la superficie inclinada para el plano horizontal y está definido por:

Ec.26

Donde θ es la inclinación de la superficie captadora.

El factor de conversión de la radiación reflejada es parte de la incidencia de la radiación reflejada sobre una superficie inclinada para un horizontal y está definida por:

Ec.27

2.2.17 Mantenimiento

Conjunto de actividades que permiten mantener un equipo, sistema o instalación en condición operativa, de tal forma que cumpla las funciones para las cuales fueron diseñados y asignados o restablecer dicha condición cuando esta se pierde. (D, Suares, 2001)

2.2.18 Tipos de mantenimiento

Según D, Suares, (2001), los mantenimientos se pueden clasificar en:

2.2.18.1 Mantenimiento correctivo: Es aquel que se realiza con la finalidad de reparar fallos o defectos que se presenten en el equipo. Es la forma más básica de brindar mantenimiento, pues supone simplemente reparar aquello que se ha descompuesto. En este sentido, el mantenimiento correctivo es un proceso que consiste básicamente en localizar y corregir las averías o desperfectos que estén impidiendo que la máquina realice su función de manera normal. Se subdivide en:

Mantenimiento correctivo inmediato: Es el que se realiza inmediatamente de percibir la avería y defecto, con los medios disponibles, destinados a ese fin.

Mantenimiento correctivo diferido: Al producirse la avería o defecto, se genera una paralización de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.

2.2.18.2 Mantenimiento preventivo: Es aquel que se realiza con el fin de prevenir el surgimiento de averías de manera anticipada, para evitar los altos costos de reparación; además se disminuye la probabilidad de paros imprevistos; así mismo, permite una mayor duración de los equipos e instalaciones y mayor seguridad para los trabajadores. Algunas acciones del mantenimiento preventivo son: lubricación y limpieza de partes mecánicas, sustitución y tensado de correas, cambio de fusibles, sustitución o limpieza de válvulas oleodinámicas, entre otros.

2.2.18.3 Mantenimiento programado: Se basa en la suposición de desgaste de piezas de la máquina y su debido cambio a tiempos determinados.

2.2.19 Mantenimiento en sistemas de paneles fotovoltaicos

Los paneles solares cuentan con una gran resistencia y durabilidad, sin embargo su producción se puede ver mermada si no se realiza un mantenimiento adecuado de los mismos.

El panel solar tiene una producción máxima que se alcanza únicamente en condiciones ideales, ya que en la realidad existen pérdidas ocasionadas por multitud de factores como: la mala orientación e inclinación de los módulos, sombras sobre los mismos, o polvo y suciedad acumulado, pudiendo este último ser solucionado por medio de una supervisión y mantenimiento periódico de los paneles solares.

Según Autosolar Energy Solutions S.L.U (2018), empresa dedicada a la Venta y asesoramiento en península ibérica, gran parte del continente africano y Francia de instalaciones fotovoltaicas de la máxima eficiencia, así como de material fotovoltaico en general, baterías solares y de tracción, afirma que las pérdidas ocasionadas por la ausencia de limpieza de los módulos podrían llegar hasta un 8% en lugares donde se produzca mucho polvo, como puede ser una industria o cerca de una zona transitada

por vehículos. Estas pérdidas pueden reducirse manteniendo una buena limpieza de los módulos con frecuencia, manteniendo unas pérdidas por debajo del 1%.

El panel está compuesto por células de silicio, que reaccionan ante el impacto de los fotones produciendo energía eléctrica, por lo que mantener limpia su superficie es esencial para que las células sean capaces de recibir la máxima radiación posible.

Para mantener limpio el panel solar basta con utilizar agua con una pequeña cantidad de jabón para que sea posteriormente más sencillo aclararlo. No se recomienda utilizar detergentes o materiales de limpieza ásperos, ya que podrían dañar la superficie del panel permanentemente.

La mejor manera de limpiar el panel es utilizando una esponja suave y una pequeña cantidad de lavavajillas, mojando previamente la suciedad para que sea después más fácil retirarla. Por último se debe aclarar el panel abundantemente con agua, sin dejar restos de jabón.

Como norma general se recomienda realizar esta limpieza unas 3 o 4 veces año, o con mayor frecuencia si se trata de una zona con mucho nivel de polvo y suciedad.



Figura 26. Mantenimiento y limpieza de paneles fotovoltaicos.
Fuente: <https://energiasolarfotovoltaica.org/limpieza-y-mantenimiento-de-paneles-solares/>

2.3 Bases Legales

En Venezuela el marco legal que respalda a todo lo relacionado con el uso de energías alternativas, es poco específico, ya que la implementación de sistemas con energía solar es algo novedoso y sin mucha aplicación en el país. Se pueden obtener normativas relacionadas a la protección ambiental.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

Gaceta Oficial N° 36.860

TÍTULO II, Capítulo IX de los Derechos Ambientales

Artículo 127 “Es un derecho y un deber de cada generación proteger ya mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado...” El Estado, así como también los ciudadanos son los encargados de velar por el medio ambiente.

Ley Penal del Ambiente (2012)

Gaceta Oficial 39.913

Artículo 1: “Tipificar como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa, y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes. Así mismo determina las medidas recautelativas, de restitución y de reparación a que haya lugar” esta ley busca estandarizar todo delito que violente las normas implementadas para conservar, defender y mejorar el medio ambiente, donde se establecen acciones penales dependiendo del delito cometido.

Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía (2011)

Gaceta Oficial 39.823

La presente Ley establece gran importancia para el presente proyecto de investigación debido a los artículos encontrados en esta que se describen a continuación:

Artículo 2. “Se declara de interés público el uso racional y eficiente de la energía”. Es deber de todos los habitantes utilizar la energía de una manera adecuada y consiente para preservar el medio ambiente.

Artículo 13. “El Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de Ambiente deberá promover e incentivar la eficiencia energética y el uso racional de la energía, así como el uso de fuentes de energía renovables en instalaciones de suministro de agua y promoverá políticas y objetivos de cuidado y preservación del medio ambiente en concordancia con los objetivos energéticos establecidos en el Plan Nacional, entre otras que considere pertinentes.”

Artículo 20. Numeral 3. “Los laboratorios, institutos, entes públicos y privados, de investigación y desarrollo, en nuevas tecnologías, nuevos materiales y procedimientos, son abordados desde una perspectiva que propicie la promoción, el incentivo y el respaldo a los procesos pertinentes con la eficiencia energética, uso racional de la energía y Fuentes de energías renovables alternativas.”

Artículo 21. “La concienciación, educación, capacitación, entrenamiento y la cultura general relacionada con el uso racional y eficiente de la energía y las fuentes de energías renovables alternativas, son aspectos a tratar por cada uno los ministerios en su área de competencia y transversalizan al Plan Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía.”

2.4 Glosario de Términos Básicos

Ángulo de Inclinación: Es el ángulo al cual el arreglo solar se inclina en relativo a la posición horizontal en dirección al sol. Ese ángulo puede ajustarse para maximizar la energía disponible durante el año.

Arreglo Solar: Un sistema interconectado de módulos fotovoltaicos que funcionan como una unidad independiente de producción de electricidad. Los módulos o paneles solares se instalan en estructuras con monturas y apoyos comunes.

Balaceo de Sistemas: Son los componentes adicionales del sistema sin incluir los paneles solares, el inversor y las monturas estructurales. Normalmente AC y DC breakers, fusibles, desconectivos y cualquier componente de seguridad eléctrica necesaria.

Batería: Dos o más celdas electroquímicas en un contenedor y conectados eléctricamente en un arreglo en serie/paralelo para proveer el voltaje de operación y corriente requerido.

Batería de Ácido-Plomo: Es una categoría general que incluye baterías con placas de plomo, plomo-antimonio, plomo-calcio inmersos en un electrolito de ácido.

Batería de almacenamiento: Es un dispositivo capaz de transformar energía química a eléctrica y viceversa. La reacción es reversible, durante descarga la energía química se transforma en energía eléctrica para alimentar el inversor y suplir energía a los enseres eléctricos.

Batería libre de mantenimiento o sellada: Es una batería sellada que no se la añade agua para mantener los niveles de electrolitos, ejemplo de ellas son de gelatina y absorbed glass mat (AGM). Es una batería con el electrolito inmovilizado y con válvulas de presión. Se les conoce también batería de válvula regulada y son baterías libres de mantenimiento.

Batería tipo gel: Batería de Plomo-Acido en la cual el electrolito se compone de gel de sílice.

Capacidad de energía de baterías: La energía total disponible, expresada en vatios-hora o kilovatios-hora, que puede ser extraída de una batería totalmente cargada. La capacidad de energía depende de temperatura, la edad de la batería y el voltaje al cual se descarga la batería.

Cargador de baterías: Es un componente del sistema fotovoltaico que controla el flujo de corriente hacia las baterías para proteger de sobrecarga.

Celda de batería: La unidad más simple operacional en una batería de almacenamiento. Consiste de uno o más electrodos o placas, electrolito que permite conducción iónica, separadores entre las placas con polaridad contraria, y un contenedor para los anteriores.

Celda solar o célula fotoeléctrica: Es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotoeléctrico.

Conexión en serie: Es una forma de conectar paneles solares al conectar el positivo de una placa con el negativo de otra y así aumenta el voltaje del sistema. Quedan libres el negativo de la primera placa y el positivo de la última para las conexiones posteriores en el sistema.

Conexión paralela: Es la conexión de paneles solares que conecta los terminales positivos entre si y los terminales negativos entre sí. El resultado es el mismo voltaje más cada conexión aumenta proporcionalmente la corriente.

Corriente alterna (AC): Es un tipo de corriente eléctrica en la que la polaridad se invierte regularmente. En los Estados Unidos y Puerto Rico, se cambia la polaridad 120 ocasiones por segundo o 60 ciclos (Hz) por segundo. Las redes de transmisión eléctrica usan corriente alterna porque el voltaje puede ser controlado con relativa facilidad.

Corriente directa (DC): Es un tipo de transmisión y distribución de electricidad en donde ésta fluye en una sola dirección, usualmente bajo voltaje y altas corrientes. Para proveer energía a su hogar o negocio con corriente alterna (AC) debe tener un inversor de energía.

Días de almacenamiento: Son el número de días consecutivos que un sistema solar con baterías puede proveer energía a sus cargas eléctricas ante la falta de energía solar.

Electricidad: Es una propiedad física de la materia. Consiste en aquella interacción negativa o positiva existente entre los protones y los electrones de la materia

Energía Lumínica (Qv): Corresponde al flujo lumínico emitido (lm) en una unidad de tiempo (s), su unidad de medida según el SI es el lumen segundo.

Energía renovable: Es aquella que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Energía Solar: Son las ondas de energía electromagnéticas transmitidas por el sol. Normalmente manejamos solar pasiva con los materiales de construcción para

lograr los diseños, solar fotovoltaica para conversión a energía eléctrica y solar termal para agua caliente.

Energía solar fotovoltaica: Es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable. Se obtiene directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica.

Fotovoltaico (PV): Se refiere a la conversión directa de luz solar en electricidad, se le conoce como solar eléctrico y solar fotovoltaico.

Fuentes de energía renovable: Es un recurso energético que es regenerativo o virtualmente inexhaustible, algunos ejemplos son; solar, viento, geotermal y agua.

Horas de sol por día: Es el equivalente de número de horas por día equivalente a la irradiación solar de 1,000 vatios/por metro cuadrado. Por ejemplo, en Puerto Rico, se reciben alrededor de 5.53 Kilovatios por metro cuadrado por día o 5.53 horas sol. Este número se utiliza para calcular la capacidad necesaria del sistema solar de acuerdo a su necesidad de energía.

Infraestructura: Conjunto de elementos o servicios que se consideran necesarios para el funcionamiento de una organización o para el desarrollo de una actividad.

Inversor: Es un equipo electrónico que convierte la corriente directa (DC) en corriente alterna (AC) para un sistema conectado a la red eléctrica o para un sistema independiente de energía.

Irradiación: La luz directa, difusa y reflejada que recibe una superficie, usualmente expresada en kilovatios por metro cuadrado, la irradiación multiplicada por tiempo equivale a insolación.

Kilovatio: Es una medida de potencia eléctrica equivalente a 1000 Vatios o el consumo de energía de mil joules por segundo.

Kilovatios hora: Es una medida de energía que equivale a 1,000 vatios consumidos en un periodo de una hora. Normalmente las utilidades nos cobran en base a kilovatios hora consumidos en un mes.

La Luz: Se produce por una radiación electromagnética que es percibida por el ojo humano como claridad, esta radiación posee una longitud de onda, que va desde los 380 a los 780 (nm), a este rango visible se le llama Flujo Lumínico

Medición Neta: La práctica de exportar el exceso de energía solar durante el día a la red de distribución eléctrica, lo cual causa el metro de energía que mida en reverso para usarse durante la noche y/o simplemente cree un crédito financiero en la factura eléctrica del hogar o negocio.

Módulo: Es una estructura construida con celdas solares en serie para lograr un voltaje operacional.

Monturas de estructuras: es una estructura metálica, en la cual los paneles fotovoltaicos son soportados y posicionados a un ángulo predeterminado. Normalmente se ubica en los techos de las propiedades.

Panel solar: También se le conoce como módulo fotovoltaico, mejor definido como un sistema de módulos conectados físicamente en una misma estructura desde la fábrica.

Propuesta: Idea o proyecto sobre un asunto o negocio que se presenta ante una o varias personas que tienen autoridad para aprobarlo o rechazarlo, emitido por una fuente puntual cuya intensidad es de una candela.

Red de electricidad: Sistema integrado de distribución de electricidad, usualmente cubriendo millas de servicio. En Estados Unidos existen privadas y del gobierno. En Puerto Rico, es la Autoridad de Energía Eléctrica, propiedad del gobierno de Puerto Rico.

Reserva de batería (Backup): El uso de baterías para proveer potencia a su sistema en un caso de falla eléctrica en el sistema del proveedor, normalmente para alimentar las cargas críticas en emergencias.

Seguidores solares: Se refiere a un arreglo solar en una estructura diseñada para seguir la posición del sol y maximizar la radiación solar incidente en la superficie de las placas solares. Los hay de un solo eje que busca al sol de este a oeste

y de dos ejes que ajusta el ángulo respecto al horizonte para maximizar la irradiación en todo el año.

Sistema: Se define como un complejo interconectado de componentes relacionados funcionalmente y estructurado para cumplir con objetivos previstos.”

Sistema conectado a la red (Grid tie): Es un sistema solar eléctrico o fotovoltaico (PV) en el cual el arreglo solar se comporta como una planta generadora central, supliendo de potencia a la red. También se le conoce como sistema Line Tiell.

Sistema independiente (off grid): Es un sistema autónomo o híbrido solar que no está conectado a la red eléctrica. Requiere tener reserva de energía en baterías u otra forma de reserva, también se le conoce como sistema remoto o separado de la red.

Sistema híbrido: Es un sistema solar eléctrico o sistema fotovoltaico que incluye otras fuentes de generación de electricidad, tales como, generadores diésel, generadores de viento y generadores de agua.

Tecnología: Es el conjunto de conocimientos técnicos, ordenados científicamente, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y satisfacer tanto las necesidades esenciales como los deseos de las personas.

Vida de la Baterías: El periodo de duración en que la celda o batería es capaz de operar sobre su capacidad nominal o eficiencia esperada. La vida de la batería se mide en ciclos de descarga o años, dependiendo de la aplicación o el tipo de servicio para la cual fueron diseñadas. En aplicaciones solares, las baterías deben ser de ciclos profundos o

Vatio: El ritmo al cual se transfiere la energía equivalente a un amperio bajo la presión eléctrica de un voltio. Es el producto de la multiplicación de voltaje por corriente.

Voltaje: La cantidad de fuerza eléctrica, medida en voltios, que existe entre dos puntos. El voltaje típico de una batería es 12Vdc y el de nuestras residencias es 120Vac.

Voltios: Es una medida de fuerza eléctrica que puede causar una corriente de un amperio para fluir en una resistencia de un ohmio.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

La metodología es un procedimiento general para lograr una manera precisa los objetivos de una investigación, se podría decir que constituye lo significativo de los hechos o fenómenos hacia los cuales está encaminado el interés del mismo.

Para Belestrini (2006) el marco metodológico es: El conjunto de procedimientos lógicos, Tecno-operacionales implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos: a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de los conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados. (p.125).

Para Arias (2006), la metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “como” se realizara el estudio para responder el problema planteado. (p.110).

En ese contexto se analiza el funcionamiento correcto de la instalación y proceso de arranque apropiado de los paneles solares, estableciendo los parámetros necesarios para qué dichos equipos realicen las funciones adecuadamente, para así evitar cualquier tipo de caso fortuito que esta pueda surgir.

La naturaleza de este estudio está enmarcada en el tipo de investigación de campo o diseño de campo que al respecto, Arias la define como una: “recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes.”. (Arias, 2006; 31), por lo cual se analiza la situación en cuestión y se selecciona la mejor alternativa de desarrollo para el arranque y funcionamiento de los paneles solares, para la realización de ciertas actividades.

3.1 Tipo de Investigación

El proyecto se basa en la modalidad del tipo de investigación proyectiva. Según Hurtado (2008): “Este tipo de investigación, consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa ó un modelo, como solución a un problema ó necesidad de tipo práctico, ya sea de un grupo social, ó de una institución ó de una región geográfica en un área particular del conocimiento.”

La ejecución del proyecto de sistema de paneles solares como fuente alterna de energía en la escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP, plantea la posibilidad de solucionar el déficit de servicio eléctrico e implementar un sistema no dependiente de combustibles fósiles para ofrecer en las instalaciones un sistema eficiente de alumbrado básico.

3.2 Nivel de Investigación

El nivel de una investigación según Arias se refiere a “el grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”. (Arias, 2006; 23). Por lo que de acuerdo al problema planteado y a los objetivos a alcanzar, la investigación referida al análisis del funcionamiento correcto de la instalación y proceso de arranque apropiado de los paneles solares, para la determinación del uso adecuado que a estos se le tiene que dar, se considera como una investigación de tipo descriptiva, ya que la busca la información para describir y analizar la situación.

Según Hernández, Fernández y Baptista exponen que: “La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice” (Hernández, Fernández y Baptista, 2003; 119).

3.3 Diseño de Investigación:

Teniendo en cuenta que, en la presente investigación se busca obtener conocimiento sobre la generación de energía fotovoltaica para luego implementar este sistema en la escuela de ingeniería mecánica de la universidad José Antonio Páez, la investigación será de campo, según Fidias G. Arias (2006), este afirma lo siguiente acerca de este tipo de proyecto en particular, "La investigación de campo es aquella

que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental." (p.31).

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

El termino población según Alcaide, citado por Balestrini, se refiere a “cualquier conjunto de elementos de los que quiere conocer o investigar alguna o algunas de sus características”. (Alcaide, citado por Balestrini, 2006).

Para Arias, la población se define como “conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (Arias, 2006; 81).

En este contexto, la población son los trabajadores y estudiantes que se desenvuelven en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad José Antonio Páez, los cuales son los objetos de estudio de este proyecto y los beneficiarios del mismo; perteneciendo así a un grupo de población finita ya que desde el punto de vista estadístico, “se considera una población finita a la constituida por un número inferior a cien mil unidades (Sierra Bravo, 1991)

3.4.2 Muestra

La muestra es un subconjunto extraído de la población, que permite determinar las características de toda la población.

Para Gabaldon citado en Balestrini (2006) la muestra es una parte de la población, o sea, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo. (p. 141)

Según lo definido y debido a que la población de estudio de este proyecto es reducida y delimitada por las pocas personas que frecuentan el edificio de ingeniería mecánica de la Universidad José Antonio Páez, la muestra será la misma cantidad de la población.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Es relevante señalar que la información reúne aspectos relacionados con el trabajo de la obtención, análisis y presentación de la información, por lo cual serán utilizadas diferentes técnicas en la recolección de datos para la presentación de la investigación. Según Arias, define técnicas como “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (Arias, 2006; 67)

Según la definición y las fases de investigación señaladas con anterioridad se utilizarán diversas técnicas e instrumentos para la recolección de datos, como lo son:

1. Entrevista, la cual según Arias se define como “técnica basada en un dialogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida”. (Arias, 2006; 73). De acuerdo a esto se debe realizar una entrevista semi-estructurada, en la cual se prediseñe una lista de interrogantes y a su vez de ser necesario el interrogador pueda añadir más. Los instrumentos necesarios para la elaboración de esta técnica serán una guía de entrevista y una grabadora o cámara de video.

2. Encuesta escrita en la cual se realicen preguntas cortas y concretas sobre el tema en estudio, la cual permita abordar una gran cantidad de personas en poco tiempo. El instrumento necesario para la elaboración de esta técnica será un cuestionario.

3. Calculo analítico de las variables en interrogante, de acuerdo a las formulas o técnicas matemáticas y estadísticas necesarias para el procedimiento.

4. Observación estructurada, la cual consiste en visualizar o captar con la vista el fenómeno en estudio de acuerdo a los objetivos preestablecidos, utilizando además un guía diseñada previamente en la que se especifican los elementos que serán observados.

Entre los instrumentos necesarios para esta técnica podrían señalarse:

a. Lista de chequeo que según Arias, se define como “un instrumento en el que se indica la presencia o ausencia de un aspecto o conducta a ser observada”. (Arias, 2006, 70)

b. Diario de campo

c. Cámaras: fotográficas y videos

3.6 Fases de la Investigación

Fase I: Diagnóstico del consumo energético de los equipos instalados en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad José Antonio Páez, del clima y del tipo zona geográfica y urbana en donde esta se encuentra.

Actividades:

1. Observación directa del tipo de zona urbana
2. Revisión del inventario de equipos eléctricos
3. Entrevista el personal de planta física

En esta fase se recolectan los datos bases para el diagnóstico apropiado del consumo energético y el aprovechamiento de la energía alternativa en relación al clima y los aspectos geográficos y urbanos.

Fase II: Determinar los elementos que componen la infraestructura tecnológica requerida para la implementación del sistema de paneles solares.

Actividades:

1. Calculo analítico del número de paneles y equipos necesarios para la instalación
2. Selección de equipos que se adecuen a los requerimientos.
3. Observación directa del lugar más apropiado para la instalación

En esta fase, se realizara el diseño de la instalación de los paneles solares, cada uno de sus componentes de acuerdo a los catálogos consultados.

Fase III: Evaluar el impacto social y ambiental que genera la implementación de un sistema de paneles solares en la escuela de ingeniería mecánica de la UJAP.

Actividades:

1. Evaluar ventajas y desventajas de la implementación del sistema fotovoltaico.

Fase IV: Demostrar la factibilidad de un sistema alternativo de generación de energía eléctrica a través de celdas fotovoltaicas.

1. Presentar una tabla de costos de implementación del sistema fotovoltaico.

En esta fase se determina cual será la inversión necesaria para la realización de este proyecto, y por ende se determina la factibilidad de la instalación del mismo para la institución.

Fase V: Desarrollar de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de paneles fotovoltaicos.

Actividades:

1. Realización de los pasos a seguir para el correcto cumplimiento del plan de mantenimiento

En ésta fase, se consideran una serie de acciones de mantenimiento, las cuales se llevarán a cabo siguiendo un orden cronológico, el cual se determinará basándonos en los sistemas previamente seleccionados en fases anteriores, con el fin de evitar fallas imprevistas en su funcionamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se presenta el resultado de cada una de las fases metodológicas a fin de cumplir con los objetivos para diseñar un sistema para el aprovechamiento de la energía solar a través de paneles solares para el mejoramiento del servicio eléctrico en la escuela de Ingeniería Mecánica de la Ujap, donde de acuerdo a los resultados obtenidos, se seleccionaran los componentes necesarios para su implementación.

4.1 Diagnóstico del consumo energético de los equipos instalados en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad José Antonio Páez, del clima y del tipo zona geográfica y urbana en donde esta se encuentra.

4.1.1. Zona geográfica e incidencia solar.

Venezuela se ubica en la zona tropical, en una excepcional posición geográfica en el planeta al encontrarse en el hemisferio norte, totalmente estructurada en el territorio continental americano. El Estado Carabobo es una de las 24 entidades federales de Venezuela ubicada en el centro – norte - costero de Venezuela, en la Región Central del país, al filo de la Cordillera de la Costa. Su capital es la ciudad de Valencia, que no debe confundirse con el municipio que lleva el mismo nombre. Tiene una extensión geográfica de 4650 km² lo que representa el 0,5% del Territorio Nacional. Posee una población para el 2013 de 2.745.744 habitantes según el INE (Instituto Nacional de Estadísticas).

Gracias a ser un estado cercano a las costas marítimas de Venezuela tiene temperaturas bastante cálidas. Su temperatura media anual es de 26 °C. A la sombra 23,3 °C con máximo de 32,6 °C y mínima de 18,5 °C. La ciudad está situada una altitud de 479 msnm. Los vientos alisios tienden a refrescar la temperatura y cuenta con un período de lluvias que va desde mayo a noviembre. El resto del tiempo hay pocas precipitaciones. Su vegetación es tropical. Las zonas más verdes se hallan en

los cerros a la izquierda y a la derecha de la ciudad misma, en especial en el Cerro del Casupo, así como en varios parques de la zona.

Cabe destacar el uso de la página web <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> perteneciente al “Centro de Ciencias de la Atmósfera de Datos” (*The Atmospheric Science Data Center* “ASDC”) desarrollada en el Centro de investigaciones de la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), la cual es responsable del procesamiento, archivo y distribución de datos de ciencia sobre la tierra en las zonas de balance de radiación, nubes, aerosoles y la química de la troposfera. Con la cual se logró determinar mediante latitud y longitud de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP, obtenidas a través de la aplicación de google map, cuyos resultados se pueden observar en la figura 27, la cantidad de radiación solar en Kilovatios Hora por metro cuadrado diario (KWH/m²/d), como se muestra en la figura 28.



Figura 27. Coordenadas geográficas de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP.

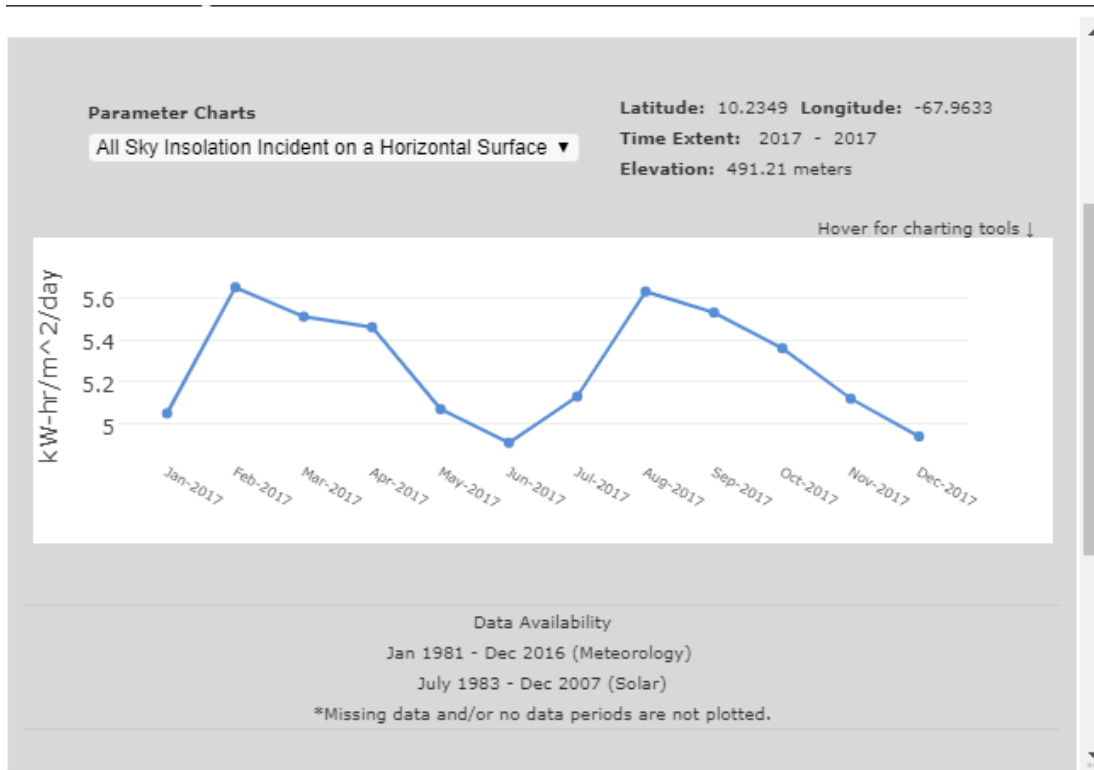


Figura 28. Gráficas de la incidencia solar en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP.

<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Se puede observar que el menor valor de incidencia solar en el año se presenta en el mes de Junio que es de 4.91 KW-hr/m²/dia, según datos del año 2017, para efectos de cálculos este es el valor utilizado para el diseño de la propuesta .

4.1.2 Inventario de equipos eléctricos.

El edificio de Ingeniería mecánica de la UJAP, posee dos plantas en las cuales se encuentran distribuidos salones, laboratorios, oficinas y un taller como se puede observar en el anexo 1.

Cabe destacar que el número de equipos contabilizados es un valor aproximado, para poder determinar la potencia pico total diaria que se debe abastecer con el sistema. En la tabla 3 y la tabla 4, se pueden observar dichos equipos y su consumo tanto en la planta baja, como en la planta alta del recinto:

Tabla 3. Equipos consumidores de electricidad presentes en planta baja en el edificio de ingeniería mecánica.

EQUIPO	CANTIDAD	CARGA (W)	CONSUMO (hr/día)	CARGA TOTAL (Wh/día)
Bombillos Fluorescentes	135	32	8	34.560
Computadora	3	31	8	744
Celular	5	5	4	100

Elaboración propia

Tabla 4. Equipos consumidores de electricidad presentes en planta alta en el edificio de ingeniería mecánica.

EQUIPO	CANTIDAD	CARGA (W)	CONSUMO (hr/día)	CARGA TOTAL (Wh/día)
Bombillos Fluorescentes	180	32	8	46.080
Computadora	27	31	8	6.696
Laptop	15	60	6	5.400
Celular	25	5	4	500
Video Beam	6	284	6	10.224

Elaboración propia

En las tablas se puede notar el alto requerimiento de carga que solicita la utilización de los bombillos fluorescentes, por esta razón, se realizó una propuesta adicional, en donde no se incluyó el abastecimiento de energía a la iluminación, sino solo a los tomacorrientes, con los cuales se podrá dar continuidad a las actividades dentro de la escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP.

Aplicando la Ec. 11, para las dos alternativas, las cuales se definieron como:

Alternativa 1: se tomarán en cuenta los bombillos fluorescentes.

Alternativa 2: no se tomarán en cuenta los bombillos fluorescentes.

Tabla 5: Carga pico total diaria

Alternativa	Carga total diaria (Wh)
1	104.304
2	26.684

Elaboración propia

4.2 Determinar los elementos que componen la infraestructura tecnológica requerida para la implementación del sistema de paneles solares.

Según WEB Renovables, S.L.U (2013) las placas fotovoltaicas deben elegirse de acuerdo a la potencia total necesaria. Para muy poca potencia se puede utilizar módulos fotovoltaicos de 36 celdas o 72 celdas para 12V o 24V respectivamente. Cuando se necesita bastante potencia de módulos fotovoltaicos (unos cuantos módulos solares) ya vale la pena el uso de módulos fotovoltaicos de 60 celdas o los de 72 celdas de gran tamaño, ya que estos paneles fotovoltaicos normalmente son un poco más económicos en relación Precio/Wp.

Debido a que la carga total pico, se puede considerar una carga elevada, se decidió por las razones antes mencionadas trabajar con una tensión en el sistema de 24V DC

4.2.1 Paneles solares

4.2.1.1 Cálculo del número de paneles necesarios para satisfacer el sistema.

Para realizar los cálculos y establecer el número de módulos (placas o paneles solares) en función de las condiciones de radiación más desfavorables, se seleccionó el modelo de panel marca PEIMAR el SG330P de Peimar (ver figura 29), cuyas características y especificaciones se presentan en el **Anexo A**. La línea de módulos PEIMAR de silicio policristalino representa una excelente síntesis de versatilidad y eficiencia. Dúctiles y resistentes, los mismos son adecuados para instalaciones comerciales y residenciales, así como para instalaciones de grandes tamaños. El marco, livianísimo pero al mismo tiempo extremadamente resistente, facilita la instalación y contribuye a conferir robustez al panel. La empresa SAGET ubicada en Valencia – Edo. Carabobo, son distribuidores autorizados de los productos PEIMAR.

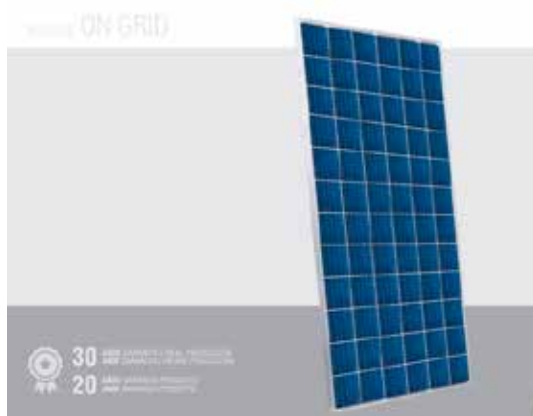


Figura 29. Panel solar modelo SG325P

Se seleccionó dicho modelo de panel solar porque a pesar de ser policristalino, posee una buena eficiencia para el tipo de ambiente al que se encontraría expuesto, además de que la empresa SAGET, ofrece un servicio de asesoría a nivel técnico, que pudiera resultar muy ventajoso a la hora de la instalación.

El rendimiento de trabajo tiene en cuenta pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioramiento de los paneles fotovoltaicos como se muestra en la figura 30 (normalmente **0,7 – 0,8**), del cual se tomó un promedio de **0,75**.

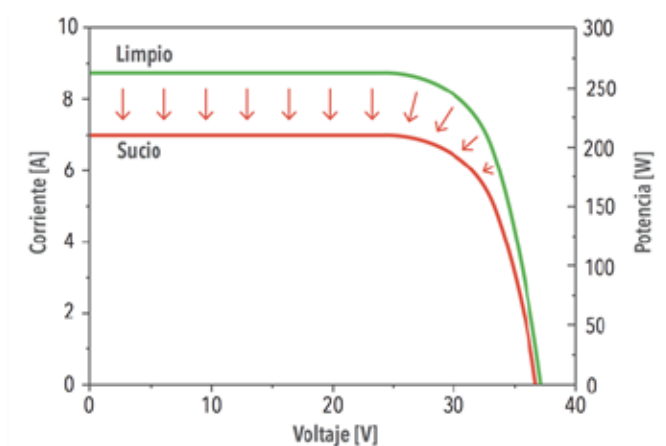


Figura 30. Curvas I-V de dos módulos fotovoltaicos: limpio y sucio.
<http://phineal.com/es/el-polvo-enemigo-silencioso-de-la-energia-solar/>

Aplicando la Ec. 12, con los valores mostrados a continuación..

- **Alternativa 1.**

Energía necesaria: 104.304 Wh

HSP: 4,91 KW-hr/m²/dia

Rendimiento de trabajo: 0,75

Potencia pico del módulo: 330 W

- **Alternativa 2.**

Energía necesaria: 26.684 Wh

HSP: 4,91 KW-hr/m²/dia

Rendimiento de trabajo: 0,75

Potencia pico del módulo: 330 W

Se obtienen los resultados mostrados a continuación en la tabla 6.

Tabla 6: Cantidad de paneles requeridos paneles

Alternativa	Número de Paneles
1	86
2	22

Elaboración propia

4.2.1.2 Cálculo del área requerida para la instalación de los paneles solares

El modelo seleccionado del panel solar SG330P marca PEIMAR posee las dimensiones especificadas en la tabla 7:

Tabla 7: Dimensiones del Panel solar modelo SG330P seleccionado

Largo (cm)	Ancho (cm)	Área
164	99,2	16.268,8

Elaboración propia

Por ser rectangulares los paneles solares, su area vendría dada tras multiplicar el largo por el ancho, lo que viene siendo aproximadamente 1,63 .

Para el cálculo del área total requerida se tomó en consideración una holgura de 30 cm en la altura del panel solar, modificando así el área determinada, esto para evitar que se produzcan sombras entre las hileras de paneles debido a la inclinación de los mismos. Los resultados se pueden observar en la tabla 8:

Tabla 8: Dimensiones del Panel solar considerando la holgura de 30 cm en el largo del panel

Largo (cm)	Ancho (cm)	Área
194	100	19.400

Elaboración propia

Lo que serían unos 1,94 por lo tanto, el área requerida para la instalación del total de los paneles solares para las dos alternativas se especifican en las tablas 9 y 10 respectivamente:

- Alternativa 1.

Tabla 9: Área total requerida para la instalación de los paneles solares modelo SG325P para la alternativa 1.

Número de paneles	Área de cada Panel	Área total requerida
86	1,94	166,84

Elaboración propia

- Alternativa 2.

Tabla 10: Área total requerida para la instalación de los paneles solares modelo SG325P para la alternativa 2.

Número de paneles	Área de cada Panel	Área total requerida
22	1,94	42,68

Elaboración propia

4.2.1.3 Ubicación de los paneles solares:

Para la ubicación de los paneles solares se dispone de un área de 405,34 m² sobre el techo de la escuela, cuyos datos se obtuvieron de los planos mostrados en los **Anexos D y E**. La disposición propuesta de los paneles sobre el techo de la escuela de Ingeniería Mecánica se puede observar en los **Anexos F y G**.

4.2.2 Capacidad y número de acumuladores de energía del sistema

Para determinar el número de acumuladores es necesario conocer la carga diaria de corriente.

Aplicando la Ec.15 con los siguientes valores:

- **Alternativa 1.**

Días de autonomía = 1 día

Carga total diaria: 104.304 Wh

Voltaje del sistema: 24 V

- **Alternativa 2.**

Carga total diaria: 26.684 Wh

Voltaje del sistema: 24 V

Días de autonomía = 1 día

Y utilizando la Ec. 14 con los siguientes valores:

- **Alternativa 1.**

Carga corriente diaria: 4.346 Ah

Factor de corrección: 1,2

- **Alternativa 2.**

Carga corriente diaria: 1111,83 Wh

Factor de corrección: 1,2

Se obtuvo los resultados de la tabla 11.

Tabla 11: Cargas de corriente diaria a abastecer

Alternativa	Carga diaria de corriente (Ah)	Carga diaria de corriente corregida (Ah)
1	4.346	5.215,2
2	1111,83	1.334,2

Elaboración propia

Considerando un solo día de autonomía del sistema, mediante la Ec. 15 se obtuvo que la capacidad nominal es igual a la carga de corriente diaria corregida, dicho valor fue corregido utilizando un factor de profundidad de descarga igual a 0,8 mediante la Ec. 16 con los siguientes valores:

- **Alternativa 1.**

Capacidad nominal: 5.215,2Ah

Factor de profundidad de descarga: 0,8

- **Alternativa 2.**

Capacidad nominal: 1111,83 Wh

Factor de profundidad de descarga: 0,8

Aplicando la Ec. 16 se obtiene de esta forma los datos de la tabla 12.

Tabla 12: Capacidad nominal y Capacidad corregida

Alternativa	Capacidad nominal (Ah)	Capacidad corregida(Ah)
1	5.215,2	6.519
2	1.334,2	1.667,75

Elaboración propia

Para el sistema propuesto se seleccionó el acumulador de marca Formula Star, Modelo FS 240 Solar (ver Figura 31), cuyas características y especificaciones se pueden consultar en el **Anexo H**, el cual se adapta de buena manera a los

requerimientos del sistema por poseer un amperaje de 240 Ah, y además tomando en cuenta la relación costo-voltaje.



Figura 31. Acumulador, Marca Formula Star, Modelo FS 240 Solar.

La conexión en paralelo de X pilas iguales permite obtener una salida de X veces la capacidad de las pilas individuales, manteniendo el mismo voltaje nominal, como se muestra en la figura 32.

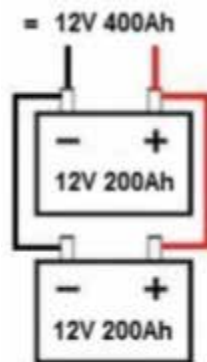


Figura 32. Acumuladores en paralelo

<https://blog.330ohms.com/2016/03/24/las-pilas-y-las-baterias-seran-lo-mismo/>

A través de la Ec. 17 para unos valores iguales a:

- **Alternativa 1.**

Capacidad corregida: 6.519 Ah

Capacidad máxima acumulador: 240 Ah

- **Alternativa 2.**

Capacidad corregida: 1.667,75Ah

Capacidad máxima acumulador: 240 Ah

Se obtiene como resultado la tabla 13.

Tabla 13: Numero de acumuladores en paralelo

Alternativa	Número de acumuladores
1	28
2	7

Fuente: Elaboración propia

La conexión en serie de X baterías iguales permite obtener una salida X veces la tensión nominal de baterías individuales, manteniendo la misma capacidad, como se muestra en la figura 33.

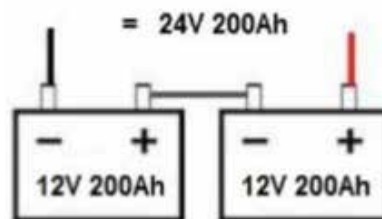


Figura 33. Acumuladores en serie

Como se están colocando baterías de 12V en un sistema diseñado para 24V se necesita una batería en serie para cada una de las baterías conectadas en paralelo, debido a esto se obtiene la tabla 14.

Tabla 14: Número de acumuladores requeridos por el sistema

Alternativa	Número de acumuladores
1	56
2	14

4.2.3 Selección del controlador de carga

Se seleccionó el modelo de controlador de carga MPPT BlueSolar 150/100 (ver figura 34), cuyas características y especificaciones se pueden apreciar en el **Anexo J**, el cual por poseer un amperaje nominal de 100 A, permite realizar una distribución adecuada de toda la energía que se va a almacenar en los acumuladores.



Figura. 34 Controlador de carga MPPT BlueSolar 150/100.
<https://www.victronenergy.com/es/upload/documents/Datasheet-BlueSolar-charge-controller-MPPT-150-45-up-to-150-100-ES.pdf>

Se determina el número de controladores de carga necesarios para el sistema mediante la Ec. 18. Para unos valores iguales a:

- **Alternativa 1.**

Potencia máxima del total de paneles: $325 \text{ W} * 88 \text{ Paneles} = 28.600 \text{ W}$

Voltaje de trabajo: 24 V

Controlador de carga de 100 A.

- **Alternativa 2.**

Potencia máxima del total de paneles: $325 \text{ W} * 23 \text{ Paneles} = 7.475 \text{ W}$

Voltaje de trabajo: 24 V

Controlador de carga de 100 A.

Obteniendo de esta manera como resultado la tabla 10.

Tabla 15: Número de controladores necesarios para el sistema

Alternativa	Número de Controladores de Carga
1	12
2	4

4.2.4 Selección del inversor de corriente

Se selecciono el inversor RBP-4000S-LED Marca Power reliable(ver figura 35), cuyas especificaciones y características se pueden apreciar en el **Anexo L**, y tomando en cuenta la cantidad de carga manejada y la relación precio/watts resulta factible.



Fig. 35 Inversor de corriente RBP-4000S-LED Marca Power reliable

http://www.powerreliable.com/index.php/product/4000W_Off_Grid_DC_to_AC_Pure_Sine_Wave_Solar_Power_Inverter-4

Aplicando la Ec. 19 y junto a el modelo de inversor seleccionado,
Con la potencia de los paneles, y la utilización de un factor de corrección de potencia,

- **Alternativa 1.**

Potencia máxima del total de paneles: 28.600 W

factor de corrección de potencia: 1,25

Inversor de 4.000W de potencia pico nominal.

- **Alternativa 2.**

Potencia máxima del total de paneles: 7.475W

factor de corrección de potencia: 1,25

Inversor de 4.000 W de potencia pico nominal.

De esta manera se obtiene como resultado la tabla 16.

Tabla 16: Número de inversores de corriente necesarios para el sistema

Alternativa	Número de Inversores de Corriente
1	9
2	3

4.2.5 Cálculo de inclinación de los paneles solares

Para hallar la radiación reflejada se utilizó la Ec. 24 la cual está en función del albedo y la irradiación global. Según la tabla 2, toma el valor de reflectancia de 0.23 que corresponde al tipo de superficie de hormigón viejo. De forma aleatoria se tomó una fecha para ejemplificar el proceso llevado a cabo para encontrar la irradiación total según el modelo de de Liu y Jordán. El día escogido es el 2 de Junio a las 12:00 pm, tomando en cuenta que la radiacion diaria promedio para el mes de junio según los datos obtenidos en <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> , estimando una incidencia solar sobre los paneles de seis horas (10:00 am a 4:00pm), entonces:

$$I = 818.33 \text{ Wh/m}^2$$
$$= 0.23$$

De la Ec. 21, se obtiene que:

La declinación solar, aplicando la ecuación 10, donde δ tomó un valor de 153 que corresponde a la fecha antes mencionada; reemplazando el resultado para ese día específico es:

La declinación solar tiene un rango desde -23.45° hasta 23.45° a lo largo de un año. La figura 36 muestra esa variabilidad con respecto a los días del año, y sobra decir, que la declinación no es para un lugar en específico, sino que es la desviación del eje de rotación para todo el planeta.



Figura 36: Variabilidad diaria de la declinación solar a lo largo de un año.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14458>

Para encontrar el ángulo de la hora solar se usó la Ec.25, la cual está en función de la hora solar, que para el caso anterior es 12h entonces:

Para encontrar el ángulo de incidencia solar se llevó a cabo mediante la Ec.23. Para la fecha propuesta, la latitud de la escuela y considerando que se recomienda un ángulo azimut de 0° hacia el sur, tenemos que:

$$= 22.17^\circ$$

$$= 0^\circ$$

$$= 10.23^\circ$$

$$= 5^\circ$$

$$= 0^\circ$$

El ángulo cenital está en función de los ángulos de declinación solar, hora solar y latitud . Resolviendo la Ec.24, para la fecha del 2 de junio ,se obtiene:

Para el modelo de Liu y Jordan (Ec.20), los términos de radiación para el día 2 de Junio y un $\theta = 5^\circ$, se obtiene:

$$= \quad \text{---}$$

$$= \quad \text{---}$$

$$= \quad \text{---}$$

$$= 0.942$$



En la tabla 17 se observan los resultados de la incidencia de radiación promedio mensual, kw/m²/día, cuyos valores en $\theta=0$ y la radiación extraterrestre se obtuvieron, en el link <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>, (página oficial de la NASA), datos que fueron sustraídos del año 2017. Para efectos de cálculos se tomó en cuenta el promedio mensual de radiación, un promedio de seis horas de incidencia de radiación solar y el día dos (2) de cada mes.

Tabla 17: Radiación promedio mensual sobre superficie con diferentes ángulos de inclinación

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Prom
0	5,05	5,65	5,51	5,46	5,07	4,91	5,13	5,63	5,53	5,36	5,12	4,94	5,28
5	5,34	5,93	5,64	5,46	4,97	4,75	4,95	5,47	5,49	5,45	5,32	5,2	5,33
10	5,35	5,96	5,6	5,47	4,97	4,76	4,95	5,48	5,5	5,46	5,33	5,21	5,34
15	5,34	5,94	5,64	5,45	4,95	4,74	4,93	5,46	5,48	5,44	5,31	5,19	5,32
20	5,3	5,9	5,59	5,4	4,9	4,69	4,88	5,4	5,43	5,39	5,27	5,15	5,28
25		5,82	5,52	5,32	4,83	4,62	4,8	5,23	5,35	5,32	5,2	5,09	5,19

Elaboración Propia.

Se puede observar en los resultados obtenidos en la tabla 17, que existe un mejor aprovechamiento de la radiación, en la zona de trabajo, a 10° de inclinación con respecto a la horizontal, por lo tanto se selecciono un ángulo de inclinación de 10° y con orientación hacia el Sur. En el **Apendice A** se puede observar la comparacion radiación promedio mensual sobre superficie con diferentes ángulos de inclinación.

Para lograr instalar los paneles en la inclinacion sugerida, estos deben ser montados sobre una estructura fijas como se muestra en la figura 37



Figura 37: Soporte para instalación de paneles solares

: <http://www.solarmat.es/blog/soportes-para-placas-solares-el-patito-feo-de-las-instalaciones/>

4.3 Evaluación del impacto social y ambiental que se generaría con la implementación del sistema fotovoltaico en la escuela de ingeniería mecánica de la UJAP.

Partiendo que se trata de una energía limpia y renovable, y que a su vez ésta le dará al edificio la capacidad de auto sustentarse en términos de energía eléctrica, lo que se traduce en grandes beneficios como pueden ser:

No tener interrupciones en los turnos tanto de trabajo, como de clases en el edificio cuando existan fallas eléctricas.

Es una energía que no contamina, y no requiere la utilización de algún combustible.

El mantenimiento de la instalación fotovoltaico no resultaría costoso y es sencillo de realizar.

Por tratarse de una energía alternativa, la cual es estudiada a fondo en materias como conversión de energía y transferencia de calor, serviría para mostrar de

forma práctica a los estudiantes como es el funcionamiento de los equipos, e inclusive mostrar como se lleva a cabo el mantenimiento del sistema.

La escuela de ingeniería mecánica se encuentra ubicada en un sitio donde no posee ningún tipo de interferencia con los rayos solares, lo cual es importante para su correcto funcionamiento.

Se puede llevar a cabo la instalación sin ningún tipo de inconveniente en la azotea del edificio, ya que posee un amplio espacio donde los equipos pudieran ubicarse sin problemas, y funcionar de forma correcta.

Así como existen ventajas, también tenemos las desventajas de la implementación del sistema de energía fotovoltaico en nuestro recinto:

La principal desventaja es que se requiere de una gran inversión inicial, ya que se habla de equipos muy costosos, y además su instalación debe ser realizada por personal técnico capacitado.

La energía eléctrica proveniente de la red, posee un costo muy bajo.

Posee una limitada capacidad de almacenamiento de energía debido a que las horas donde se puede obtener energía eléctrica no siempre coinciden con las horas en que se necesita almacenar energía.

Se puede analizar que la implementación de este sistema posee sus pros y sus contras, más sin embargo es conveniente pensar que cada vez las energías alternativas, principalmente la solar, han tomado gran auge, debido a distintos factores siendo el principal la contaminación ambiental y los cada vez más agotados recursos naturales, que a lo largo de la historia han sido nuestro sustento.

Sin añadir, que la realización de éste proyecto tendría un gran impacto en lo social, ya que se demostraría que si se puede trabajar con energías limpias, lo cual pudiera abrir el camino a distintas organizaciones, y empresas para el desarrollo de éste tipo de energía, lo cual se traduciría en un importante avance.

4.4 Factibilidad de la instalación del sistema de energía fotovoltaico en la escuela de ingeniería mecánica de la UJAP.

Para el análisis de la factibilidad del proyecto a nivel económico, se decidió realizar un cálculo de los principales equipos necesarios para el sistema fotovoltaico basado en dólares (\$), ya que la mayoría son equipos importados y para que dichos costos puedan permanecer estables o tener una variación discreta en el tiempo.

Hay que recordar que en la alternativa 1, se considera el abastecimiento energético de los bombillos fluorescentes, lo cual permitiría un mayor beneficio para las personas que hacen vida en el edificio. En la tabla 18 se pueden observar los costos de equipos para la implantación de la alternativa 1.

Tabla 18: Inversión inicial de equipos para la alternativa 1.

Equipo	Cantidad	Costo Individual (\$)	Costo total por equipos (\$)
Panel solar modelo SG325P	88	200 \$	17.600 \$
Acumulador, Marca Formula Star, Modelo FS 240 Solar.	66	300 \$	19.800 \$
Controlador de carga MPPT BlueSolar 150/100	12	15 \$	180 \$
Inversor de corriente RBP-4000S-LED Marca Power reliable	9	300 \$	2.700 \$
COSTO TOTAL		40.280 \$	

Elaboración Propia.

Para la alternativa 2, no se incluye el abastecimiento de energía a la iluminación sino solo a los tomacorrientes, con los cuales se podrá dar continuidad a las actividades dentro de la escuela de Ingeniería Mecánica de la UJAP. En la tabla 19 se pueden observar los costos de equipos para la implantación de la alternativa 2

Tabla 19: Inversión inicial de equipos para la alternativa 2.

Equipo	Cantidad	Costo Individual (\$)	Costo total por equipos (\$)
Panel solar modelo SG325P	23	200\$	4.600 \$
Acumulador, Marca Formula Star, Modelo FS 240 Solar.	18	300\$	5400 \$
Controlador de carga MPPT BlueSolar 150/100	4	15\$	60 \$
Inversor de corriente RBP-4000S-LED Marca Power reliable	3	300\$	900 \$
COSTO TOTAL		10.960 \$	

Elaboración Propia.

La diferencia en lo económico entre ambas alternativas resulta grande, pero a la larga los beneficios resultarían mayores si se llevara a cabo la realización de la alternativa que incluye el abastecimiento de la iluminación del edificio.

4.5 Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo para el sistema de paneles fotovoltaicos.

Los paneles solares cuentan con una gran resistencia y durabilidad, sin embargo su producción se puede ver mermada, debido a deterioro si no se realiza un mantenimiento adecuado del sistema. A continuación se presentarán una serie de pasos a seguir, para tratar de evitar que los equipos fallen ocasionado interrupción en su funcionamiento.

El panel solar tiene una producción máxima que se alcanza únicamente en condiciones ideales, ya que en la realidad existen pérdidas ocasionadas por multitud de factores como: la mala orientación e inclinación de los módulos, sombras sobre los mismos, o polvo y suciedad acumulado, pudiendo este último ser solucionado por medio de una supervisión y mantenimiento periódico de los paneles solares.

En el **apéndice B**, se establece el plan de mantenimiento preventivo ideado para el sistema fotovoltaico.

CONCLUSIONES

Se realizó el cálculo y análisis del consumo energético del edificio donde se implementará el sistema, el cual es pilar fundamental en el diseño del proyecto. Se consideró presentar dos alternativas para la implementación del sistema tomando en cuenta el alto consumo de la iluminación, tanto el área administrativa, como el área de salones presentes en el recinto.

Se consultaron diferentes catálogos de los equipos básicos necesarios para un sistema fotovoltaico, tomando en cuenta, marca, precio/Watts, y garantías, se realizaron las selecciones. Los resultados, están basados en un consumo pico hipotético donde se consideró una utilización extrema en un momento determinado de las instalaciones, así como un rango de holgura en el requerimiento, de manera, que en un futuro si existiesen una aplicación en el recinto, se pueda cubrir la demanda energética básica.

Se realizó un estudio para diferentes orientaciones de los paneles solares, con el objetivo del mayor aprovechamiento de la radiación solar, cuyo resultado concluyente, mostro que la mejor opción es orientarlos hacia el sur con una inclinación de 10° con respecto a la horizontal. El panel solar tiene una producción máxima que se alcanza únicamente en condiciones ideales, ya que en la realidad existen pérdidas ocasionadas por multitud de factores como: la mala orientación e inclinación de los módulos, sombras sobre los mismos, o polvo y suciedad acumulado, pudiendo este último ser solucionado por medio de una supervisión y mantenimiento periódico de los paneles solares.

La eficiencia energética que tiene un panel fotovoltaico es influenciada por la temperatura de trabajo a la cual es sometido el panel, en otras palabras, la eficiencia disminuye con el aumento de la temperatura de trabajo del panel

La factibilidad de proyecto no solo se basa en la parte económica, que a pesar de su elevada inversión inicial, es un proyecto basado en los beneficios que este representa para la comunidad estudiantil, y aquellos que laboran en el recinto. La

realización del proyecto sería un paso enorme hacia el futuro, en distintos ámbitos como puede ser en lo ambiental, ya que se trata de la utilización de una energía alterna y limpia, además de que se sabe que el abastecimiento eléctrico mediante la quema de combustible, es limitado porque no es un recurso renovable y cada vez se vuelve más codiciado por todos los países, en cambio la fuente de energía de estos sistemas es el sol, el cual es considerado un recurso renovable.

El sistema fotovoltaico provee, como mecanismo, el acceso a los medios de comunicación como televisión, teléfono, internet, etc... reduciendo el aislamiento social ayudando a la globalización y dando la posibilidad de interrelacionarse e identificarse con situaciones actuales y de importancia económica, social, ambiental y política en nuestro territorio nacional.

Por último, el mantenimiento preventivo es indispensable en un sistema fotovoltaico, debido a que como ya se expuso, existe una estrecha relación entre la eficiencia de un panel fotovoltaico y su mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para futuros trabajos a realizarse en el mismo campo que este, se pueden identificar en:

Realizar un proyecto de iluminación del recinto, donde se puedan sustituir los bombillos fluorescentes por bombillos ahorradores o Led, que permitan disminuir la carga pico, lo que significaría, una disminución en los costos iniciales o aprovechamiento de la carga generada para otras áreas o funciones.

No conectar al sistema fotovoltaico equipos de gran potencia que no hayan sido considerados en el diseño sin consultar un especialista, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar un mal funcionamiento.

Proponer a entidades gubernamentales, el incentivar el desarrollo de estos proyectos mediante el financiamiento y apoyo tecnológico, así como promover la capacitación de técnicos en energías renovables no convencionales, que conozcan las diferentes tecnologías y que a la vez capaciten a las personas interesadas.

Promover, educar y generar conciencia ecológica, mostrando los beneficios que conlleva la utilización de los sistemas de generación de energías alternativas, sin la utilización de combustibles fósiles.

A fin de optimizar el funcionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos es recomendable realizar un monitoreo constante de los equipos ya instalados de tal manera que se pueda ampliar las capacidades de generación. Se debe mantener una adecuada ventilación hacia el panel, que preserve la temperatura en valores convenientes (a mayor temperatura, la potencia generada se reduce), así como también mantenerlos libres de suciedad y acatar el plan de mantenimiento recomendado para conservar la eficiencia del sistema y prolongar la vida útil de los equipos.

REFERENCIAS

- D, Suares. (2001). **Guía teórico- práctico de mantenimiento mecánico**. Cumana
- Acosta, E. (2016). **Diseño de un sistema de generación Fotovoltaica con conexión a red y respaldo de energía eléctrica**.
- Autosolar Energy Solutions S.L.U.(2018). [En línea]. **Mantenimiento que requiere un panel solar**, <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-mantenimiento-requiere-un-panel-solar>, España.
- WEB Renovables, S.L.U (2018). [En línea]. **Paneles solares fotovoltaicos**, <https://ecofener.com/6-paneles-solares-fotovoltaicos>, España.
- Blasco Y. (2012, Diciembre 4). **Calculo instalación fotovoltaica aislada de la red** (2012). [En línea] en <http://calculationsolar.com/blog/?p=8> [2018, junio 16].
- García, M (2015). **Diseño de una planta fotovoltaica de conexión a red**, UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, Trabajo de grado publicado. Madrid.
- Hernández, Fernández y Baptista (2003). **Metodología de la Investigación**. Décima Edición. México. Editorial McGraw – Hill.
- Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía (2011), Gaceta Oficial 39.823. Venezuela
- Ley Penal del Ambiente (2012), Gaceta Oficial 39.913. Venezuela

Navarro S, González J, López C. (2016) **.Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación de un edificio de usos múltiples**, Universidad Tecnológica de la zona metropolitana de Guadalajara, Trabajo de Maestría, Guadalajara.

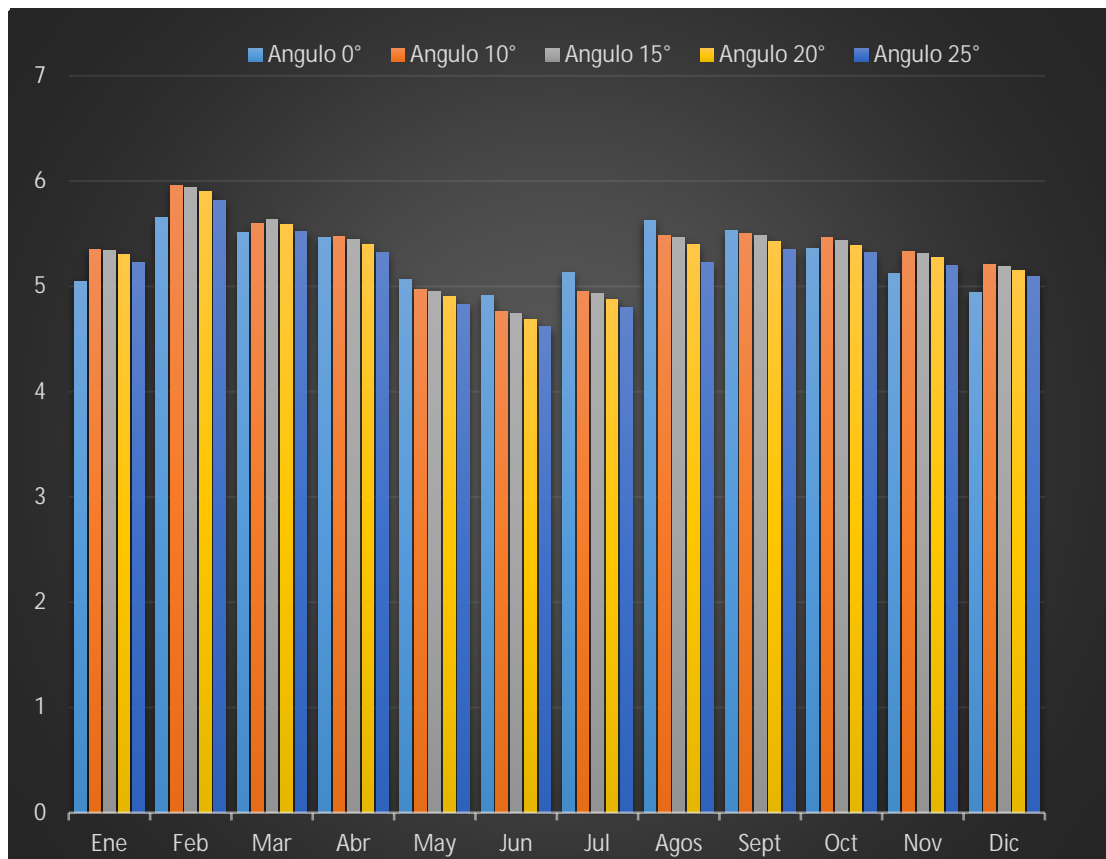
Carta J., Calero, R., Colmenar A., & Castro, M. A. (2009). **Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables**. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

Sun Fields (2015), **Cómo dimensionar y calcular paneles solares fotovoltaicos necesarios** (2015). [En línea]. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-calculo-paneles-solares-fotovoltaicos/> [2018, junio 2].

Vela, Mario A. (2015), **Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para incrementar la calidad de vida de sus moradores de la comunidad de palmeras**, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Especialización, Colombia

APÉNDICE A

Incidencia de la radiación promedio mensual en Venezuela en el año 2017



Elaboración propia

APENDICE B
Plan de mantenimiento para el Sistema Fotovoltaico

Parte	Actividad de mantenimiento	Frecuencia
Módulos	<p>Leer instrucciones del fabricante.</p> <p>Verificar que no hayan módulos rotos, para evitar rociar agua sobre ellos.</p> <p>Verificar la temperatura del módulo. Para así evitar diferencias bruscas de temperatura, no usar agua muy fría sobre un módulo caliente y viceversa.</p> <p>Utilizar agua con una pequeña cantidad de jabón.</p> <p>Verificar que el agua utilizada, que no contenga algún componente que deje rastros sobre el módulo</p>	1 mes
Estructura	<p>Verificar que los tornillos y uniones posean un buen apriete.</p> <p>Chequear indicios de posible corrosión en la estructura, y si existen, iniciar contramedidas.</p> <p>Evitar posibles charcos de agua que puedan estar en contacto con la estructura.</p>	2 semanas
Inversor y Controlador de carga	<p>Verificar que la zona donde está instalado se mantenga seca, ventilada y no sea invadida por insectos o animales</p> <p>Revisar los sistemas de ventilación, para garantizar un buen funcionamiento tanto del inversor como del controlador de carga.</p> <p>Chequear posible corrosión en los terminales.</p> <p>Mantener el cableado firme, ajustar con tornillos.</p>	1 mes
Cableado y conexiones	<p>Verificar que no existen roturas en el cableado</p> <p>Revisar que las conexiones estén enchufadas correctamente</p>	2 semanas
Sistema de acumuladores	<p>Verificar nivel de líquido (agua destilada), y reponer si es necesario.</p> <p>Control de la temperatura de la estancia de las baterías, chequear que la ventilación funcione adecuadamente para evitar acumulación de gases dentro del hábitaculo.</p> <p>Limpieza de los bornes, se debe limpiar con un pañuelo seco.</p> <p>Control del estado de las conexiones, chequear las conexiones entre las baterías, y el inversor, verificar que no exista sobrecalentamiento.</p>	1 mes

ANEXOS

Anexo A. Especificaciones de Panel modelo SG330P PEIMAR.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (ETC*)

	SG300P
Resistencia de placa (Pmax)	330 W
Tolerancia de potencia	0-4 W
Tensión a Placa (Vmax)	36.4 V
Corriente a Placa (Imax)	9.07 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	46 V
Corriente de corto circuito (Isc)	9.79 A
Tamaño máximo de sistema	1000 m
Máximo valor nominal del busbar	15 A
Eficiencia Módulo	17.88%

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tipos	70 (6x12) perforaciones
Capacidad	130/154 mm / 5.11"
Estructura Frontal	2.2 mm / 0.12" grueso vidrio templado
Capítulo	3FT (Panel PET-Teftac)
Cubierta Posterior	ENK (Eliker / Veli Ayrakci)
Monta	Armadura de aluminio anodizado sobre graso
Acabados Marco	Plata
Acabados Lentes puede ser	Blanco
Clasificación	3 Clases de Ejeses: verificado IEC61215
Conectores	MC4 o conectores compatibles
Longitud Ejeses	900 mm / 35.4"
Sección Ejeses	4.8 mm ² / 0.006 in ²
Tamaño	180/180/640 mm / 7.09/7.09/25.19"
Peso	22.5 kg / 49.6 lbs
Carga Máx	Certificado para 2400 Pa

CARACTERÍSTICAS TEMPERATURA

MBCT**	-45°C
Coefficiente temperatura de la potencia máxima	-0.43 %/°C
Coefficiente temperatura de la tensión de circuito abierto	-0.33 %/°C
Coefficiente temperatura de la corriente de corto circuito	0.047 %/°C
Temperatura de funcionamiento	-40°C - +85°C

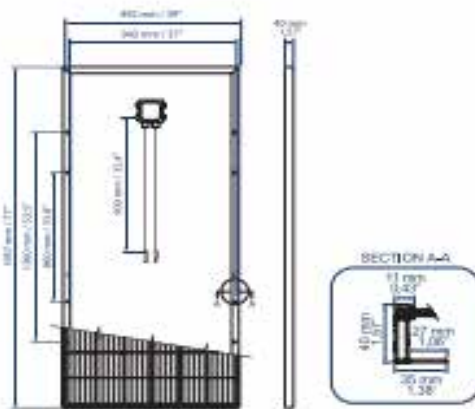
EMPAQUE***

Dimensiones Panel	2000/2000/1000 mm / 78.74/78.74"
Paneles por Panel	20
Peso	820 kg / 1817 lbs

CERTIFICACIONES

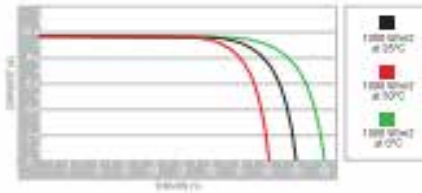
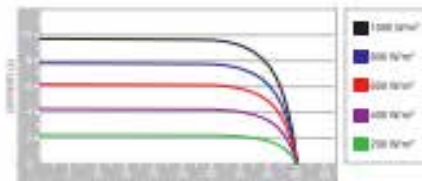
Resistencia al fuego	Clase de reacción al fuego: E (EN 13501)
PG-104	IEC TS 61646-1:2016

TAMAÑO



CARACTERÍSTICAS CORRIENTE/VOLTAJE

Algunas referencias al panel SG300P



*ETC: Eficiencia del Módulo; Potencia Máxima; Abusos Temperatura 25°C; 40 Abusos P.E.
 **MBCT: Máximo Operando del Sistema; Sin Pérdidas; 40 25°C; 40 Abusos P.E.
 ***Las panel pueden ser transportados fácilmente por agua.

PEIMAR
 PROJECT PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGIES

: http://www.peimar.com/datasheet/Peimar_ES_brochure.pdf

Anexo B. Especificaciones de Panel modelo SG300M (FB) PEIMAR.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (STC*)

	SG280P (FB)
Potencia de pico (Pmax)	200 W
Tolerancia de potencia	±0.5 W
Tensión a Pmax (Vmp)	30 V
Corriente a Pmax (Imp)	6.4 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	40.2 V
Corriente de corto circuito (Isc)	8.71 A
Tensión máxima de sistema	1500 V
Máximo valor nominal del fusible	15 A
Eficiencia Módulo	18.44%

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Células	60 (6x10) monocristalinas PERC
Tamaño Células	150x136 mm / 6.45"
Cubierta Frontal	3.2 mm / 0.12" glass: vidrio templado
Capas	FFC (Fuller-PT-Teilar)
Cubierta Posterior	EVA (Etileno-Vinil Acetato)
Marco	Aluminio de aluminio anodizado doble grosor
Acabados Marco	Negro
Acabados Látex posterior	Negro
Datos	3 Diodos de Ekipan
Junction Box	certificado IP67
Conectores	MCA o conectores compatibles
Longitud Cables	900 mm / 35.4"
Sección Cables	4.0 mm ² / 0.006 m ²
Tamaño	1640x800x40 mm / 64.5x31.5x1.57"
Peso	18 kg / 39.7 lbs
Carga Máx	Certificado por 5400 Pa

CARACTERÍSTICAS TEMPERATURA

NOCT**	45.0 °C
Coefficiente temperatura de la potencia máxima	-0.42 %/°C
Coefficiente temperatura de la tensión de circuito abierto	-0.22 %/°C
Coefficiente temperatura de la corriente de corto circuito	0.041 %/°C
Temperatura de funcionamiento	-40 °C - +85 °C

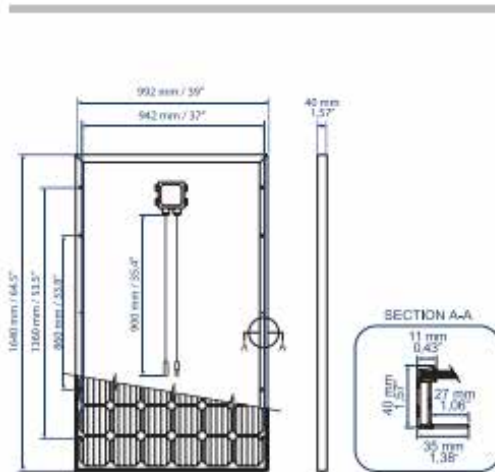
EMBALAJE***

Tamaño Palet	1700x1200x1300 mm / 67x47x51"
Panels por Palet	27
Peso	516 Kg / 1130 lbs

CERTIFICACIONES

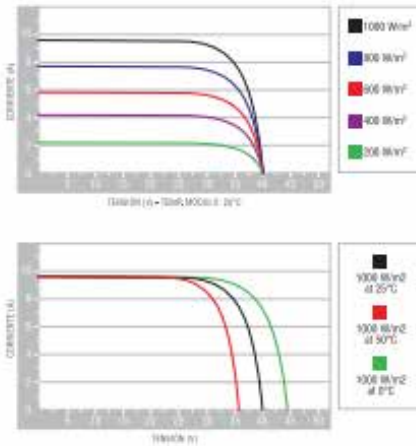
Resistencia al fuego	Clase de reacción al fuego 1 (UM 9177)
----------------------	--

TAMAÑO



CARACTERÍSTICAS CORRIENTE/VOLTAJE

Voltaje reflejado al panel SG280P (FB)



*STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000W/m², Module Temperature 25°C, Air Mass 1.5

**NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) SG280P: Air 25°C, Wind speed: 1m/s

*** Las pallet pueden ser adaptadas a otros modelos por otro.

PEIMAR
Innovator. PHOTOVOLTAIC. MODULES

Av. Pinar 20, San Andrés B.T. Pinar del Río, Cuba

http://www.peimar.com/datasheet/Peimar_ES_brochure.pdf
Anexo C. Especificaciones de Paneles modelos SG270/ 280P PEIMAR.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (STC*)

	SG270P	SG280P
Potencia de pico (Pmax)	270 W	280 W
Tolerancia de potencia	0/+5 W	0/+5 W
Tensión a Pmax (Vmp)	30.8 V	31.2 V
Corriente a Pmax (Imp)	8.77 A	8.98 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	37.2 V	37.3 V
Corriente de corto circuito (Isc)	9.5 A	9.7 A
Tensión máxima de sistema	1500 V	1500 V
Máximo valor nominal del fusible	15 A	15 A
Eficiencia Módulo	16.60%	17.21%

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Celdas	60 (6x10) policristalinas
Tamaño Celdas	156x156 mm / 6x6"
Cubierta Frontal	3.2 mm / 0.12" grosor, vidrio templado
Cápsula	TPT (Tedlar-PET-Tedlar)
Cubierta Posterior	EVA (Etileno Vinil Acatzo)
Marco	Aleación de aluminio anodizado doble grosor
Acabados Marco	Plata / Negro
Acabados Lámina posterior	Blanco
Diodos	3 Diodos de Bypass
Junction Box	certificado IP67
Conectores	MC4 o conectores compatibles
Longitud Cables	900 mm / 35.4"
Sección Cables	4.0 mm ² / 0.006 in ²
Tamaños	1640x992x40 mm / 64.5x39x1.57"
Peso	18 kg / 39.7 lbs
Carga Mlx	Certificado para 5400 Pa

CARACTERÍSTICAS TEMPERATURA

NOCT**	45±2 °C
Coefficiente temperatura de la potencia máxima	-0.43 %/°C
Coefficiente temperatura de la tensión de circuito abierto	-0.32 %/°C
Coefficiente temperatura de la corriente de corto circuito	0.047 %/°C
Temperatura de funcionamiento	-40 °C - +85°C

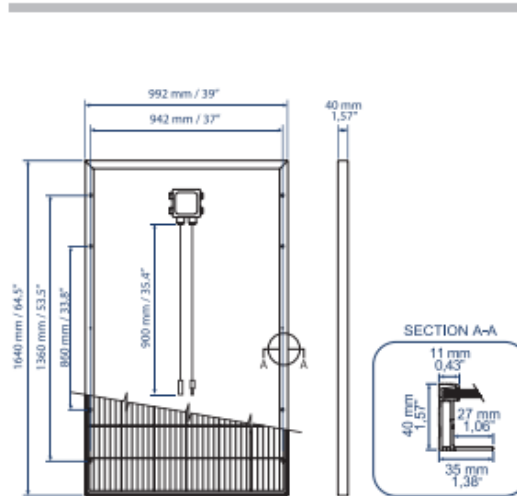
EMBALAJE***

Tamaño Palé	1700x1200x1200 mm / 67x47x47"
Paneles por Palé	27
Peso	516 kg / 1138 lbs

CERTIFICACIONES

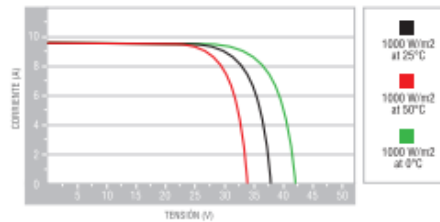
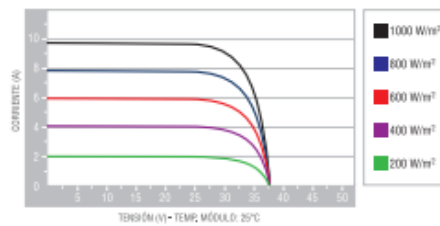
Resistencia al fuego	Clase de reacción al fuego: 1 (UNI 9177)
PID free	IEC TS 62804-1:2015

TAMAÑO



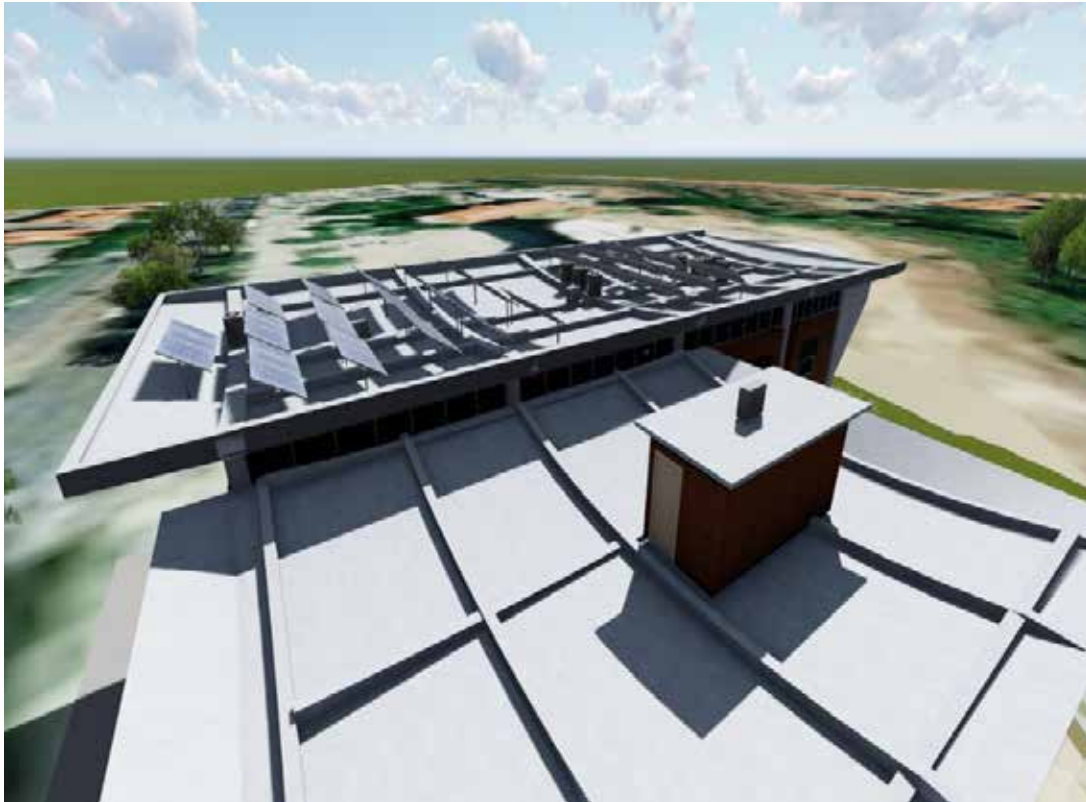
CARACTERÍSTICAS CORRIENTE/VOLTAJE

Valores referidos al panel: SG280P



http://www.peimar.com/datasheet/Peimar_ES_brochure.pdf

Anexo F. Simulación 3D de la ubicación del sistema fotovoltaico propuesto vista posterior de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Ujap



Fuente: Elaboración propia

Anexo G. Simulación 3D de la ubicación del sistema fotovoltaico propuesto, vista frontal de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Ujap



Fuente: Elaboración propia

Anexo H. Catálogo de acumuladores Formula Star.



Formula Star son baterías de Plomo-ácido abiertas para almacenar energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos.

INFORMACIÓN DE DISEÑO

- Placas y separadores especiales.
- Larga vida en ciclos de carga y descarga.
- Reducido consumo de agua.
- Menor sensibilidad a las sobrecargas imprevistas.
- Reducida auto-descarga.
- Mayor tensión de descarga mediante conexiones interiores más cortas.
- Material plástico con alta resistencia a los impactos fortuitos.
- Baterías estacionarias especialmente diseñadas para instalaciones fotovoltaicas.



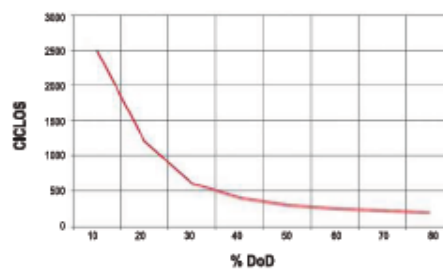
APLICACIONES

- Casas, campers, barcos, estaciones de montaña
- Iluminación en calles y parques
- Semáforos y señales de tráfico
- Estaciones de medida, estaciones de bombeo, etc

DATOS TÉCNICOS (TEMPERATURA REFERENCIA 25°C)

MODELO	V	Capacidad C100 (Ah)	Dimensiones (mm)		
			Largo	Ancho	Alto
FORMULA STAR FS 79 SOLAR	12	66	242	175	190
FORMULA STAR FS 80 SOLAR	12	80	274	175	190
FORMULA STAR FS 110 SOLAR	12	105	350	175	190
FORMULA STAR FS 155 SOLAR	12	155	513	189	223
FORMULA STAR FS 200 SOLAR	12	195	513	223	223
FORMULA STAR FS 240 SOLAR	12	240	513	274	239
FORMULA STAR FS 260 SOLAR	12	260	518	276	242

NÚMERO DE CICLOS EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE DESCARGA



OPERACIÓN

- Curvas de carga: WUa, UJa, UJoU y UJloU.
- La batería debe ser recargada al 100% al menos cada 1-4 semanas.
- No descargar la batería por encima del 80%.
- El trabajo en flotación a tensiones muy altas puede suponer un consumo excesivo de agua.

: http://calculationsolar.com/pdfs/Calculationsolar_battery_MASTERBATTERY_UPOWER229.pdf

Anexo I. Catálogo de acumuladores OPTIMA Batteries



Catálogo DAISA Energías Renovables

OPTIMA® con diseño exclusivo SPIRALCELL® ofrece la tecnología más avanzada a la hora de ofrecer una fuente de energía potente y limpia.

TIPO	JC SAP	BCI	ESQUEMA (EN)	TERMINAL (EN)	LISTÓN	ESPECIFICACIONES			RESERV. CAP. MIN. A 25°C	CAP. CS Ah	RESERVA. INTERNA en Ohms	MEDIDAS (mm)			PESO KG
						CCA (EN) A	CA (20°C) SACA	CAP. C20 Ah				L	A	H	
RT C 4.2	98921	34C	8	1	-	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	184	17,2
RT S 4.2	982022	34	1	1	-	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	173	17,2
RT R 4.2	984804	34R	0	1	B11	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	173	17,2
RT U 4.2	982023	3478	1	1 & 21	-	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	173	17,2
RT F 4.2	549424	78	1	1	B11	815	1000	50	100	-	3.1	254	172	184	17,2
RT S 3.7	982021	25	1	1	B1	730	910	44	90	-	3.0	237	172	168	14,4
RT R 3.7	988144	35	0	1	B1	730	910	44	90	-	3.0	237	172	168	14,4
RT U 3.7	984810	7525	1	1 & 21	B1	730	910	44	90	-	3.0	237	172	168	15,0
RT S 2.1	984808	8 Voltas	8	1	B11	815	1000	50	100	-	1.9	252	90	185	8,4

REDTOP



TIPO	JC SAP	BCI	ESQUEMA (EN)	TERMINAL (EN)	LISTÓN	ESPECIFICACIONES			RESERV. CAP. MINUTOSA 25°C	CAP. CS Ah	RESERVA. INTERNA en Ohms	MEDIDAS (mm)			PESO KG
						CCA (EN) A	CA (20°C) SACA	CAP. C20 Ah				L	A	H	
YT S 5.5	98923	D31A	8	1	-	975	1125	75	155	88	2.5	325	158	218	26,5
YT R 5.0*	98905	D27	0	1	-	843	1000	86	140	81	2.5	304	172	200	22,7
YT S 4.2	98204	D34	1	1	-	765	870	55	120	52	2.8	254	172	173	19,5
YT U 4.2	98205	D34 / 78	1	1 & 25	-	765	870	55	120	52	2.8	254	172	173	19,9
YT R 3.7	98873	D35	0	1	B1	660	870	48	98	44	3.2	237	172	168	16,6
YT S 2.7	98148	D61	1	1	-	480	575	38	66	33	4.6	237	129	201	11,8
YT R 2.7	98148	D61R	0	1	-	480	575	38	66	33	4.6	237	129	201	11,8
YT S 2.1	984808	8 Voltas	8	1	-	765	870	55	120	52	4.0	252	90	185	9,0

YELLOWTOP



TIPO	JC SAP	BCI	ESQUEMA (EN)	TERMINAL (EN)	LISTÓN	ESPECIFICACIONES			RESERV. CAP. MINUTOSA 25°C	CAP. CS Ah	RESERVA. INTERNA en Ohms	MEDIDAS (mm)			PESO KG
						CCA (EN) A	CA (20°C) SACA	CAP. C20 Ah				L	A	H	
BT DC 5.5	98922	D31M	8	1 & 21	-	975	1125	75	155	88	2.5	325	158	218	26,5
BT DC 5.0	55199	D27M	1	1 & 21	-	845	1000	86	140	81	2.5	309	172	200	22,7
BT DC 4.2	984807	D34M	1	1 & 21	-	765	870	55	120	52	2.8	254	172	173	19,7
BT SLI 4.2	984805	34M	1	1 & 21	-	815	1000	50	100	-	3.0	254	172	173	17,4

BLUETOP



*Pródromo introducción

TERMINALES:
 1 SAE / EN
 8 Roscado 3/8-16 UNC 2A CRES
 21 Roscado 3/8-16 UNC 2A CRES GM
 8 Roscado 5/16 UNC 2A CRES

ESQUEMA:
 0 Positivo derecha
 1 Positivo izquierda
 8 Continuo o Simétrico


* La garantía por defecto de fabricación de las baterías OPTIMA es de 6 meses mínimo, según aplicación.

Figura J. Catálogo Controladores de carga VICTRON ENERGY.

Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV

MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

www.victronenergy.com



**Controlador de carga solar
MPPT 150/100-Tr**

**Controlador de carga solar
MPPT 150/100-MC4**

**Controlador de carga solar
MPPT 150/100-MC4**

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en Inglés)
Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.
Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.


Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

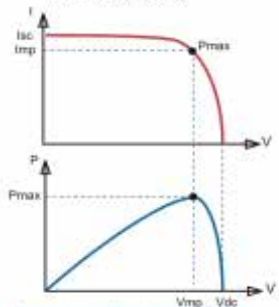
Algoritmo de carga flexible
Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Ampia protección electrónica
Protección de sobretensión y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna
Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real
- Smartphones, tablets y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl





Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:
Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:
Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de selección 36 V) *Opcional para 60V				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1s2s	650W	900W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1s2s	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1s2s	2600W	3440W	4000W	4800W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima (FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficiencia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14.4 / 28.8 / 45.2 / 57.6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13.8 / 27.6 / 41.4 / 55.2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (flexible, no activable por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretensión				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	85%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Temperatura FV 3)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4/MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4/MC4 (modelos 150/85 y 150/100)				
Barras de batería	35 mm ² / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (zona de conexión)				
Peso	3kg		4,5kg		
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95mm		Modelos Tr: 256 x 295 x 103mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103mm		
ESTÁNDARES					
Seguridad	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2				
<small>1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería), para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. 2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alta dañará el controlador. 3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares. Corriente máxima por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un restador MPPT)</small>					

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
 General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
 E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



<https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-BlueSolar-charge-controller-MPPT-150-45-up-to-150-100-ES.pdf>

Anexo K. Catálogo Controladores de carga EP SOLAR.

Controlador de Carga PWM EPsolar



La principal función del controlador es la de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas profundas. El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. Los controladores PWM son adecuados para sistemas pequeños. Tiene una salida de terminal + 5V / 1.2A USB que puede cargar teléfonos móviles, ventiladores y otros dispositivos electrónicos.

Ventajas

- Controlador PWM de bajo coste
- Protegido contra sobrecorriente
- Protegido contra cortocircuitos
- Protegido contra la polaridad inversa de los paneles solares y/o de la batería
- Existe en 12/24V

CARACTERISTICAS	12/24V-10A	12/24V-20A	12/24V 30A
Tensión de la baterías (V)	12 V/24 V		
Corriente de carga nominal (A)	10 A	20 A	30 A
Tensión solar máxima (V)	30 V/50 V		
Autoconsumo	8.4 mA (12V) / 7.8mA (24V)		6mA (12/24V)
Rango de temperatura de trabajo	-35 a +55°C (carga completa)		
Tensión de carga de absorción (V)	14.6 V		
Tensión de carga de flotación (V)	13.8 V		
Dimensiones	67 x 120.3 x 21.8 mm	85.6 x 148 x 34.8 mm	101.3 x 200.6 x 57 mm
Peso	0.102 kg	0.180 kg	0.5 kg
Indice de Protección (IP)	IP 20		IP 30



<http://www.energiainnovadora.com/wp-content/uploads/2017/02/Catalogo-Energ%C3%ADa-solar2.pdf>

Anexo L. Catálogo Inversores de carga Power Reliable.



4000W Off Grid DC to AC Pure Sine Wave Solar Power Inverter

RBP-4000S-LED

- ▶ 4000w pure sine wave inverter
- ▶ off grid DC to AC converter
- ▶ solar power inverter

Inquiry

Specifications

Features

Application

Download

Model	RBP-4000S-LED
DC Voltage	12V or 24V or 48V or 110V
Voltage Range	10-15VDC or 21-30VDC or 42-60VDC or 90-135VDC
No Load Current Draw	< 1.8A
Efficiency	> 90%
DC Connector	Cables With Clips
AC Voltage	100/110/120VAC or 220/230/240 VAC
Continuous Power	4000W
Surge Power	8000W
Waveform	Pure Sine Wave
Frequency	50Hz or 60Hz
AC Regulation	3%
Low Voltage Alarm	10DC±0.5V or 20.5DC±1V or 44VDC±1V or 92VDC±1V
Low Voltage Shut Down	9.5DC±0.5V or 19.5DC±1V or 42VDC±1V or 90VDC±1V
Over Load	Shut Off Output
Over Voltage Shut Down	15.5V or 30.5V or 61.2V or 135V
Over Thermal	Shut Off Output Automatically
Fuses	Short Circuit
Working Temperature	Between -10°C and +50°C
Working Humidity	20%~90%RH
Storage Temperature	Between -30°C and +70°C
Start	Soft Start
Cooling Ways	Cooling Fan
Total Harmonic Distortion	THD < 5%
Machine size(mm)	480*207*93

http://www.powerreliable.com/index.php/product/4000W_Off_Grid_DC_to_AC_Pure_Sine_Wave_Solar_Power_Inverter-4

Anexo M. Catálogo Inversores de carga Power Reliable.



5000W Off Grid DC to AC Pure Sine Wave Solar Power Inverter

RBP-5000S-LED

- ▶ 5000w pure sine wave inverter
- ▶ off grid DC to AC converter
- ▶ solar power inverter

[Inquiry](#)

Specifications

Features

Application

Download

Model	RBP-5000S-LED
DC Voltage	12V or 24V or 48V or 110V
Voltage Range	10-15VDC or 21-30VDC or 42-60VDC or 90-135VDC
No Load Current Draw	< 1A
Efficiency	> 90%
DC Connector	Cables With Clips or Car Adaptor
AC Voltage	100/110/120VAC or 220/230/240 VAC
Continuous Power	5000W
Surge Power	10000W
Waveform	Pure Sine Wave
Frequency	50Hz or 60Hz
AC Regulation	3%
Low Voltage Alarm	10DC±0.5V or 20.5DC±1V or 44VDC±1V or 92VDC±1V
Low Voltage Shut Down	9.5DC±0.5V or 19.5DC±1V or 42VDC±1V or 90VDC±1V
Over Load	Shut Off Output
Over Voltage Shut Down	15.5V or 30.5V or 61.2V or 135V
Over Thermal	Shut Off Output Automatically
Fuses	Short Circuit
Working Temperature	Between -10°C and +50°C
Working Humidity	20%~90%RH non-condensing
Storage Temperature	Between -30°C and +70°C
Start	Soft Start
Cooling Ways	Cooling Fan
Total Harmonic Distortion	THD < 5%
Machine size(mm)	550*240*90

Anexo N. Catálogo Inversores de carga Power Reliable.



**3500W Off Grid DC to AC
Pure Sine Wave Solar Power
Inverter**

RBP-3500S-LED

- ▶ 3500w pure sine wave inverter
- ▶ off grid DC to AC converter
- ▶ solar power inverter

[Inquiry](#)

Specifications	Features	Application	Download
Model		RBP-3500S-LED	
Input	DC Voltage	12V or 24V or 48V or 110V	
	Voltage Range	10-15VDC or 21-30VDC or 42-60VDC or 90-135VDC	
	No Load Current Draw	< 1.5A	
	Efficiency	> 90%	
	DC Connector	Cables With Clips or Car Adaptor	
Output	AC Voltage	100/110/120VAC or 220/230/240 VAC	
	Continuous Power	3500W	
	Surge Power	7000W	
	Waveform	Pure Sine Wave	
	Frequency	50Hz or 60Hz	
	AC Regulation	3%	
Protection	Low Voltage Alarm	10DC±0.5V or 20.5DC±1V or 44VDC±1V or 92VDC±1V	
	Low Voltage Shut Down	9.5DC±0.5V or 19.5DC±1V or 42VDC±1V or 90VDC±1V	
	Over Load	Shut Off Output	
	Over Voltage Shut Down	15.5V or 30.5V or 61.2V or 135V	
	Over Thermal	Shut Off Output Automatically	
	Fuses	Short Circuit	
Environment	Working Temperature	Between -10°C and +50°C	
	Working Humidity	20%~90%RH non-condensing	
	Storage Temperature	Between -30°C and +70°C	
Others	Start	Soft Start	
	Cooling Ways	Cooling Fan	
	Total Harmonic Distortion	THD < 5%	
Machine size(mm)		460*207*93	