

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
PARA UNA CASETA DE VIGILANCIA DEL CAMPUS
UNIVERSITARIO UAP-FILIAL HUANCAYO”**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

MONTES FIGUEROA, Shely Vanessa

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL
HUANCAYO-PERÚ**

2016

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación, dedicó especialmente a mis padres, hermanos y familiares quienes me apoyaron en forma incondicional.

AGRADECIMIENTO

Los más sinceros agradecimientos a mi asesor de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental al Ing. Gustavo Astuhuaman Pardave quien dio la idea del proyecto de investigación, en el diseño de instalaciones de los sistemas fotovoltaicos. Asimismo agradezco al coordinador y los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental apoyando por sus experiencias y vivencias en estos tipos de investigaciones. Así mismo agradecer a mis padres y hermanos que depositaron su confianza y me alentaron día a día para la culminación del presente trabajo de investigación.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO	2
INDICE DE CONTENIDOS	3
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	7
INDICE DE GRÁFICO.....	11
INDICE DE ANEXO	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I.....	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2.1 Caracterización de la Realidad Problemática	19
2.2 Formulación del Problema	19
2.1.1 Problema General.	19
2.1.2 Problemas Específicos	20
2.3 Objetivos	20
2.1.3 Objetivo General.....	20
2.1.4 Objetivos Específicos	20
2.4 Justificación	20
2.5 Importancia	21
2.6 Limitaciones	21
CAPÍTULO II	22
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	22
2.1 Marco Referencial.....	22
2.1.1 Antecedentes de la Investigación	22
2.1.2 Referencias Históricas.....	30
2.2 Marco Legal	33
2.2.1 Ley.....	33
2.2.2 Decreto Supremo	33

2.2.3	Norma técnica	38
2.3	Marco Conceptual.....	47
2.4	Marco Teórico	51
2.4.1	Energía solar	51
2.4.2	Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas.....	59
2.4.3	Célula solar	62
2.4.4	Panel solar	67
•	Tipos de paneles solares	68
•	Factores de pérdidas energéticas.....	71
•	Potencia de la célula solar	76
•	Inclinación de los paneles solares	77
•	Orientación de los paneles solares:	78
2.4.5	Regulador.....	79
•	Características Eléctricas.....	80
•	Características Constructivas	80
•	Tipos de regulador	81
2.4.6	Batería.....	83
•	Tipos de batería	84
–	Baterías de Plomo ácido	84
–	Batería de gel.....	85
–	Batería de níquel-cadmio.....	86
2.4.7	Inversor	87
•	Inversores de Onda Cuadrada.....	88
•	Inversores de Onda Senoidal Modificada.	89
•	Inversores de Onda Senoidal.....	89
2.4.8	Impacto ambiental	89
•	Clima.....	90
•	Geología	90
•	Suelo.....	90

• Aguas superficiales y subterráneas	90
• Flora y fauna	90
• Paisaje	91
• Ruidos.....	91
• Medio social	91
CAPÍTULO III	92
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	92
3.1 Metodología	92
3.1.1 Método	92
• Procedimiento para determinar el área del panel fotovoltaico.	92
• Procedimiento para determinar la potencia y eficiencia de un panel fotovoltaico.....	92
• Procedimiento para determinar el número de paneles requeridos.....	93
• Procedimiento para determinar la capacidad de acumulación de energía en las baterías.	93
• Procedimiento para determinar el número de reguladores a utilizar	93
• Procedimiento para seleccionar el inversor adecuado.....	94
• Procedimientos para la construcción e implementación de la caseta de vigilancia	94
3.1.2 Tipo de la investigación	103
3.1.3 Nivel de la investigación	104
3.2 Diseño de la investigación	104
3.3 Hipótesis de la investigación.....	105
3.3.1 Hipótesis general.....	105
3.3.2 Hipótesis específicos.....	105
3.4 Variables	105
3.4.1 Variable independiente.....	105
3.4.2 Variable dependiente.....	105
3.5 Cobertura del estudio.....	105

3.5.1	Universo	105
3.5.2	Población.....	106
3.5.3	Muestra	106
3.5.4	Muestreo	106
3.6	Técnicas e instrumentos	106
3.6.1	Técnicas de la investigación.....	106
3.6.2	Instrumentos de la investigación	106
3.7	Procesamiento estadístico de la información	107
3.7.1	Estadísticos	107
3.7.2	Representación	107
3.7.3	Técnica de comprobación de la hipótesis.....	107
CAPÍTULO IV.....		109
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS.....		109
4.1.	Resultados	109
4.2.	Discusión de Resultados.....	127
4.3.	Contrastación de Hipótesis	129
CONCLUSIONES		130
RECOMENDACIONES		131
BIBLIOGRAFÍA.....		132
LINFOGRAFÍA		134

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

V:	Tensión o voltaje (V).
I:	Intensidad de la corriente (A).
R:	Resistencia de la carga o consumidor conectado al circuito (Ω).
P_{inc} :	Es la potencia incidente (W).
A_S :	Es el área de la superficie en que incide la onda, en metros (W/m^2).
I:	Irradiancia (W/m^2).
I_L :	Corriente foto generada (A).
I_D :	Corriente de oscuridad o corriente de diodo (A).
I_0 :	Corriente inversa de saturación del diodo (A).
m:	Factor de idealidad del diodo (un parámetro adimensional con valores típicos entre 1 y 2).
k :	Es la constante de Boltzmann (W/m^2K).
T :	Temperatura absoluta (K).
kT/q :	Se le llama habitualmente voltaje térmico ($V^{\circ}C$)
I_{CC} :	Corriente de cortocircuito (A).
V_{OC} :	Tensión de circuito abierto (V).
$P_{MÁX}$:	Potencia máxima (W).
W_p :	Potencia nominal de pico (W).
η :	Eficiencia, expresada (%).
η_{bat} :	Eficiencia de la batería (%).
η_{joule} :	Eficiencia por efecto joule (%).
E_R :	Energía real necesaria del consumo diario (Wh/día).
C_R :	Energía expresada en Capacidad (Ah/día).
E_S :	Energía del arreglo de paneles, en (Wh/día).
C_S :	Capacidad del arreglo de paneles (Ah/día).
P_S :	Potencia pico del arreglo de paneles (W).
N_p :	Número de paneles.
C_B :	Capacidad requerida por el consumo o demanda (Ah).

- C_R : Capacidad del banco de baterías (Ah/día).
- P_d : Profundidad de descarga, expresada (%).
- I_{max} : Intensidad máxima (A).
- AC: Consumo de tomacorriente (W).
- A: Número de amperios (A).
- %CV: Porcentaje caída de voltaje (%)
- D: Distancia (m).
- P_{INV} : Potencia del inversor (W).
- P_p : Potencia del panel (W).
- SFCR: Sistemas fotovoltaicos conectados a la red.
- SFA: Sistemas fotovoltaicos autónomos.
- FF: Factor de forma.
- EVA: Etileno vinilo acetato.
- SFD: Sistemas solares autónomos o sistemas fotovoltaicos domiciliarios

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características físicas de los módulos fotovoltaicos.....	43
Tabla 2: Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.....	43
Tabla 3: Demanda diaria de energía eléctrica AC tomacorrientes	109
Tabla 4: Demanda diaria de energía eléctrica AC Iluminación	110
Tabla 5: Relación entre el ICV y el AWG.....	114
Tabla 6: Mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, con carga	118
Tabla 7: Mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, sin carga	120
Tabla 8: Promedios de las mediciones y cálculos de los 4 días de las experimentaciones	127

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Símbolo de un diodo	50
Figura 2: Tipos de radiación solar	54
Figura 3: Esquema de SFA con carga DC	60
Figura 4: Esquema de SFA con carga AC	60
Figura 5: Esquema de un SFCR	62
Figura 6: Estructura simplificada de una célula fotovoltaica de unión p-n.....	63
Figura 7: Corte transversal de un panel fotovoltaico	68
Figura 8: Panel solar fotovoltaico monocristalino	69
Figura 9: Panel solar fotovoltaico policristalino	70
Figura 10: Panel solar fotovoltaico amorfo	71
Figura 11: Conexión en serie	76
Figura 12: Conexión en paralelo	77
Figura 13: Orientación de un módulo solar.	79
Figura 14: Caseta de Vigilancia y Panel Solar con medidas	95
Figura 15: Instalación de la plataforma de la Caseta de Vigilancia	96
Figura 16: Implementación del techo	97
Figura 17: Construcción de la Caseta de Vigilancia.....	98
Figura 18: Implementación de los vidrios de la Caseta de Vigilancia.....	99
Figura 19: Batería de 12 VCC/100 Ah.....	100
Figura 20: Controlador de carga de 12/24 V-10 A.....	100
Figura 21: Inversor de 1000 W/12 VCC	101
Figura 22: Instalación de luminarias.....	101
Figura 23: Instalación de luminarias externas	102
Figura 24: Instalación de luminaria interna	102
Figura 25: Caseta de vigilancia	103

INDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1: Intensidad de la corriente en función del tiempo – Corriente continua	48
Gráfico 2: Intensidad de la corriente en función del tiempo – Corriente alterna...	49
Gráfico 3: Horas sol pico.....	55
Gráfico 4: Curva de Intensidad - Tensión	65
Gráfico 5: Diferentes formas de onda de corriente alterna a 60Hz.	88
Gráfico 6: Mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, con carga. ...	116
Gráfico 7: Mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, sin carga	117
Gráfico 8: Potencia en función a la radiación solar para el día 08/11/2016, con carga	122
Gráfico 9: Potencia en función a la radiación solar para el día 08/11/2016, sin carga	123
Gráfico 10: Potencia con y sin carga en función a la radiación solar en la horizontal para el día 10/11/2016.....	124
Gráfico 11: Eficiencia con y sin carga en función a la radiación solar en la horizontal para el día 11/11/16.....	125
Gráfico 12: Eficiencia con y sin carga en función a la radiación solar en la superficie del panel fotovoltaico para el día 11/11/2016	126

INDICE DE ANEXO

Anexo 1: Mediciones de la experimentación del día 08/11/2016, con carga.....	139
Anexo 2: Mediciones de la experimentación del día 08/11/2016, sin carga.....	141
Anexo 3: Mediciones de la experimentación del día 10/11/2016, con carga.....	143
Anexo 4: Mediciones de la experimentación del día 10/11/2016, sin carga.....	145
Anexo 5: Mediciones de la experimentación del día 11/11/2016, con carga.....	147
Anexo 6: Mediciones de la experimentación del día 11/11/2016, sin carga.....	149
Anexo 7: Especificaciones técnicas del controlador.....	151
Anexo 8: Especificaciones técnicas de la batería	160

RESUMEN

En la actualidad, en nuestra zona, no se utiliza la energía solar para generar energía eléctrica de un panel fotovoltaico, a pesar que presenta la ventaja de ser ambientalmente amigable, abundante en su disponibilidad y gratuita. Existen muy pocos paneles fotovoltaicos instalados en nuestra región, y a estos no se realizan la evaluación del funcionamiento. El objetivo de la presente investigación es diseñar e implementar un sistema fotovoltaico para la caseta de vigilancia del campus universitario UAP-Filial Huancayo, y para ello se determinó la demanda de energía eléctrica, la cual es 275 W/día, se consideró que esta energía es la necesaria para un sistema conformada por 2 focos leds (interno y externo) de 5W y 15 W, una laptop, un cargador de celular de 5W. Para lograr suministrar esta energía, el sistema fotovoltaico consta de un panel fotovoltaico de 140 W, una batería de 12 VCC/100Ah, un controlador de carga de 12/24V-10 A y un inversor de 1000 W/12VCC. Para evaluar la eficiencia del panel fotovoltaico diseñado e instalado en la caseta de vigilancia, durante cuatro días desde las 9:20 am a 2:15 pm, se midieron la intensidad de corriente y voltaje suministrado por el panel fotovoltaico, radiación solar que incide en la horizontal y en la superficie del panel

fotovoltaico, en intervalos de 5 minutos, con una carga de 15 W y sin carga, la eficiencia experimental promedio del panel fotovoltaico que se obtuvo es 4,73%, la que es distante a la eficiencia teórica de un panel fotovoltaico monocristalino del 15%, se concluye que se diseñó un sistema fotovoltaico según los requerimiento de energía de la caseta de vigilancia del campus universitario UAP-Filial Huancayo y que la eficiencia de su panel es bajo por la carga de 15 W utilizada, la sombra producida de los edificios próximos a la caseta, el ángulo de inclinación del panel solar, y por el polvo y suciedad que hay en el panel solar.

ABSTRACT

At present, in our area, solar energy is not used to generate electricity from a photovoltaic panel, although it has the advantage of being environmentally friendly, abundant in its availability and free. There are very few photovoltaic panels installed in our region, and these do not perform performance evaluation. The objective of the present investigation is to design and implement a photovoltaic system for the UAP-Huancayo academic campus, and for this purpose the electricity energy demand, which is 275 W / day, was considered to be this energy. The one required for a system consisting of 2 leds (internal and external) of 5W and 15 W, a laptop, a cell phone charger of 5W. In order to supply this energy, the photovoltaic system consists of a 140 W photovoltaic panel, a 12 VDC / 100Ah battery, a 12/24 V-10 A load controller and a 1000 W / 12 VDC inverter. In order to evaluate the efficiency of the photovoltaic panel designed and installed in the monitoring booth, for four days from 9:20 am to 2:15 pm, the current and voltage supplied by the photovoltaic panel, solar radiation, The horizontal and on the surface of the photovoltaic panel, in intervals of 5 minutes, with a load of 15 W and without load, the average experimental efficiency of the photovoltaic panel that was obtained is 4.73%, which is distant to the theoretical efficiency of a 15% monocrystalline photovoltaic panel, it is concluded that a photovoltaic system was designed according to the energy requirements of the UAP- Huancayo academic

campus monitoring unit and that the efficiency of its panel is low due to the 15 W load used, The shadow produced by the buildings near the house, the inclination angle of the solar panel, and the dust and dirt in the solar panel.

INTRODUCCIÓN

Las energías renovables son aquellas cuyas fuentes residen en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía disponible para la humanidad, y que se generan naturalmente, por lo que se encuentran disponibles continuamente.

La energía solar, eólica, biomasa entre otros, representa menor impacto ambiental, generación en el lugar de consumo, mínimo riesgo en su obtención y no requiere complejos sistemas de seguridad. El consumo de energía aumenta cada año por ello es necesario aprovechar la radiación solar para generar energía eléctrica mediante los sistemas fotovoltaicos.

Por ello en la investigación se diseñó e implementó un sistema fotovoltaico para una caseta de vigilancia del campus universitario UAP-Filial Huancayo, para el cual se determinó el número y características de paneles, baterías e inversores en función al requerimiento de energía de la caseta.

A través de la investigación se promueve y difunde la utilización de sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica, y de alguna manera ayuda a mejorar la calidad de vida de los beneficiarios.

El informe se dividió en cuatro capítulos, en el primer capítulo se detalla describe el planteamiento del problema; en el segundo capítulo se presenta los fundamentos teóricos donde encontramos los antecedentes de la investigación,

marco legal, conceptuales y teórico; el tercer capítulo involucra el planteamiento metodológico y en el cuarto capítulo se presenta la organización, presentación y análisis de resultados. Finalmente, se detallan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Caracterización de la Realidad Problemática

El elevado consumo de energía nos está llevando a que la contaminación se incremente por ende altere los ecosistemas, el clima y la salud de la población. En la actualidad no se utiliza la energía solar, para generar energía eléctrica de un panel fotovoltaico, a pesar que presenta la ventaja de ser ambientalmente amigable, abundante en su disponibilidad y gratuita. Existen muy pocos paneles fotovoltaicos instalados en nuestra región en los que no se realiza la evaluación de su funcionamiento. En el distrito de Pilcomayo, el proyecto que se está desarrollando dentro del campus universitario de la UAP – Filial Huancayo pretende trabajar con energía solar, brindando una mejor calidad de vida a los usuarios de ese ambiente.

1.2 Formulación del Problema

2.1.1 Problema General.

- ¿Cómo diseñar e implementar un sistema fotovoltaico para una caseta de vigilancia del campus universitario UAP-Filial Huancayo?

2.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cuánto es la demanda diaria de energía eléctrica de una caseta de vigilancia del campus universitario?
- ¿Cuánto es la energía diaria que puede suministrar el sistema fotovoltaico?
- ¿Cuánto es la eficiencia del panel solar del sistema fotovoltaico de la caseta de vigilancia en el mes de noviembre?

1.3 Objetivos

2.1.3 Objetivo General

- Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico para una caseta de vigilancia del campus universitario UAP-Filial Huancayo.

2.1.4 Objetivos Específicos

- Determinar la demanda diaria de energía eléctrica de una caseta de vigilancia del campus universitario.
- Determinar la energía diaria que puede suministrar el sistema fotovoltaico.
- Evaluar la eficiencia del panel del sistema fotovoltaico para una caseta de vigilancia del campus universitario en el mes de noviembre.

1.4 Justificación

A nivel mundial se está difundiendo y promoviendo la utilización de las energías limpias, entre ellas la energía solar, ya que esta fuente energética es gratuita, limpia e inagotable, y no sería racional no aprovecharla por todos los medios técnicamente posibles. Por las razones detalladas y considerando que somos formados como ingenieros ambientales, en la investigación se diseña e implementa un sistema fotovoltaico para una caseta de vigilancia del campus universitario de la UAP-Filial Huancayo. También es necesario conocer el rendimiento del panel fotovoltaico y tener

idea de cuan eficiente en un panel fotovoltaico fijo a las condiciones de nuestra zona a diferentes días de año.

1.5 Importancia

La importancia en la realización del presente trabajo de investigación es demostrar y difundir la potencialidad de la energía solar a la población, específicamente en la generación de energía eléctrica en un panel fotovoltaico, con la opción que se puede replicar en otros procesos o aplicaciones.

1.6 Limitaciones

Las limitaciones de la investigación son:

- Después de determinar las características de los componentes del sistema fotovoltaico, se implementó el sistema fotovoltaico, para ello se adquirió los componentes del sistema que se comercializa en Lima, los cuales son probablemente importados de China y se desconoce de la calidad y garantía de sus productos.
- Se evaluó la eficiencia del panel fotovoltaico según la variación de la radiación solar, sólo se consideró únicamente cuatro días del año del mes de Noviembre y una carga de 15 W o sin carga. Los días en las que se realizó las experimentaciones fue el 07, 08, 10 y 11 de noviembre del 2016.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Marco Referencial

2.1.1 Antecedentes de la Investigación

Castañeda y De León, desarrollaron la tesis titulada “**DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTÁICO AISLADO, PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA COMUNIDAD RURAL BUENA VISTA, SAN MARCOS**”, cuyo objetivo es proponer el diseño de un sistema de energía eléctrica utilizando fuentes renovables, para la implantación en una comunidad rural del país, tomando en cuenta la tecnología actual y disponible en Guatemala y Centroamérica. En la investigación, se diseñaron dos sistemas fotovoltaicos individuales, en los cuales se especificó el consumo eléctrico, con la diferencia que el sistema del usuario tipo 1 tiene un menor consumo que el sistema del usuario tipo 2. La especificación de dos tipos de usuarios se realizó porque en la comunidad existen familias que tienen mejores posibilidades económicas, tienen acceso a entretenimiento como la televisión y radios de mayor capacidad,

aumentando con esto el consumo. A partir del consumo eléctrico se dimensionaron los sistemas, por ello el sistema del usuario tipo 1 es de mayor tamaño que el sistema del usuario tipo 2. El tamaño se relaciona con el consumo, pues según el consumo así será la dimensión del sistema y la generación de energía. Dichos sistemas están integrados por: un subsistema de captación de energía (módulos fotovoltaicos), subsistema de acumulación o almacenaje de energía (acumuladores o baterías), subsistema de regulación (regulador de carga y descarga), subsistema de acondicionamiento de potencia (inversor) y, el cableado y transporte de la energía entre los diferentes subsistemas, así como a los receptores (consumo). Concluyeron: a) En Guatemala, las fuentes de energía renovable ya son utilizadas para generar electricidad, como son las plantas hidroeléctricas; sin embargo, la energía solar fotovoltaica se está utilizando especialmente en el área rural del país. b) La distribución de las viviendas dentro de la comunidad impidió que se diseñara un sistema centralizado aislado de energía solar fotovoltaica; el transporte de la energía eléctrica provoca caídas de tensión en el cableado, aumentando proporcionalmente con la longitud (distancia) entre la generación eléctrica y el consumo. c) Según los datos de irradiación solar o Irradiancia, en Guatemala, la energía solar con tecnología fotovoltaica, es factible utilizarla para generar energía eléctrica conectada a la red, sólo si, se norma o regula la generación de energía eléctrica con fuentes renovables. d) Se diseñaron dos tipos de sistemas, cada uno es individual, serán instalados en cada vivienda de la comunidad Buena Vista, dependiendo de las condiciones económicas de las personas. e) Según el diseño de los sistemas fotovoltaicos, estos están capacitados para cubrir las necesidades principales de las familias en la comunidad Buena Vista, iluminación y/o entretenimiento; además, pueden ampliarse de

tamaño, según las necesidades energéticas de los consumidores, gracias a la versatilidad de la tecnología fotovoltaica. f) La determinación del consumo eléctrico real permitió que los sistemas diseñados integraran en sus cálculos las posibles pérdidas de energía en el cableado, baterías, inversor, módulos fotovoltaicos; evitando así la subestimación de los sistemas. g) El sistema fotovoltaico del usuario tipo 1 tiene una capacidad de acumulación menor al sistema fotovoltaico del usuario tipo 2, debido a que, este último genera mayor energía, por lo que se utilizarán 2 baterías de 12 V, con capacidad de 200 Ah C10, cada una, mientras que el primero utilizará 1 batería. h) Los costos de los equipos y cableado se presentan en moneda extranjera (dólar) debido a que es la moneda con mayor circulación después de la moneda nacional quetzal. i) Indudablemente, el subsistema de acumulación es imprescindible en un sistema aislado, ya que con la presencia de baterías se hará frente a los requerimientos energéticos cuando la radiación sea mínima o nula. j) Es importante no sobredimensionar ninguno de los subsistemas, especialmente el subsistema de acumulación, de existir un sobredimensionamiento de éste, es posible que el subsistema de captación no genere suficiente energía para cargar las baterías, acortando con esto la vida de las baterías.

Valdiviezo realizó la investigación **“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A 15 COMPUTADORAS PORTÁTILES EN LA PUCP”**, cuyo objetivo es fomentar el interés e investigación en energía renovable por parte de la comunidad con estudios superiores, mediante el diseño de un sistema fotovoltaico aislado para abastecer a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Para ello, dimensionó la cantidad de baterías, paneles fotovoltaicos, inversores y

controladores a emplear, resultando que el sistema involucra: 12 baterías 250 Ah/12V (3 ramales de 2 paralelo y 2 en serie), 24 paneles de 150 Wp. (3 ramales de 4 paralelo y 2 en serie), 3 controladores de 50A y 24V y 1 inversor 24V/230V-1200 W. Asimismo, estimó la distancia y características de los cables de acuerdo a la ubicación y cargas, y dimensionó los elementos de protección mediante la IEC 60364-5-52 "Instalaciones eléctricas en edificios". También, diseñó la estructura y realizó cálculos justificativos de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), se emplea el método AISCLRFD. Además, realizó una simulación estática de la estructura final en ANSYS y se verifica el cumplimiento en cuanto a deflexiones y esfuerzos; se realiza un listado de materiales y recomendaciones para el montaje. Concluyó:

- a) Los resultados económicos muestran que si no se toman en cuenta incentivos económicos gubernamentales o institucionales por generación de energía limpia, el proyecto no será rentable económicamente.
- b) La factibilidad del proyecto no debe ser una decisión netamente económica. Se deben tomar en cuenta varios factores como los citados a continuación: Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), Fomentar el interés del uso e investigación de los recursos energéticos renovables (RER), Estrategia de marketing institucional, Adaptación para ser utilizado como un laboratorio experimental.
- c) Se requerirá una inversión inicial de cerca de S/. 70000.00 tener operativa una instalación fotovoltaica aislada que sea capaz de suministrar suficiente energía eléctrica para 15 computadoras portátiles o su equivalente, en la PUCP.
- d) La implementación de esta instalación permitirá que los alumnos puedan acceder a registros históricos de datos de generación de energía fotovoltaica, y obtengan experiencia práctica del funcionamiento y capacidad de la misma.

Carillo y Morales realizaron una investigación cuyo título es: **“ESTUDIO PARA LA ELECTRIFICACIÓN CON ENERGÍAS ALTERNATIVAS, UTILIZANDO CELDAS FOTOVOLTAICAS PARA ELECTRIFICAR EL POBLADO DE CAÑADA COLORADA, MUNICIPIO DE APAXCO, ESTADO DE MÉXICO”**, los objetivos planteados son: conocer las características principales y beneficios que puede aportar la energía fotovoltaica, como fuente de energía alternativa; aplicar la tecnología fotovoltaica para resolver la problemática de electrificación en comunidades rurales; y observar los beneficios proporcionados a la comunidad rural a través de las celdas solares fotovoltaicas. De acuerdo a las características climatológicas y el tipo de índice solar que se presenta en esta región además de los datos recopilados en el proceso del proyecto, presentan los cálculos que ayudaron a determinar el tipo de sistema fotovoltaico que se instalará en cada una de las viviendas que carecen de energía eléctrica, consideraron como referencia la casa del Sr. Fabián López Chávez, determinaron las dimensiones del bastidor a través de las medidas de los paneles, dejaron un espacio de 0.30 m a lo largo y de 0.50 m a lo ancho, con una distancia aproximada entre los paneles de 1 m, porque estos en funcionamiento incrementan su temperatura y esto influye en el rendimiento del panel solar. Llegaron a la conclusión que el trabajo realizado consiste en solucionar el problema del suministro de energía eléctrica en la comunidad de Cañada Colorada, que se encuentra localizada en el municipio de Apaxco Estado de México, la cual no cuenta con este fluido en pleno siglo XXI, sinónimo de desarrollo para el hombre. En dicho trabajo se incluyeron: Conocer las características principales y los beneficios que nos ofrece la energía fotovoltaica, aplicar la energía fotovoltaica para solucionar la necesidad de electrificación en comunidades rurales como Cañada

Colorada, observar los resultados y beneficios que se obtendrán si se realizara este proyecto en la comunidad mencionada anteriormente, entre los cuales podemos mencionar: seguridad, comunicación, educación, conservación de alimentos y recreación. El estudio, además permite visualizar que es posible utilizar con éxito fuentes alternativas de energía eléctrica, para ayudar a la conservación del medio ambiente. Así mismo, gestionaron en SEDESOL, con la idea de obtener recursos económicos (\$1,300,000.00) para la adquisición del equipo y con ello electrificar inicialmente 28 viviendas del poblado de Cañada Colorada.

Muñoz investigó la **“APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN ZONAS MARGINALES DEL PAÍS”**, se propuso conocer la conveniencia y viabilidad del uso de la energía solar mediante los sistemas fotovoltaicos para solucionar la falta de energía eléctrica de las comunidades rurales que se encuentran apartadas del sistema interconectado nacional, con el propósito fundamental de promover la elaboración de proyectos destinados a atender las necesidades eléctricas básicas de los poblados marginales, con el uso de los sistemas solares fotovoltaicos. El sistema fotovoltaico que diseñó es para suministrar energía eléctrica necesaria en el funcionamiento de pequeñas máquinas (máquinas de coser, de tejer, licuadoras, pequeños molinos, etc.), lo que permite mejorar las condiciones sociales y económicas de estas comunidades. El sistema proporciona energía a 220 VAC, el mismo que deberá contar un sistema de protección mediante la instalación de un pozo a tierra menor o igual a 10Ω . La resistencia se medirá al instalarse los equipos. La estructura de soporte fue fabricada de perfiles de acero galvanizado y/o aluminio, con un ángulo de inclinación de 15° ; esta estructura puede apoyarse

sobre el techo de la caseta, en el suelo o sobre un poste según se crea conveniente, así mismo es necesario ubicar el norte geográfico y orientar la estructura hacia el norte, procediendo al montaje de los módulos solares. La inclinación adecuada y la orientación hacia el norte de los paneles solares van a permitir captar la mayor cantidad de energía al año. El cable de bajada del arreglo solar se sujetará adecuadamente a la estructura y al poste, evitando que pueda vibrar con la fuerza del viento y aflojarse, ocasionando problemas en las conexiones. Todas las conexiones aéreas se deben hacer con los elementos de sujeción adecuados (Cintillos de plástico). La distancia entre el arreglo solar y el controlador debe ser menor a 10 metros, para disminuir las pérdidas por el conductor. Concluyó que: a) El Sol posee una elevada calidad energética no contaminante y renovable que permite usos variados y efectivos, es inagotable a escala humana y no necesita de mucho espacio para ser utilizada. La energía solar puede ser utilizada de una manera muy fácil para la generación de energía eléctrica; además, no requieren sofisticar las medidas de seguridad, y no produce residuos tóxicos de difícil o imposible tratamiento o eliminación. b) Las desventajas del uso de esta energía son despreciables al compararla con el inmenso beneficio de la explotación de esta misma, por lo tanto, debemos considerarla como una buena alternativa al momento de elegir y así contribuiremos con un planeta más limpio y podremos aprovechar un recurso natural y de fácil procesamiento. c) La utilización de la energía solar mediante sistemas fotovoltaicos, tiene un gran futuro como un tipo de energía alternativa. Además con el avance de la tecnología se disminuirá el costo por panel así como su instalación, dando así una mayor accesibilidad para familias de sectores rurales. d) Una de las aplicaciones más importantes de estos sistemas es la electrificación de zonas rurales, en las cuales no es posible hacer

llegar la red de energía eléctrica convencional. Por tanto en estos lugares es mejor instalar sistemas fotovoltaicos donde uno o varios paneles solares carguen baterías para que posteriormente la energía almacenada en estas pueda ser utilizada por dispositivos convencionales (televisiones, radios, fluorescentes, etc). e) La capacitación técnica y adecuada de los pobladores para la utilización, control y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos es necesario para el correcto funcionamiento de estos sistemas y puedan cumplir de esta manera con su ciclo de vida útil. f) Los sistema fotovoltaicos son confiables y duraderos, no ocasionan ningún desequilibrio al ambiente y son competitivos cuando la cantidad de energía demanda es pequeña y los sitios son lejanos o es difícil llegar a ellos no teniendo acceso a la red eléctrica. g) La sostenibilidad de los proyectos tendrá por un lado la participación del Estado en cuanto a los subsidios, y por otro la inteligencia de los propios inversionistas para hacer rentables los proyectos. h) Este proyecto permitirá el desarrollo social, cultural y económico de las comunidades nativas de la cuenca de los ríos Purus y Curanja, mejorando su infraestructura de servicios básicos, sustituyendo las velas o mecheros por el sistema de iluminación fotovoltaica, permitiendo el acceso a la información, a través de la radio y televisión, a una educación de mejor calidad y a la generación de pequeños procesos productivos; utilizando para ello la energía solar. i) La sostenibilidad del proyecto solo podrá garantizarse si a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto contamos con un plan de desarrollo comunitario, el cual permitirá que las comunidades beneficiarias se identifiquen con el proyecto, tomando conciencia de su responsabilidad e importancia para el éxito del mismo. j) La provisión de servicios eléctricos rurales no es una empresa complicada, pero requiere considerable experiencia y puede ser muy intensiva en materia de inversión de

capital. Estos proyectos son más exitosos cuando las instituciones no se ven sobrecargadas con costosos sistemas administrativos y cuando están bien capacitadas y preparadas para ofrecer un servicio de calidad a precios razonables.

2.1.2 Referencias Históricas

El físico francés Edmund Becquerel, descubrió la célula fotovoltaica en el siglo XIX y el invento empezó a aplicarse en el siglo XX, el efecto fotovoltaico mientras efectuaba experimentos con una pila electrolítica de dos electrodos sumergidos en una sustancia electrolítica. Esta pila aumentó su generación de electricidad al ser expuesta a la luz. A fines del siglo XIX científicos tales como W. Smith, W Adas y R. Day descubren la fotoconductividad del selenio y construyen la primera celda experimental hecha de una oblea de selenio. En 1904 Resultados de búsqueda Albert Einstein publica su paper acerca del efecto fotovoltaico (junto con su paper de la teoría de la relatividad), por este documento es galardonado en 1921 con el Premio Nobel. Recién en 1941 se construye un dispositivo que puede ser llamado “celda solar”, fue fabricada de selenio y tenía una eficiencia del 1%. La compañía Western Electric fue la primera en comercializar las celdas solares en 1955.

Mientras tanto científicos de diversas partes del mundo realizaban experimentos en combinaciones como el cobre y óxido cuproso, en Silicio Monocristalino, en Cadmio – Silicio, Germanio Monocristalino. En ese mismo año a la U.S. Signal Corps le fue asignada la tarea de construir fuentes de poder para satélites espaciales. Los estudios de esta compañía comenzaron con celdas de una eficiencia de un 4,5%, y en tres años lograron que esta eficiencia subiera hasta un 9%. Fue entonces cuando en 1958 fue lanzado al espacio el primer satélite que utilizaba celdas fotovoltaicas, el Vanguard I. Éste tenía

un sistema de poder de 0,1 W, en aproximadamente 100 cm² y estuvo operativo por 8 años. Ese mismo año se lanzaron 3 satélites con esta misma tecnología, el Explorer III, el Vanguard II y el Sputnik-3. Desde este año las celdas solares aumentaron su utilización en naves espaciales, y el aumento de eficiencia seguía subiendo a pasos agigantados. Fue así como en 1960 Hoffman Electronics conseguía fabricar una celda con un 14% de eficiencia. Aun cuando para la NASA fuese más importante la seguridad que el costo en sus naves espaciales, y por ende utilizaba celdas solares, en la tierra la energía fotovoltaica era 50 veces más cara que cualquier fuente convencional de generación, por lo que fue excluida para el uso terrestre. En la década de los sesenta, la potencia instalada de las celdas solares de las naves espaciales y satélites alcanzaba a 1 KW. En 1973 se produce el embargo de petróleo impuesto por la OPEC, con lo cual se inicia una política de investigación del uso de celdas solares en la Tierra, se destinan fondos por sobre los 300 millones de dólares por año, y se comienza a investigar nuevos materiales para la construcción de las celdas, tales como el silicio policristalino, las celdas de película delgada, combinaciones CdS/Cu₂ y Silicio amorfo, con el fin de abaratar los costos de éstas. En esta misma década comienza la NASA a instalar sistemas de generación fotovoltaica por todo E.E.U.U. para fines de refrigeración, iluminación de calles, iluminación clínica y aparatos de televisión, bombeo de agua, etc... A principios de los años 80, la compañía ARCO Solar fabricaba más de 1 MW de celdas solares por año. Es el comienzo de la masificación de módulos de 1,4 a 6 KW en torres de departamentos, áreas apartadas del tendido eléctrico, centros comerciales y prototipos de automóviles. La producción mundial de celdas en el año 1982 era de 9,3 MW y en 1983 de 21,3 MW, haciendo que se duplique la producción en sólo

un año, y alcanzando ventas de alrededor de US\$ 250 millones. En 1985 se alcanzaba un 20% de eficiencia en celdas fotovoltaicas, y existían módulos en todas partes del mundo: E.E.U.U., Australia, España, Kenya, Alemania, Ecuador, Japón por nombrar algunos. En Chile se instalaron los primeros módulos en la década de los setenta, principalmente en lugares rurales con módulos de 50 W y baterías de 150 Ah suministrando energía a artefactos de 12 V. Ya en los noventa ARCO Solar es comprada por Siemens, formando Siemens Solar Industries, una de las firmas de mayor producción de celdas solares a nivel mundial. A principios de esta década se instala en la Antártica un sistema de 0,5 KW con baterías de 2,4 KWh para suministrar energía a equipos de un laboratorio. En 1996 comienzan estudios para la utilización de cobre-indio-diselenio en celdas, y de celdas súper eficientes. A fines del siglo pasado en Grecia se aprueba la instalación de una planta de 5 MW en Creta, de un proyecto de 50 MW de la empresa Enron Solar. Aun cuando este proyecto era magno, ya estaba en funcionamiento en California una planta de 6,5 MW produciendo alrededor de 12 millones de kWh por año, suministrando energía a cerca de 2.500 hogares como promedio. Hoy en día las celdas fotovoltaicas son utilizadas en prácticamente todo el mundo, generan el 2,1 % de la energía necesaria para mover al mundo, una industria que en 25 años pasó de producir casi nada a fabricar 70-80 MW anuales y con un costo por W que bajó desde los US\$ 50 hasta los 5 US\$/W, con alrededor de 40 MW conectados a la red eléctrica.

2.2 Marco Legal

2.2.1 Ley

- **Decreto Legislativo N° 1002**

Ley de Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables

Esta ley tiene por objeto promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables (RER) para mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente, mediante la promoción de la inversión en la producción de electricidad.

El presente Decreto Legislativo es de aplicación a la actividad de generación de electricidad con RER que entre en operación comercial a partir de la vigencia del presente Decreto Legislativo. La obtención de los derechos eléctricos correspondientes, se sujeta a lo establecido en el Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas, su Reglamento y normas complementarias.

Podrán acogerse a lo dispuesto en el presente Decreto Legislativo las nuevas operaciones de empresas que utilicen RER como energía primaria, previa acreditación ante el Ministerio de Energía y Minas.

- **Decreto Legislativo N° 28749**

Ley general de electrificación rural

La presente Ley tiene por objeto establecer el marco normativo para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

2.2.2 Decreto Supremo

- **Decreto Supremo N° 012-2011-EM**

Decreta:

Derogase el Reglamento de la Generación de Electricidad con energías Renovables, aprobado por el Decreto Supremo N° 050-2008-EM.

La potencia firme de cada una de las unidades generadoras del sistema se calculará según los siguientes criterios y procedimientos:

- a) Para alcanzar o acercarse a la máxima demanda en los sistemas eléctricos donde la suma de las potencias firmes de las unidades de generación de las diferentes tecnologías no llegue a cubrir la máxima demanda del sistema a nivel generación, se seguirá el siguiente procedimiento secuencial: i) se disminuirán las exigencias en el número de horas de regulación, ii) se reducirá la probabilidad de excedencia hidráulica, y iii) se disminuirá la indisponibilidad de las centrales térmicas e hidráulicas.
- b) La Potencia Firme de las centrales RER se determina de la siguiente manera: i) Para las centrales RER hidráulicas se calcula conforme el inciso b) del presente artículo. ii) Para las centrales RER que utilizan tecnología biomasa o geotérmica se calcula conforme al inciso a) del presente artículo, salvo que se trate de centrales de cogeneración, en cuyo caso la Potencia Firme se determina conforme al Reglamento de Cogeneración, aun cuando no sean “Centrales de Cogeneración Calificadas”. iii) Para las centrales RER que utilizan tecnología eólica, solar o mareomotriz, la Potencia Firme es igual a cero (0).

Los procedimientos para todos los casos serán propuestos por el COES al OSINERGMIN.

- **Decreto Supremo N° 020-2013-EM**

Aprueban Reglamento para la Promoción de la Inversión Eléctrica en Áreas No Conectadas a Red

El Reglamento tiene por objeto establecer las disposiciones reglamentarias necesarias para la adecuada aplicación de la Ley a fin de promover el aprovechamiento de los Recursos Energéticos Renovables para mejorar la calidad de vida de la población ubicada en las Áreas No Conectadas a Red.

Los aspectos no previstos en el presente Reglamento se sujetan a lo dispuesto por la LCE, el RLCE y demás normas aplicables, en tanto no se opongan a lo dispuesto por la Ley y el presente reglamento.

- **Decreto Supremo N° 050-2008-EM**

Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables

El Reglamento tiene por objeto establecer las disposiciones reglamentarias necesarias para la adecuada aplicación de la Ley a fin de promover el desarrollo de actividades de producción de energía eléctrica a base del aprovechamiento de RER.

Los aspectos no previstos en el presente Reglamento se sujetan a lo dispuesto por la LCE, el RLCE y demás normas aplicables, en tanto no se opongan a lo dispuesto por la Ley y el presente Reglamento.

- **Decreto Supremo N° 011-2009-EM**

Modifican Decreto Supremo N° 025-2007- EM, Reglamento de la Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural

La evaluación y aprobación del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) estará a cargo de la autoridad competente de acuerdo a las normas ambientales y de descentralización vigentes. Sin embargo, si las obras de un SER abarcan 2 o más departamentos o regiones, la DGAAE será la autoridad competente.

Respecto al contenido de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) ésta deberá presentarse de acuerdo al contenido mínimo de la DIA para ejecución de proyectos de Electrificación Rural, los cuales forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

El plazo máximo para evaluar, aprobar o desaprobado la DIA para los proyectos de Electrificación Rural, será de quince (15) días calendario y el

plazo para que el titular del proyecto absuelva las observaciones formuladas será de cinco (5) días calendario.

A efectos de cumplir con el proceso de participación ciudadana, las Declaraciones de Impacto Ambiental serán puestas en el portal web de la autoridad encargada de su evaluación por un plazo de siete (07) días calendario y en el caso de los estudios de impacto ambiental, se regirán por lo dispuesto en la Resolución Ministerial N° 535-2004-MEM-DM.

Contenido mínimo de la declaración de impacto ambiental (DIA) para ejecución de proyectos de electrificación rural

1.- Objetivo

Definir los contenidos y parámetros mínimos de la Declaración de Impacto Ambiental para la ejecución de obras de los Proyectos de Electrificación Rural desarrollados en el Marco de la Ley General de Electrificación Rural y su Reglamento con el objeto de contribuir al desarrollo sostenible de las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del Perú.

2.- Ámbito de Aplicación

Las instalaciones eléctricas de distribución y generación de energía eléctrica que serán ejecutadas en base a las siguientes alternativas tecnológicas de suministros eficiente de energía a las zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país:

- Líneas y redes eléctricas de distribución normalizadas para Sistemas Eléctricos Rurales hasta 36 kV
- Pequeñas Centrales Hidráulicas hasta una potencia de 500 kW
- Pequeñas centrales térmicas hasta una potencia de 500 kW
- Pequeñas centrales de generación Eólica hasta una potencia de 500 kW.
- Sistemas fotovoltaicos para Sistemas Eléctricos Rurales
- Combinación de las tecnologías anteriores.

3.- Entidades Competentes

En el marco de las transferencias de funciones sectoriales en materia de energía aprobadas mediante Resolución Ministerial N° 550-2006-MEM/DM, Resolución Ministerial N°009-2008-MEM/DM, Resolución Ministerial N° 046-2008-MEM/DM y Resolución Ministerial N° 121-2008-MEM/DM y Resolución Ministerial N° 145-2008-MEM/DM las entidades competentes ante las cuales se presentará la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) serán las Direcciones Regionales de Energía y Minas - DREMs en cuya área de influencia se desarrolla el Proyecto de Electrificación Rural. Sin embargo, en el caso de que el proyecto de Electrificación Rural abarque 2 o más departamentos o regiones, la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) se presentará a la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos-DGAEE del Ministerio de Energía y Minas.

El plazo para evaluar y de ser procedente su aprobación de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) para los Proyectos de Electrificación Rural será 15 días calendario y el plazo para que el Titular del Proyecto levante las observaciones formuladas será 5 días calendario.

Los contenidos del presente documento se aplicaran a todas las instalaciones que serán ejecutadas por las entidades competentes en materia de electrificación rural, siempre que la tecnología sea la indicada en el numeral anterior.

4.- Marco Normativo Principal de Referencia.

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Ley N° 27446, Ley del sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Decreto Legislativo N° 1013, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- Ley N° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.
- Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas

- D.S. N° 038-2001-AG, Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas
- Ley N° 27314 , Ley General de Residuos Sólidos
- Decreto Supremo N° 029-94-EM, Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas.
- Ley N° 28749, Ley General de Electrificación Rural.
- D.S. N° 025-2007- EM, Reglamento de la Ley General de Electrificación Rural.
- D.S. N° 031-2007-EM, Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Energía y Minas.
- Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas
- Ley N° 27783. Ley de Bases de Descentralización
- Resolución Ministerial N° 535-2004-MEM-DM,
- Reglamento de Participación Ciudadana para la realización de Actividades Energéticas dentro de los Procedimientos Administrativos de Evaluación de los Estudios Ambientales.

2.2.3 Norma técnica.

- **Norma Técnica de Edificación EM080**

Instalaciones con Energía Solar

1.- Generalidades

En el aprovechamiento de la energía solar está contemplada la adopción de nuevas tecnologías para optimizar su uso.

La transformación para obtener el calentamiento de agua o de ambientes así como suministro eléctrico son formas de economizar energía y contribuir a disminuir la contaminación ambiental.

2.- Objeto: El presente Proyecto de Actualización establece las mínimas condiciones técnicas que se deben incluir en el diseño y construcción de una vivienda en las que se incluya el aprovechamiento de energía solar.

3.- Campo de aplicación

La presente norma de aplicación obligatoria a nivel nacional describe las especificaciones técnicas y los procedimientos constructivos básicos que deben cumplir las viviendas que incluyan sistemas solares fotovoltaicos y fototérmicos (para el calentamiento del agua).

Se recomienda a aquellos que realicen acuerdos basándose en ella, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas en las referencias normativas.

4. Referencias normativas.

- Norma Técnica de Edificación IS.010 Instalaciones sanitarias para edificaciones.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.482 2007: Sistemas de Calentamiento de Agua con
- Energía Solar. Procedimiento para su instalación eficiente.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.404 2006: Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar. Fundamentos para su dimensionamiento eficiente.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.403 2006: Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp.
- Especificaciones Técnicas y Método para la Calificación Energética.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.400 2001: Colectores Solares. Método de ensayo para determinar la eficiencia de los colectores solares
- Resolución Ministerial R.M. N° 037-2006-MEM/DM Código Nacional de Electricidad
- Resolución Directoral N° 003-2007-EM/DGE: Reglamento Técnico Especificaciones
- Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural.

- Resolución Ministerial R.M. N° 091-2002-EM/VME Norma DGE Terminología en Electricidad y Símbolos Gráficos en Electricidad.

5.- Consideraciones generales en la edificación para instalaciones de energía solar.

- Sistemas fototérmicos

En este punto se muestra específicamente las mínimas condiciones técnicas que en la construcción de una vivienda se deben prever para la instalación y mantenimiento de termas solares.

Lugar de ubicación

Las termas solares se pueden disponer en terrazas, techos, patios, o cualquier área donde se pueda instalar una estructura adecuada que sirva de apoyo y soporte de la terma solar a instalar teniendo en cuenta que no deben existir elementos que obstaculicen la incidencia de los rayos solares sobre el área colectora o que puedan interferir en su buen funcionamiento (vegetación, nieve, tierra, construcciones cercanas, cables aéreos, etc.) y así reduzcan su rendimiento térmico.

- Debe preverse mediante cálculos que la carga de la terma solar no afecte la resistencia del lugar de ubicación sobre el que se disponga.
- Su ubicación no debe conllevar ningún riesgo para la salud de las personas por lo que se tiene que dejar libre las rutas de escape en caso de emergencias.
- Según las dimensiones de la terma solar, deben dejarse las circulaciones y espacios adecuados para el correcto traslado, mantenimiento y limpieza de todos los elementos que la componen.
- Deben ubicarse próximas a los suministros de agua fría y/o caliente así como al sistema de desagüe (este caso se utiliza en el momento de la limpieza del colector).
- Para una alta confiabilidad se recomienda el uso de termas que tengan la opción de funcionamiento alterno (electricidad, gas u otros).

Por lo tanto deben ubicarse próximas a un punto de salida de gas, eléctrica u otros.

- Los colectores y soportes, deben instalarse de tal modo que el agua que fluya sobre su superficie, no dañe la edificación ni cause erosión prematura de los techos.

Orientación e inclinación

Los colectores solares planos deben estar orientados hacia el norte y mantener un ángulo de inclinación equivalente a la latitud del lugar de instalación más 10°.

Estructura de soporte

- La estructura de soporte de los colectores y del tanque de almacenamiento deben ser fijados a elementos estructurales del techo o de la superficie donde se instalen, mediante el uso de piezas de fijación de tamaño adecuado.
- La estructura de soporte debe estar orientado hacia el norte y mantener un ángulo de inclinación equivalente a la latitud del lugar de instalación más 10grados.
- Los soportes deben proveer un adecuado paso y sujeción de la tubería.
- Cuando se requiera el paso de algún componente del sistema fototérmico a través de partes estructurales de la edificación, las modificaciones deben cumplir con lo previsto en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Esta recomendación tiene por objeto prevenir el eventual efecto debilitador del paso de tuberías, canales, ductos con conductores eléctricos y otros equipamientos mecánicos sobre partes estructurales, superando las cargas admisibles.

Superficie y peso

El tanque para almacenamiento de agua de la terma solar debe instalarse de modo que no exceda los límites de carga del diseño estructural del piso

u otros elementos de soporte y se montará en posición vertical u horizontal, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Para el cálculo de la capacidad del tanque para almacenamiento se seguirá lo indicado en la norma la norma IS.010 Instalaciones sanitarias para edificaciones.

Protecciones y elementos de seguridad

Las instalaciones y conexiones de agua fría o caliente (excepción de las conexiones entre colector y tanque) deberán seguir lo estipulado en las normas señaladas en III.3 Instalaciones sanitarias del Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Las instalaciones y conexiones de electricidad o gas deberán seguir lo estipulado en las normas EM010 Instalaciones eléctricas interiores y EM040 Instalaciones de gas, incluidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Se recomienda que el acabado de la superficie o techo donde se instale el tanque de almacenamiento debe tener una protección o acabado final que resista de manera óptima las filtraciones de agua en caso de rotura del tanque.
- Las partes metálicas de los componentes sometidos a la acción de la electricidad, con los que pueda darse el contacto humano, se deberán conectara un sistema eléctrico de puesta a tierra según Código Nacional de Electricidad– Utilización.
- Sistemas fotovoltaicos

Datos técnicos

En las siguientes tablas se muestran las características técnicas mínimas de los módulos fotovoltaicos que deberán ser proporcionados por el proveedor.

Tabla 1: Características físicas de los módulos fotovoltaicos

Características físicas	Unidades
Altura	milímetros (mm)
Ancho	milímetros (mm)
Espesor	milímetros (mm)
Peso	kilogramos (Kg)

Fuente: NTE EM080

Tabla 2: Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.

Características eléctricas	Unidades
Potencia pico (Pmax)	Watt (W)
Corriente Cortocircuito (Isc)	ampere (A)
Tensión circuito abierto (Voc)	volt (V)
Corriente máxima potencia (Imax)	ampere (A)
Tensión máxima potencia (Vmax)	volt (V)

Fuente: NTE EM080

Lugar de ubicación

- Los paneles o módulos fotovoltaicos se pueden instalar en terrazas, tejados, patios, ventanas, balcones, paredes, cornisas, postes, etc. teniendo muy en cuenta que no deben existir obstáculos que les puedan dar sombra (como vegetación, nieve, tierra, elementos constructivos, otras edificaciones cercanas, otros módulos, etc.) al menos durante las horas centrales del día.
- Si se permite el montaje en los tejados, considere una separación adecuada entre los módulos y el tejado ó cubierta para permitir la circulación del aire.

- Los paneles deben ser montados de tal manera que tengan un fácil acceso a los servicios de limpieza, mantenimiento así como los espacios mínimos para una buena circulación de los usuarios. Esto también se aplica a la batería y al controlador.
- Los paneles no deben colocarse cerca de fuentes contaminantes como chimeneas industriales de combustión, carreteras polvorientas, etc. así como de elementos de almacenamiento de agua para evitar el deterioro del panel fotovoltaico.
- De preferencia los paneles deben ubicarse cerca de los lugares donde se ubicaran la unidad de control, la batería y el uso final, para evitar cables largos que elevan el costo y originan pérdidas de disipación.
- La unidad de control y batería de almacenamiento deben instalarse dentro de un espacio que pueda soportar las inclemencias del clima, los golpes, etc. y que tenga suficiente ventilación natural. Evitar los lugares expuestos directamente a la luz del sol.
- Si la batería de almacenamiento tiene electrolito líquido debe ubicarse en un ambiente aislado que evite el contacto de los gases emanados con los componentes electrónicos.
- Deben tomarse precauciones para evitar el cortocircuito accidental de los terminales de la batería.
- La instalación de los cables debe cumplir con lo estipulado en el Código Nacional de Electricidad.
- Los cables deben asegurarse a las estructuras de soporte o a las paredes, para evitar esfuerzos mecánicos sobre otros elementos de la instalación eléctrica (cajas de conexión, balastos, interruptores, etc.).
- Así mismo, su ubicación no debe conllevar ningún riesgo para la seguridad y la salud de las personas por lo que se tiene que dejar libre las rutas de escape encaso de emergencias.

Orientación e inclinación

- La orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos debe analizarse de tal modo que reciba una óptima radiación solar para el abastecimiento eléctrico de la vivienda de acuerdo con los usos y necesidades.
- Los paneles fotovoltaicos estacionarios deben estar orientados hacia el norte y mantener un ángulo de inclinación equivalente a la latitud del lugar de instalación más 10°.

Estructura de soporte

- Si el montaje se hace sobre la cobertura o tejado, las estructuras de soporte no deberán fijarse a las tejas o a las calaminas, sino a las vigas u otro elemento de la estructura de la vivienda.
- La estructura del techo o marco de soporte así como el anclaje de los paneles deben ser lo suficientemente fuertes para soportar las cargas extras como las del viento (especialmente en áreas donde se dan ventiscas o tormentas). Como el panel es rectangular, la mínima fuerza de palanca ejercida por el viento se tiene cuando el lado más largo es paralelo a la superficie de montaje (suelo o techo).
- En caso de utilizarse estructuras metálicas, éstas deberán pintarse con un esmalte anticorrosivo no contaminante para proteger la integridad del panel fotovoltaico. Si se quiere utilizar ángulos de acero galvanizados y no vive cerca del mar (aire salino) puede usar ferretería de acero. En todos los casos se deberán sellar adecuadamente las perforaciones hechas en las azoteas para no perjudicar la impermeabilización del mismo.
- Si ubica una estructura de soporte sobre el techo, considere una separación adecuada entre los paneles y el techo, para facilitar su ventilación. Esta recomendación es muy importante si el techo es metálico. Para techos que no son planos, el ángulo de inclinación del soporte debe incluir el del techo. Si vive en la montaña y nieva

considerablemente, el sostén debe tener una altura superior al máximo previsto para la acumulación de nieve, para evitar el sombreado de las células. En estos lugares, coloque el lado más corto del panel fotovoltaico paralelo al suelo, a fin de que la nieve resbale al calentarse el mismo.

- Debe tomarse en cuenta que el cálculo y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos permita las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los paneles fotovoltaicos.
- El diseño de las estructuras de soporte debe facilitar la limpieza de los módulos fotovoltaicos y la inspección de las cajas de conexión.

Superficie y peso

- Superficie

La superficie que se requiere para una instalación con paneles fotovoltaicos depende de la irradiación solar del lugar, de la potencia y energía que se requiere suministrar así como de las características técnicas del módulo fotovoltaico.

Para cálculos preliminares de diseño arquitectónico se puede considerar que para cada kWp de paneles fotovoltaicos se requiere una superficie aproximada de 10 m².

- Peso

El peso del panel fotovoltaico varía de acuerdo a la superficie que ocupa. Se puede considerar un aproximado de 15 kg/m².

Por otro lado la estructura de soporte del panel fotovoltaico varía de acuerdo al material empleado (hierro, aluminio, madera, etc.), a la forma de anclaje, etc.

Hay que prever la resistencia de la superficie que la soporta como techos de torta de barro, concreto, paja, etc.

Protecciones y elementos de seguridad eléctrica

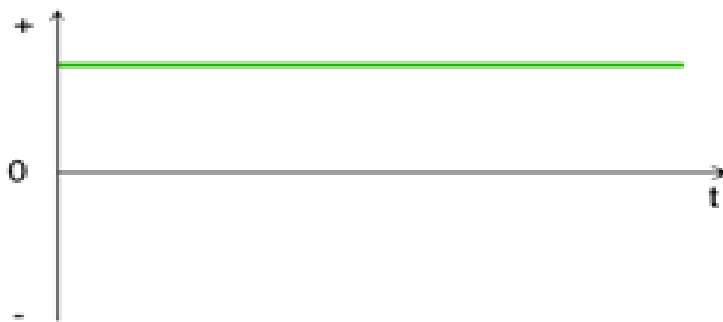
- La instalación fotovoltaica incorporará los elementos y las características necesarias para garantizar en todo momento la calidad y la seguridad del suministro eléctrico (frente contactos directos e indirectos, corto circuitos, sobrecargas, etc.) de modo que cumplan las directivas del Código Nacional de Electricidad.
- La toma a tierra debe ser conectada al marco metálico del panel fotovoltaico.
- De haber más paneles, conecte los marcos metálicos entre sí utilizando alambre conductor para puesta a tierra. El propósito de esta conexión es conducir cualquier carga eléctrica inducida en la superficie del panel a tierra, cuando se producen tormentas eléctricas. La misión de esta tierra no es actuar como pararrayo, sino conseguir que las cargas inducidas sobre la superficie del panel fotovoltaico se redistribuyan en una mayor superficie (tierra).
- Blindaje, si se quiere proteger los cables contra roedores puede usarse un blindaje mecánico usando una cobertura espirada flexible, estos blindajes deben ser cortados diagonalmente, paralelo al espiral, como los bordes son filosos y dispares se hace necesario terminar el blindaje usando conectores que protejan la zona del corte y, a la vez, puedan ser insertados en una de las partes removibles de las cajas de conexiones.

2.3 Marco Conceptual

Autoconsumo fotovoltaico: Hace referencia a la producción individual de electricidad para el propio consumo, a través de paneles solares fotovoltaicos. Esta práctica puede ser llevada a cabo por individuos, familias, empresas, centros públicos, etc., siempre y cuando la electricidad producida solo la utilicen los mismos. El sistema tecnológico que se utiliza para generar la electricidad es denominado sistema de autoconsumo. (Alonso, 2001)

Corriente continua: Es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial. A diferencia de la corriente alterna (CA en español, AC en inglés), en la corriente continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos). Aunque comúnmente se identifica la corriente continua con la corriente constante (por ejemplo la suministrada por una batería), es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad. (GreenFacts,2016)

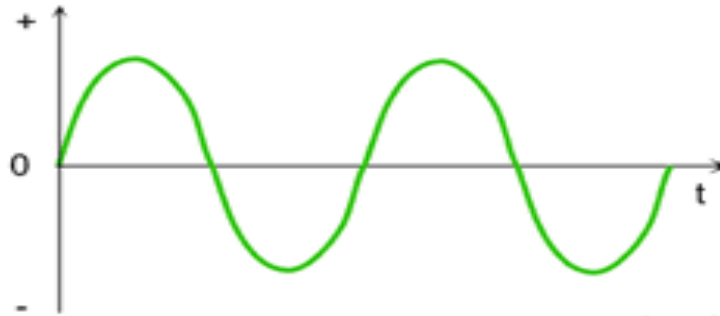
Gráfico 1: Intensidad de la corriente en función del tiempo – Corriente continua



Fuente: GreenFacts

Corriente alterna: Este tipo de corriente es producida por los alternadores y es la que se genera en las centrales eléctricas. La corriente que usamos en las viviendas en los enchufes es de este tipo. En este tipo de corriente, la intensidad varía con el tiempo (número de electrones) y además cambia de sentido de circulación a razón de 50 veces por segundo (frecuencia 50 Hz). También la tensión generada entre los dos bornes (polos) varía con el tiempo en forma de onda senoidal (ver gráfica), por lo que no es constante. Veamos cómo es la gráfica de la tensión en corriente alterna. (GreenFacts,2016)

Gráfico 2: Intensidad de la corriente en función del tiempo – Corriente alterna.



Fuente: Green Facts

Cortocircuito: Es una conexión entre dos terminales de un elemento de un circuito eléctrico, lo que provoca una anulación parcial o total de la resistencia en el circuito, lo que conlleva un aumento en la corriente que lo atraviesa. Una conexión de este tipo en una carga la desconectaría del circuito, causando que esta no sea atravesada por ninguna corriente y por consiguiente no disipe ninguna potencia. Para este caso la carga también deja de generar una caída de tensión en el circuito (Estupiñan,2011).

Ley de Ohm: En un circuito cerrado el voltaje, corriente eléctrica y la resistencia deben tener valores debidamente controlados para un buen funcionamiento del sistema. Una condición de cortocircuito queda determinada al eliminarse, desde el punto de vista práctico, la resistencia de consumo del circuito. (García, 2015), Según la ley de Ohm se tiene que:

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

Dónde:

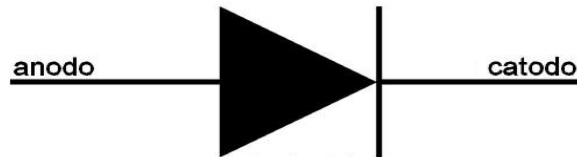
V: Tensión o voltaje, en volt (V).

I: Intensidad de la corriente, en ampere (A).

R: Resistencia de la carga o consumidor conectado al circuito (Ω).

Diodo: Componente eléctrico fabricado con una unión P-N, que tiene la particularidad de conducir la corriente eléctrica solo en un sentido (Wikipedia, 2016). Su símbolo es:

Figura 1: Símbolo de un diodo



Fuente: Motorola Master Selection Guide TVS/Zeners 5.2-1 TVS/Zeners Transient Voltage Suppressors Zener Regulator and Reference Diodes.

Efecto fotovoltaico: Se produce al incidir la radiación solar (fotones) sobre los materiales que definimos al principio como semiconductores extrínsecos. La energía que reciben estos provenientes de los fotones, provoca un movimiento caótico de electrones en el interior del material. (E. Lorenzo, 1994)

Iluminación: es la acción y efecto de iluminar. Este verbo hace referencia a alumbrar o dar luz y requiere siempre de un objeto directo, de algo o alguien a quien brindar su claridad. Se conoce como iluminación, por lo tanto, al conjunto de luces que se instala en un determinado lugar con la intención de afectarlo a nivel visual. (Pérez et al, 2009)

Leds: El LED, acrónimo de "Light Emitting Diode", o diodo emisor de luz de estado sólido (solid state), constituye un tipo especial de semiconductor, cuya característica principal es convertir en luz la corriente eléctrica de bajo voltaje que atraviesa su chip. Desde el punto de vista físico un LED común se presenta como un bulbo miniaturizado, carente de filamento o de

cualquier otro tipo de elemento o material peligroso, con la ventaja sobre otras tecnologías que no contamina el medio ambiente. (García, 2012)

Sobre carga: Se produce cuando a través de la línea eléctrica, circula una intensidad mayor que la intensidad nominal (intensidad para la cual está diseñada una línea, y la que absorben los aparatos cuando su funcionamiento es correcto). Se pueden producir por varios factores, como un fallo de aislamiento. Las sobrecargas también pueden producir daños importantes.(Tosatado, 2008). Dependiendo de dos factores: Valor en amperios de la sobrecarga y tiempo que dura la sobrecarga.

Tensión: O diferencia de potencial (también denominada voltaje^{1 2}) es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos. También se puede definir como el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas. Se puede medir con un voltímetro. Su unidad de medida es el voltio. (Lévy, 2004).

2.4 Marco Teórico

2.4.1 Energía solar

Es la energía que emana el núcleo del sol. Este tipo de energía es producto de una reacción nuclear de fusión producto de las condiciones de intensa gravedad a las que está sometido. Nuestro sol, al igual que todas las estrellas del universo, son enormes esferas gaseosas compuestas principalmente por hidrógeno que -en condiciones específicas- se funde para producir helio. Este proceso libera enormes cantidades de energía, las que brotan desde el corazón de las estrellas y viajan por el espacio por miles de millones de años.

El planeta tierra se encuentra relativamente cerca del sol y su luz y energía tardan alrededor de 8 minutos en viajar esta distancia. El sol emite radiación en casi todo el espectro electromagnético. La superficie del planeta que se encuentra expuesta a esta radiación recibe energía en diferentes formas:

La atmósfera y la magnetosfera filtran gran parte de la radiación solar nociva, pero dejan pasar las longitudes de onda correspondiente a la luz visible y al infrarrojo. Es por este motivo que lo que percibimos mayormente en la tierra es luz y calor. Esta energía ha sido y seguirá siendo el sostén para la vida y también la promotora de los más variados efectos sobre la superficie del planeta: entre otros, los vientos, la formación de nubes y lluvia o los cambios climáticos alrededor del globo.

Los cambios científico-tecnológicos modernos han llevado al hombre a buscar y construir las más diversas maneras de aprovechar esta energía y convertirlas en el soporte de la vida en la tierra. Debemos tener en cuenta que aún las formas de energía renovables como la energía hidráulica y la energía eólica -y también la energía de las olas del mar- son subproductos de la descarga de energía solar sobre la corteza terrestre. En estos momentos está siendo fuertemente optimizada la tecnología para extraer esta energía proveniente del sol y convertirla en energía de uso humano, como la electricidad y el agua caliente. (Vercelli, 2012).

- **Radiación solar**

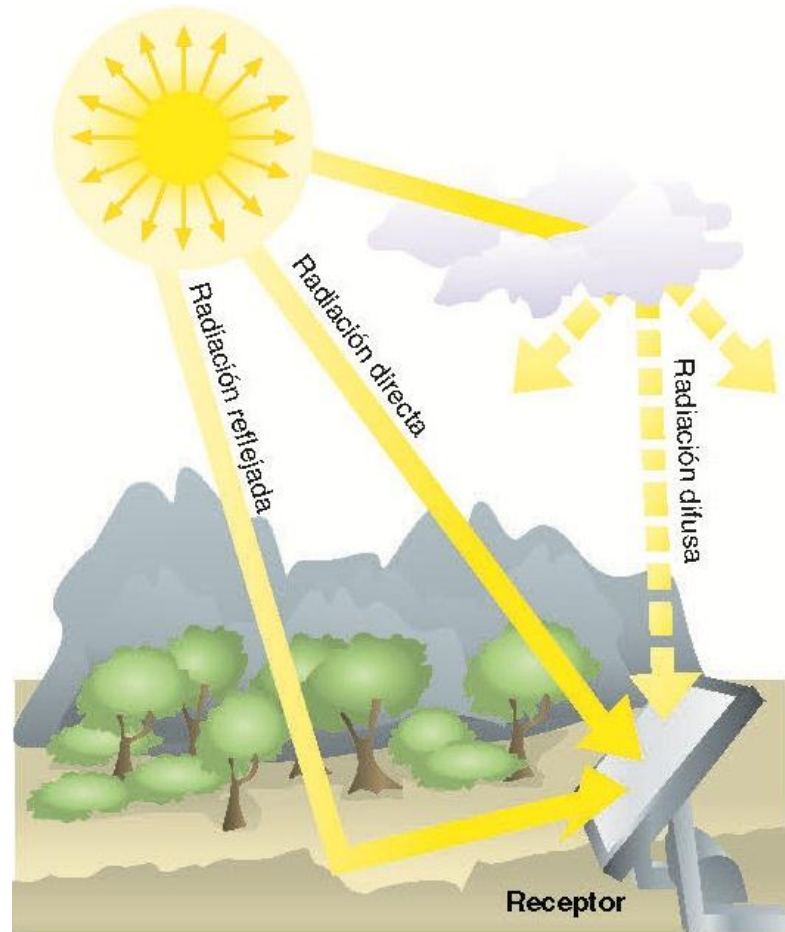
Es el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). Aproximadamente la mitad de las que recibimos, comprendidas entre $0.4\mu\text{m}$ y $0.7\mu\text{m}$, pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible. De

la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta. La porción de esta radiación que no es absorbida por la atmósfera, es la que produce quemaduras en la piel a la gente que se expone muchas horas al sol sin protección. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado piranómetro. En función de cómo reciben la radiación solar los objetos situados en la superficie terrestre (Sanz, 2010), se pueden distinguir estos tipos de radiación:

- **Radiación directa:** Es aquella que llega directamente del Sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección. Este tipo de radiación se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.
- **Radiación difusa:** Parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas. Esta radiación, que se denomina difusa, va en todas direcciones, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Este tipo de radiación se caracteriza por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.
- **Radiación reflejada:** La radiación reflejada es, como su nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna

superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben.

Figura 2: Tipos de radiación solar



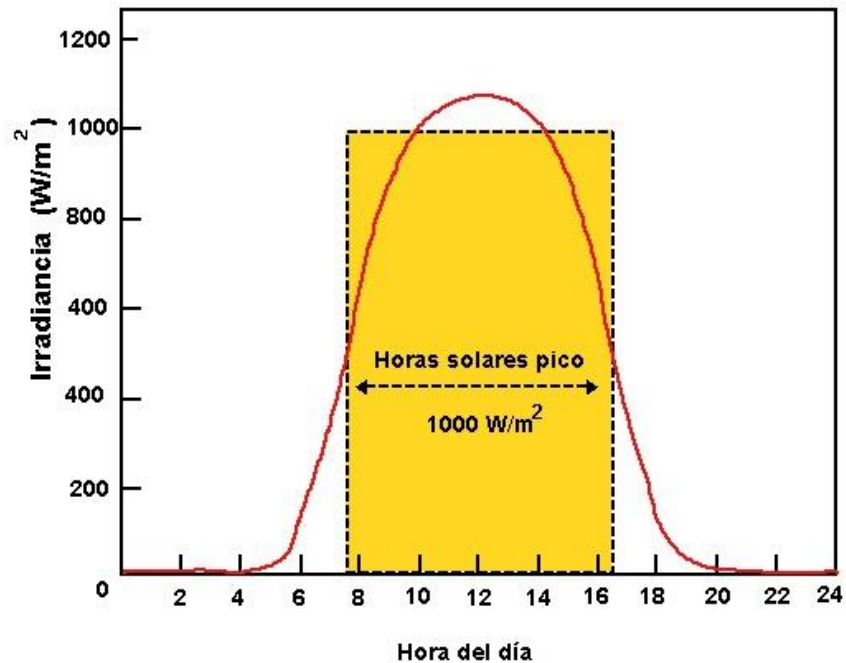
Fuente: Blasco, 2012

- **Horas sol pico (HSP)**

Para facilitar el proceso de cálculo en las instalaciones fotovoltaicas, se emplea un concepto relacionado con la radiación solar, que simplifica el cálculo de las prestaciones energéticas de este tipo de instalaciones, son las “horas sol pico” (HSP).

Se denomina HSP al número de horas diarias que, con una irradiancia solar ideal de 1000 W/m^2 proporciona la misma irradiación solar total que la real de ese día.

Gráfico 3: Horas sol pico



Fuente: Blasco, 2012

Es decir, si se dispone de los datos de irradiación solar de un determinado día y se divide entre 1000 , se obtienen las HSP. Se puede deducir fácilmente que si los valores de radiación solar disponibles están expresados en kWh/m^2 , coinciden numéricamente con los que resultan al expresarlos en HSP.

Las horas sol pico, nos van a ayudar a conocer la energía disponible, y poder calcular el campo fotovoltaico necesario, una vez conozcamos los consumos y las pérdidas del sistema, así como otros factores, que trataremos más adelante.

- **Energías renovables**

- **Biocombustibles:** Los biocombustibles utilizan materiales tan diversos como cereales o aceites desechados para hacer un combustible alternativo a los derivados del petróleo. La fermentación de diversas plantas para convertirlas en alcohol utilizable como gasolina se denomina bioetanol, mientras que los basados en el aceite son los biodiésel. Los biocombustibles han sido criticados porque no serían tan ecológicos como señalan sus defensores. Por ello, se trabaja en una segunda generación que mejora los procesos tecnológicos, se basa en residuos o en materias primas no alimenticias y cultivadas en terrenos no agrícolas o marginales. (Fernández, 2015).

- **Biomasa:** Las renovables son la alternativa lógica y ecológica a los combustibles fósiles. La biomasa es el conjunto de los residuos orgánicos que genera la sociedad, desde los de la bolsa de basura del consumidor hasta los residuos agrícolas, ganaderos o forestales, según Manuel García, impulsor de Probiomasa, la organización que pretende aprovechar en España la biomasa como energía renovable. Los ciudadanos pueden utilizarla para climatizar sus viviendas y se pueden abastecer de la electricidad creada en instalaciones específicas. La biomasa resuelve el problema del tratamiento de los residuos desaprovechados del campo y el monte; reduce el riesgo de incendios forestales; ofrece otras posibilidades, como su uso como fertilizante en la agricultura; genera gran cantidad de empleo en zonas rurales; y combate el cambio climático. (Fernández, 2015).

- **Eólica:** La tecnología eólica es una de las renovables más consolidadas y la de más potencial de desarrollo para los próximos años. Los grandes aerogeneradores se han vuelto parte del paisaje de muchas regiones españolas, aunque también han supuesto un impacto ambiental para las aves en algunos casos. Sus impulsores trabajan en mejores e innovadores diseños, como turbinas de una y dos palas, de eje vertical, voladoras, flotantes, minis o híbridos.(Fernández, 2015).

- **Geotérmica:** La energía geotérmica se produce a partir del calor del interior de la Tierra. La geotermia superficial va de los cero hasta unos 300 metros y a partir de ahí se denomina geotermia profunda. La geotérmica se puede aprovechar en grandes instalaciones, capaces de producir varios megavatios (MW), o en calefacciones de distrito, una especie de calefacción central de un edificio pero para toda una ciudad. Los ciudadanos también pueden instalar sistemas domésticos geotérmicos de calefacción y agua caliente. (Fernández, 2015).

- **Hidráulica:** Las grandes presas producen el 20% de la electricidad mundial y el 7% de la energía total. La energía hidroeléctrica reduce un 13% la emisión de agentes contaminantes a la atmósfera, aunque también es criticada por su impacto ambiental y social, como la desaparición de bosques, de hábitats de rica fauna y de la biodiversidad acuática o desplazamiento de pueblos y sus habitantes. Las centrales minihidráulicas utilizan la fuerza de los caudales de los ríos para producir energía y, al igual que su "hermana

mayor", presenta importantes ventajas e inconvenientes. (Fernández, 2015).

- **Solar:** La energía del sol se aprovecha de muchas formas. Los paneles fotovoltaicos de los tejados son los más conocidos, pero la evolución tecnológica ha logrado cuatro generaciones y diversas variedades: paneles de bajo coste, flexibles, aplicables como una pintura sobre cualquier superficie, paneles solares en órbita alrededor de la Tierra u hojas artificiales que imitan la fotosíntesis de las plantas. La energía solar térmica se aprovecha en instalaciones domésticas y grandes centrales para producir electricidad y calor. Gracias a ella se obtiene calefacción, se calienta el agua en viviendas, piscinas, se cuecen alimentos o se secan productos. El poder calorífico del sol también se utiliza mediante la "Concentración de Energía Solar" (CSP), unos espejos que siguen al sol y concentran su calor en un punto, tanto en grandes instalaciones como a pequeña escala (micro-CSP). Su variante, la fotovoltaica de concentración (CPV), concentra los rayos en unos paneles de alta eficiencia. (Fernández, 2015).
- **Undimotriz y mareomotriz:** La tecnología undimotriz aprovecha la energía del movimiento de las olas. Diversos prototipos se prueban en países como Portugal, Noruega o España. Por su parte, la fuerza de las mareas también se postula como otra energía renovable más, la mareomotriz, aunque al igual que la undimotriz necesita un desarrollo mayor para ser competitiva. (Fernández, 2015).

2.4.2 Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas

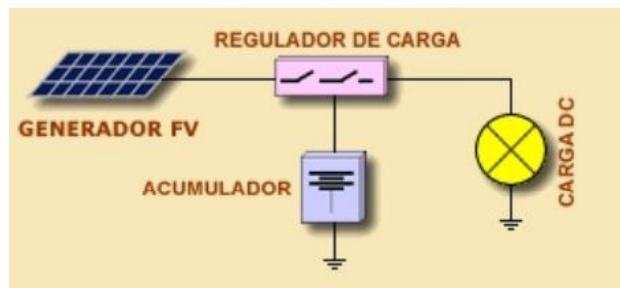
- **Aplicaciones autónomas**

Los sistemas fotovoltaicos autónomos (SFA) suelen estar constituidos por los siguientes elementos: generador, acumulador y carga. Los SFA son diseñados con el fin de proporcionar la energía eléctrica necesaria a unas cargas y esta es una de las primeras limitaciones que existen en el diseño de SFA, ya que es difícil calcular el consumo energético de cada una de las cargas. Uno de los métodos seguidos es averiguar el valor de la potencia de cada una de las cargas que compondrán el SFA y multiplicarlo por el número de horas de funcionamiento al día (suponiendo el consumo de energía constante a lo largo del tiempo para cada una de las cargas) aunque este método también da lugar a la incertidumbre ya que es difícil determinar el número de horas que cada carga pueda funcionar y éste número de horas variará según las épocas del año. En los SFA dado el precio, algo más elevado, del kWh fotovoltaico que el obtenido de la red eléctrica convencional, es necesario una optimización del consumo energético de las cargas, como ejemplo se debe considerar que en ningún SFA deberían utilizarse luminarias incandescentes ya que son más eficiente los tubos fosforescentes que presentan una relación entre lúmenes/vatio consumido más óptima para estos sistemas. Los poseedores de SFA deben de estar concienciados de que el consumo energético que realicen será el que su reserva energética les permita, a diferencia de los consumidores de energía eléctrica de la red que podrán consumir la energía eléctrica que ellos puedan pagar.

Otra consideración en el diseño de estos sistemas tener conocimiento del principal 'input' de los Sistemas Fotovoltaicos, es decir la Radiación Solar. Este dato puede ser obtenido de un

instituto de meteorología. Es necesario tener en cuenta también el dimensionamiento de los acumuladores de energía. Se presentan los dos tipos de esquemas de sistemas fotovoltaicos autónomos según sea el carácter de las cargas (Sanz, 2010): En la figura 3 se presenta el esquema utilizado cuando las cargas necesitan corriente continua, tales como: iluminación, equipos de corriente continua, frigoríficos especiales etc.

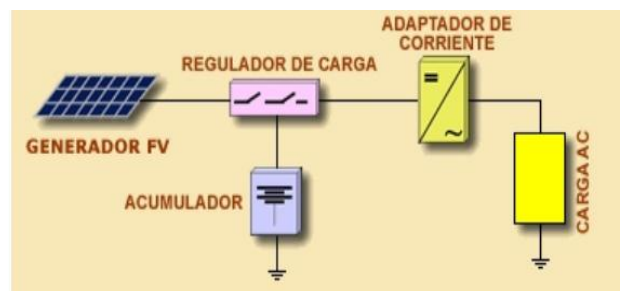
Figura 3: Esquema de SFA con carga DC



Fuente: Manual Práctico de Labouret , A. y Viloz , M. Antonio

En la figura 4 se presenta el esquema utilizado cuando las cargas necesitan corriente alterna tales como: motores en bombeo, electrodomésticos en general, etc.

Figura 4: Esquema de SFA con carga AC



Fuente: Manual Práctico de Labouret , A. y Viloz , M. Antonio

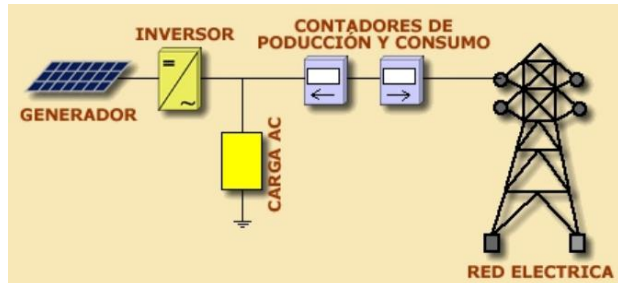
- **Aplicaciones conectadas a la red**

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica (SFCE) constituyen una de las aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica que más atención están recibiendo en los últimos años, dado su elevado potencial de utilización en zonas urbanizadas próximas a la red eléctrica. Estos sistemas están compuestos por un generador fotovoltaico que se encuentra conectado a la red eléctrica convencional a través de un inversor, produciéndose un intercambio energético entre ésta y el sistema fotovoltaico, característico de este tipo de instalaciones. Así, el sistema inyecta energía en la red, y extrae energía de ella en caso contrario.

La diferencia fundamental entre un sistema fotovoltaico autónomo y los conectados a red, consiste en la ausencia, en este último caso, del subsistema de acumulación, formado por la batería y la regulación de carga. Además, el inversor, en los sistemas conectados a red, deberá estar en fase con la con la tensión de la red. Uno de los factores favorables de los sistemas conectados a la red, es la posibilidad de mejorar la calidad del servicio de la energía suministrada por la red, ya que la máxima producción del sistema fotovoltaico coincide con horas en que los problemas de suministro para las compañías eléctricas son más graves.

En la siguiente figura 5 se presenta el esquema tipo de un sistema fotovoltaico conectado a red (Sanz, 2010):

Figura 5: Esquema de un SFCR



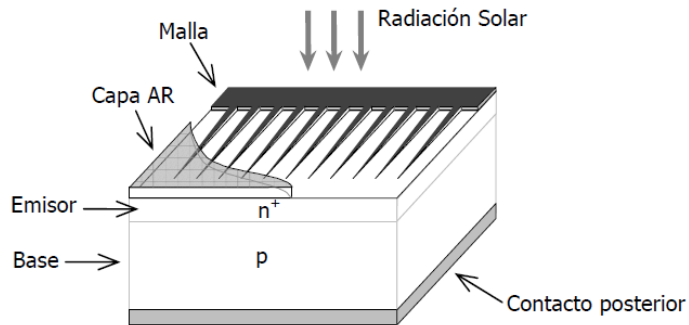
Fuente: Manual Práctico de Labouret , A. y Viloz , M. Antonio

2.4.3 Célula solar

Es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico, generando energía solar fotovoltaica. Compuesto de un material que presenta efecto fotoeléctrico: absorben fotones de luz y emiten electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad.

La eficiencia de conversión media obtenida por las células disponibles comercialmente (producidas a partir de silicio monocristalino) está alrededor del 16%, pero según la tecnología utilizada varía desde el 6% de las células de silicio amorfo hasta el 22% de las células de silicio monocristalino. También existen las células multicapa, normalmente de arseniuro de galio, que alcanzan eficiencias del 30 %. En laboratorio se ha superado el 46 % con células experimentales (Dimroth, 2014).

Figura 6: Estructura simplificada de una célula fotovoltaica de unión p-n



Fuente: Balenzategui, 2008

- Una capa antireflexiva (capa AR), diseñada para reducir al máximo las pérdidas por reflexión superficial. El espesor y el índice de refracción de esta capa (puede ser una capa compuesta de varias) se diseñan de forma que la reflectancia sea mínima a cierta longitud de onda y en un intervalo lo más amplio posible del espectro. Además de estas capas, muchas células presentan superficies dotadas de surcos, micro-pirámides y otras texturas creadas para reducir aún más las pérdidas por reflexión.
- Una malla de metalización, representada en forma de peine, pero que puede presentar formas diversas. El diseño de esta malla de metalización es crítico puesto que debe garantizar una colección adecuada de los electrones del dispositivo, sin introducir una resistencia eléctrica elevada, pero al mismo tiempo debe dejar pasar la mayor cantidad de luz posible al interior del dispositivo. Su parámetro más característico es el factor de sombra, FS, que mide la cantidad de superficie ocupada por los dedos metálicos respecto al área total del dispositivo.
- Las capas activas de material semiconductor, en el que distinguimos entre las dos regiones que forman la unión p-n

(denominadas emisor y base). Habitualmente, estas capas activas aparecen depositadas o crecidas sobre un sustrato más grueso que confiere mayor resistencia mecánica al conjunto. Además del tipo y la calidad del semiconductor empleados, el espesor de las capas (emisor y base) y la densidad o concentración de impurezas influyen notablemente en el rendimiento final del dispositivo.

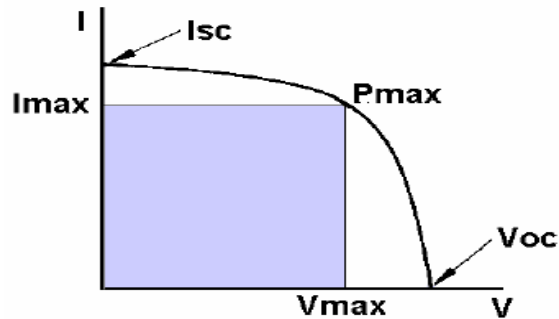
- El contacto metálico posterior, que suele realizarse metalizando toda la superficie del dispositivo cuando no existe el requisito de que ésta reciba luz por su parte posterior.

A partir de esta estructura básica, se han introducido en la estructura de la célula numerosas modificaciones e innovaciones con el fin de conseguir mayores eficiencias de conversión. Por ejemplo, como en el caso de algunas células de concentración o algunas realizadas con tecnologías de lámina delgada, dispositivos más sofisticados pueden presentar más de una unión en su estructura, o una o varias uniones p-n formadas por distintos materiales semiconductores (dispositivos de heterounión). Aparecen además capas adicionales para mejorar el crecimiento de las secciones activas sobre un sustrato, acoplar constantes de red entre distintos materiales, permitir el crecimiento de unas células sobre otras, transferir portadores de carga de una a otra sección sin pérdidas, etc. (Araújo, 1994)

- **Parámetros fundamentales de la célula solar**

La curva de Intensidad-Tensión (I-V) define el comportamiento de una célula fotovoltaica; está representada en la figura siguiente.

Gráfico 4: Curva de Intensidad – Tensión



Fuente: Schumann, 2005

Esta ecuación está basada en considerar como válido el principio de superposición, según el cual, la corriente de la célula resulta del balance de la corriente producida por la luz incidente y la correspondiente al diodo de unión p-n que forma su núcleo (Balenzategui, 2008):

$$I = I_L - I_D = I_L - I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{qV}{mkT}\right) - 1 \right] \quad (2)$$

Dónde:

I_L : Corriente foto generada

I_D : Corriente de oscuridad o corriente de diodo.

I_0 : Corriente inversa de saturación del diodo, q es la carga del electrón.

m : Factor de idealidad del diodo (un parámetro adimensional con valores típicos entre 1 y 2).

k : Es la cte. de Boltzmann.

T : Temperatura absoluta.

kT/q : Se le llama habitualmente voltaje térmico.

Corriente de cortocircuito, I_{CC} Constituye la máxima corriente que puede obtenerse de la célula solar (Schumann 2005). Su valor

varía en función de la superficie y de la radiación luminosa a que la célula es expuesta; se produce cuando $V=0$. En ese caso, y según (2):

$$I_{CC} \equiv I(V = 0) = I_L \quad (3)$$

Tensión de circuito abierto, V_{OC} Representa la máxima tensión que puede dar una célula solar (Schumann 2005). Su valor oscila, según el tipo de construcción interior de la célula, dada para $I = 0$. Aplicando esta condición en (3)

$$V_{OC} = m \frac{kT}{q} \ln \left[\frac{I_L}{I_0} + 1 \right] \quad (4)$$

Potencia máxima, $P_{MÁX}$ Es la potencia máxima que puede suministrar una célula y se define por el punto de la curva $I - V$ donde el producto de la intensidad producida y la tensión es máximo. Depende de la radiación incidente. (Schumann 2005), Ecuación:

$$P = V \cdot I \quad (5)$$

Potencia nominal de pico, W_p Es la proporcionada al recibir el panel una irradiación de 1000 W/m^2 cuando la temperatura de las células es de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, y el espectro de luz corresponde a una masa de aire de 1,5. El nombre de “pico” hace referencia a que, en las medidas reales, una intensidad de 1000 W/m^2 . Constituye un pico máximo. Como es de esperar, la mayor parte del tiempo la intensidad radiante recibida por el panel es inferior a los 1000 W/m^2 . Por lo tanto, la potencia real producida será también inferior a la potencia nominal pico. (Schumann 2005)

Factor de forma, FF Se define mediante la siguiente expresión:

$$FF = \frac{P_{MÁX}}{I_{CC}V_{OC}} = \frac{I_{MÁX}V_{MÁX}}{I_{CC}V_{OC}} \quad (6)$$

El Factor de Forma resulta ser un parámetro de gran utilidad práctica, ya que nos da una idea de la calidad de la célula. En la práctica el FF siempre tiene un valor más pequeño que la unidad, y la célula solar será tanto mejor cuanto más se aproxime el valor del FF a dicha cifra, ya que más se aproximará la potencia máxima a la potencia ideal. Normalmente en las células comerciales el factor de forma está comprendido entre el 0,7 y el 0,8, teniendo las de silicio monocristalino, por regla general, mejor valor que las fabricadas con silicio policristalino (Schumann 2005).

Eficiencia (η): expresada como un porcentaje, viene dada por la relación entre la potencia eléctrica que puede entregar la célula y la potencia P_L de la radiación que incide sobre ella (Balenzategui, 2008):

$$\eta = \frac{P_{MÁX}}{P_L} = \frac{I_{MÁX}V_{MÁX}}{P_L} = \frac{FF \cdot I_{CC}V_{OC}}{P_L} \quad (7)$$

Como indicación de carácter general, puede apreciarse cómo un aumento de la corriente de cortocircuito I_{SC} y/o de la tensión de circuito abierto V_{OC} de la célula conduce a una mayor eficiencia del dispositivo.

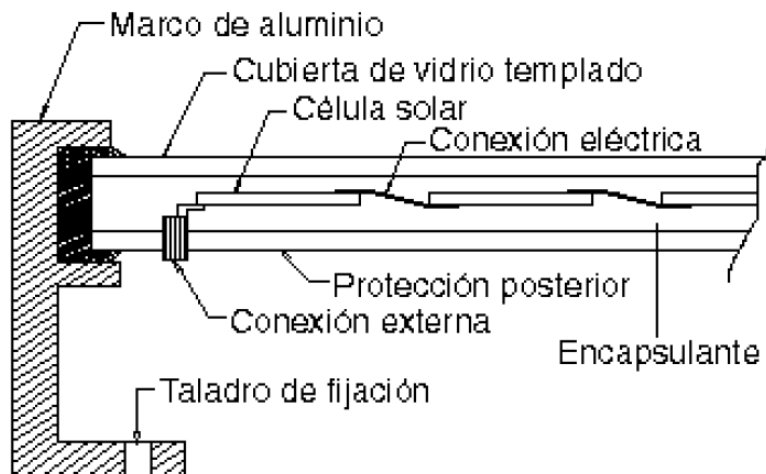
2.4.4 Panel solar

Un panel fotovoltaico consiste en una asociación de células, encapsulada en dos capas de EVA (etileno-vinilo-acetato), entre una lámina frontal de vidrio y una capa posterior de un polímero termoplástico (normalmente tedlar). Este conjunto es enmarcado en

una estructura de aluminio con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica del conjunto y facilitar el anclaje del módulo a las estructuras de soporte (Perpiñán, 2012).

Habitualmente, se necesitan del orden de 30 ó 40 células, según sus características y especificaciones, para obtener un panel de unos 12 V nominales, y la superficie de un módulo puede variar entre 0,1 y 0,5 m² (aunque en el mercado se encuentran módulos con mayor superficie). El grueso total, sin incluir el marco protector, no suele superar los 3 cm. Y el peso suele oscilar entre los 5 y 20 kg de peso (Schumann, 2005).

Figura 7: Corte transversal de un panel fotovoltaico



Fuente: Henríquez, 2003

- **Tipos de paneles solares**

- **Paneles Solares Fotovoltaicos Monocristalinos:** Se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro. Numerosas fases de cristalización, para formar el monocristal.
 - Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí.

- Rendimiento en laboratorio: 24%
- Rendimiento directo: 15-18%

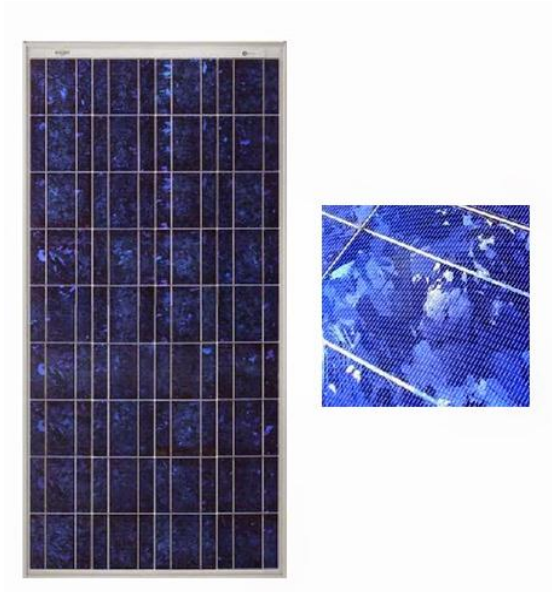
Figura 8: Panel solar fotovoltaico monocristalino



Fuente: René, 2015

- **Paneles Solares Fotovoltaicos Policristalinos:** Se obtiene del silicio puro fundido y dopado con boro, pero a diferencia del monocristalino se reducen las fases de cristalización. Por lo tanto, es más económica su fabricación
 - La superficie está estructurada en cristales, y a simple vista se distinguen distintos tonos azules.
 - Rendimientos en laboratorio: 19-20%.
 - Rendimiento directo: 12-14%.

Figura 9: Panel solar fotovoltaico policristalino



Fuente: René, 2015

- **Paneles Solares Fotovoltaicos Amorfos:** Son fabricados mediante la colocación de una fina capa de silicio amorfo (no cristalino), sobre una superficie como vidrio o plástico. Es el módulo más económico en su fabricación
 - Posee un color homogéneo, pero no existe conexión visible entre las células
 - Rendimiento en laboratorio: 16%
 - Rendimiento directo: <10%

Figura 10: Panel solar fotovoltaico amorfo



Fuente: Velasco, 2013

- **Factores de pérdidas energéticas**

Al igual que en otros procesos de generación de potencia eléctrica, las pérdidas son un factor determinante y a tener presente en todo momento para poder posteriormente evaluar los rendimientos de los equipos. A priori resulta muy fácil pensar que la energía producida por una instalación fotovoltaica es directamente proporcional a la irradiación incidente en el plano del generador fotovoltaico. Así por ejemplo un sistema con un generador fotovoltaico de potencia nominal 1 kWp instalado con unas condiciones meteorológicas tales que reciba una irradiación anual de 1800 kWh/m², dicho generador en ausencia de pérdidas produciría 1800 kWh. Ahora bien, la experiencia y distintos estudios muestran que la energía producida por un módulo fotovoltaico es sensiblemente inferior. Esta disminución de la energía entregada por el generador respecto de la energía solar incidente puede ser explicada mediante una serie de pérdidas

energéticas, cuyas principales fuentes se presentan a continuación (Fernández Ferichola).

– **Pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal:** Los módulos fotovoltaicos obtenidos de un proceso de fabricación industrial no son todos idénticos, sino que su potencia nominal referida a las condiciones estándar de medida, CEM (en inglés, STC), presenta una determinada dispersión. En general los fabricantes garantizan que la potencia de un módulo fotovoltaico de potencia nominal, P^* , está dentro de una banda que oscila entre $P^* \pm 3\%$, $P^* \pm 5\%$ o $P^* \pm 10\%$. Lamentablemente en algunas ocasiones suele darse el caso de que la potencia de cada uno de los módulos fotovoltaicos se sitúa dentro de la banda inferior de potencias garantizadas por el fabricante. Esto es, la potencia real suministrada por el fabricante, entendida como la suma de las potencias de cada uno de los módulos que componen el generador fotovoltaico, de una instalación de 1kWp nominal cuyo fabricante garantice el $\pm 10\%$ debería ser cualquier valor entre 0,9 kWp y 1,1 kWp. Sin embargo, en general, se sitúa entre 0,9 kWp y 1 kWp.

– **Pérdidas de mismatch o de conexionado:** Son pérdidas energéticas originadas por la conexión de módulos fotovoltaicos de potencias ligeramente diferentes para formar un generador fotovoltaico. Esto tiene su origen en que si conectamos dos módulos en serie con diferentes corrientes, el módulo de menor corriente limitará la corriente de la serie. De modo semejante ocurre para la tensión de la conexión de módulos en paralelo. Resultando que la potencia de un

generador fotovoltaico es inferior (o en un caso ideal, igual) a la suma de las potencias de cada uno de los módulos fotovoltaicos que lo componen. Las pérdidas de mismatch se pueden reducir mediante una instalación ordenada en potencias (o en corrientes en el punto de máxima potencia) de los módulos fotovoltaicos, así como la utilización de diodos de “bypass”.

- **Pérdidas por polvo y suciedad:** Tienen su origen en la disminución de la potencia de un generador fotovoltaico por la deposición de polvo y suciedad en la superficie de los módulos fotovoltaicos. Cabría destacar dos aspectos, por un lado la presencia de una suciedad uniforme da lugar a una disminución de la corriente y tensión entregada por el generador fotovoltaico y por otro lado la presencia de suciedades localizadas (como puede ser el caso de excrementos de aves) da lugar a un aumento de las pérdidas de mismatch y a las pérdidas por formación de puntos calientes.
- **Pérdidas angulares y espectrales:** La potencia nominal de un módulo fotovoltaico suele estar referida a unas condiciones estándar de medida, STC, que, además de 1000 W/m² de irradiancia y 25 °C de temperatura de célula, implican una incidencia normal y un espectro estándar AM1.5G. No obstante en la operación habitual de un módulo fotovoltaico ni la incidencia de la radiación es normal, ni el espectro es estándar durante todo el tiempo de operación. El que la radiación solar incida sobre la superficie de un módulo FV con un ángulo diferente de 0° implica unas pérdidas adicionales (mayores

pérdidas a mayores ángulos de incidencia). Las pérdidas angulares se incrementan con el grado de suciedad. Por otro lado los dispositivos fotovoltaicos son espectralmente selectivos. Esto es, la corriente generada es diferente para cada longitud de onda del espectro solar de la radiación incidente (respuesta espectral). La variación del espectro solar en cada momento respecto del espectro normalizado puede afectar la respuesta de las células fotovoltaicas dando lugar a ganancias o pérdidas energéticas.

- **Pérdidas por caídas óhmicas en el cableado:** Tanto en la parte DC como en la parte AC (desde la salida de los inversores hasta los contadores de energía) de la instalación se producen unas pérdidas energéticas originadas por las caídas de tensión cuando una determinada corriente circula por un conductor de un material y sección determinados. Estas pérdidas se minimizan dimensionando adecuadamente la sección de los conductores en función de la corriente que por ellos circula.
- **Pérdidas por temperatura:** Los módulos fotovoltaicos presentan unas pérdidas de potencia del orden de un 4% por cada 10 °C de aumento de su temperatura de operación (este porcentaje varía ligeramente en función de cada tecnología). La temperatura de operación de los módulos fotovoltaico depende de los factores ambientales de irradiancia, temperatura ambiente y velocidad del viento y de la posición de los módulos o aireación por la parte posterior. Esto implica que por ejemplo a igualdad de irradiancia solar incidente un

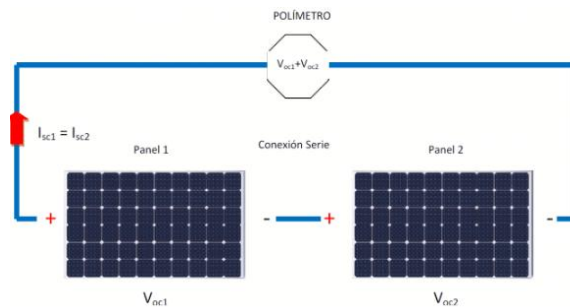
mismo sistema fotovoltaico producirá menos energía en un lugar cálido que en un clima frío.

- **Pérdidas por sombreado del generador fotovoltaico:** Los sistemas FV de conexión a red se suelen instalar en entornos urbanos en los que en muchas ocasiones es inevitable la presencia de sombras en determinadas horas del día sobre el generador FV que conducen a unas determinadas pérdidas energéticas causadas en primer lugar por la disminución de captación de irradiación solar y por los posibles efectos de mismatch a las que puedan dar lugar. También pueden producirse sombras importantes de unos campos fotovoltaicos sobre otros. Además de las pérdidas consideradas anteriormente puede haber otras específicas para cada instalación, como pueden ser: averías o mal funcionamiento, los efectos de la disminución del rendimiento de los módulos FV a bajas irradiancias, etc.
- **Pérdidas por rendimiento AC/DC del inversor:** El inversor fotovoltaico se puede caracterizar por la curva de rendimiento en función de la potencia de operación. Es importante seleccionar un inversor de alto rendimiento en condiciones nominales de operación y también es importante una selección adecuada de la potencia del inversor en función de la potencia del generador fotovoltaico (por ejemplo, la utilización de un inversor de una potencia excesiva en función de la potencia del generador fotovoltaico dará lugar a que el sistema opera una gran parte del tiempo en valores de rendimiento muy bajos, con las consecuentes pérdidas de generación).

- **Potencia de la célula solar**

- **Conexión en serie:** En un circuito en serie el polo positivo de un panel está conectado al polo negativo del otro panel. El voltaje total es la suma de todas las fuentes de voltaje, y la intensidad de corriente permanece constante. (Mestanza, 2016)

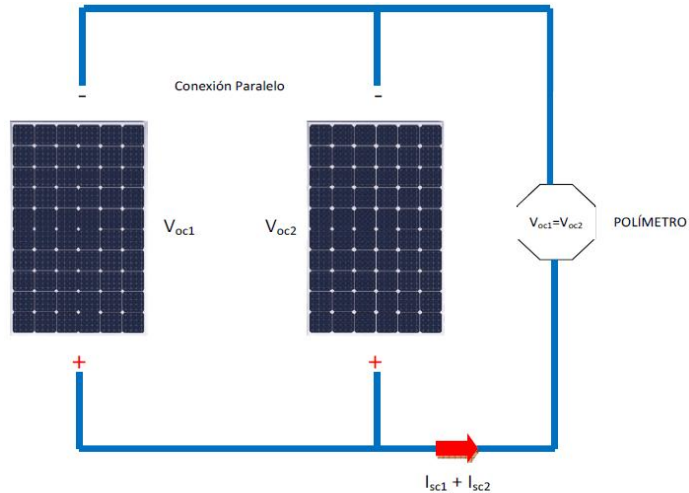
Figura 11: Conexión en serie



Fuente: Rivas, 2016

- **Conexión en paralelo:** En un circuito paralelo, los polos positivos están conectados con los positivos, y los polos negativos están conectados con los negativos. Además, la tensión es constante y las intensidades de corriente se suman. (Mestanza, 2016)

Figura 12: Conexión en paralelo



Fuente: Rivas, 2016

- **Inclinación de los paneles solares**

Para determinar la inclinación de los paneles fotovoltaicos, en primer lugar es necesario conocer en qué época del año va a haber más consumo eléctrico. No siempre el mayor consumo tendrá relación con la temporada con menos horas de sol. Por ejemplo, puede darse el caso de que en verano se deba conectar la depuradora de la piscina, además de que los frigoríficos y congeladores van a necesitar trabajar más tiempo. En este caso concreto, se deberán colocar las placas solares en un grado de inclinación que optimice el rendimiento los meses de verano. Si bien a priori sin el conocimiento de los consumos, se hubiese partido de la inclinación de invierno al tratarse de una instalación de uso diario todo el año. En el caso de que los consumos sean estables durante todo el año o bien más acentuados en los periodos invernales, se deberá utilizar la inclinación más adecuada para el mes de diciembre. Diciembre es el mes en el cual la circunferencia del sol en el cielo es más pequeña ya que este se

encuentra a mayor cercanía de nosotros. Esto significa un menor número de horas de sol al cabo del día. Además durante esta época del año el sol incide de forma indirecta no perpendicular a diferencia del verano (Damia solar, 2015).

- **Orientación de los paneles solares:**

La orientación más adecuada será colocando los módulos hacia el sur geográfico. Para determinar de forma exacta esta posición se puede utilizar una brújula o bien determinarla según la hora del día, ya que el sur corresponde con las 12 del mediodía hora solar. También hay que evitar siempre que edificios o árboles de la zona hagan sombras encima de los paneles a lo largo del día. Antes de colocar los paneles se debe tener en cuenta este hecho para no tener sorpresas a posteriori. La mejor época para ver si hay sombras será en invierno ya que las sombras serán más alargadas que en verano a causa de la poca altura del sol. Así pues si en invierno no hay sombras no deberá haberlas tampoco durante el resto del año.

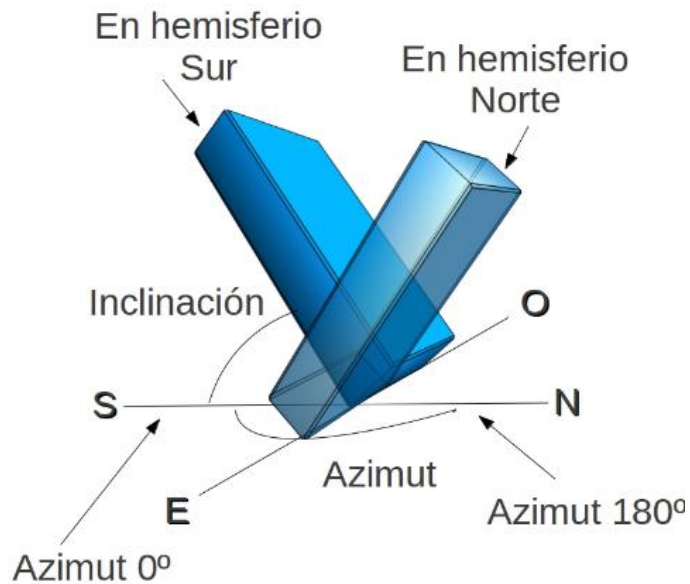
En zonas de montaña donde sean frecuentes las nevadas será importante aprovechar las fuertes pendientes del tejado que beneficiarán por un lado, por su ángulo de inclinación propicio para invierno, y por el otro lado, por que permitirán que caiga la nieve y que no se acumule encima de los paneles solares (Damia solar, 2015).

Azimut de 0° y azimut de 180° , en la orientación de un módulo solar.

El azimut fijo de 0° corresponde a un panel que mira al ecuador terrestre, sin desviación este-oeste, con el panel situado en el hemisferio sur.

El azimut fijo de 180° corresponde a un panel que mira al ecuador terrestre, sin desviación este-oeste, con el panel situado en el hemisferio norte.

Figura 13: Orientación de un módulo solar.



Fuente: Miranda ,2016

En resumen, azimut 0° y azimut 180° significa: panel solar mirando al ecuador terrestre, en ambos casos.

2.4.5 Regulador

El regulador es la parte fundamental de un sistema autónomo ya que permite el tránsito de corriente del panel hacia la batería y de la batería hacia la carga. Por lo tanto el regulador es el que protege a la batería de sobrecargas, bajas tensiones y de cortocircuitos. A continuación se da el mínimo de especificaciones técnicas que un regulador debe cumplir (Henríquez, 2003):

- **Características Eléctricas**
 - Tensión Nominal.
 - Intensidad máxima de generación.
 - Intensidad máxima de consumo.
 - Sobrecarga admisible.
 - Autoconsumo.
 - Perdida máxima generación /consumo.
- **Características Constructivas**
 - Tipo de regulación.
 - Selección de Batería. Tubular Abierta, Hoppecke, Monoblock, Gel.
 - Sistema de regulación. Igualación, Carga profunda, Flotación.
 - Señalización del estado de carga. Mediante leds.
 - Desconexión del consumo por baja tensión de batería con rearme automático.
 - Alarmas por alta y baja tensión de batería, sobrecarga y cortocircuito mediante leds y señal acústica.
 - Protección contra polaridad inversa en paneles, batería y consumo.
 - Protección contra sobrecarga temporizada en paneles y consumo.
 - Protección contra sobretensiones en paneles, batería y consumo.
 - Protección contra desconexión de batería.
 - Rango de funcionamiento a plena carga
 - Rearme manual en caso de cortocircuito, pulsado reset, previamente solucionado el cortocircuito.

Resumiendo estas especificaciones, determinamos los parámetros principales de un regulador:

- Alarma tensión alta
- Banda de igualación
- Tensión de carga profunda
- Banda de flotación
- Tensión de recarga profunda
- Alarma tensión baja
- Tensión desconexión consumo
- Tensión reconexión consumo

- **Tipos de regulador**

- Los reguladores PWM

Son reguladores sencillos que actúan como interruptores entre las placas fotovoltaicas y la batería. Estos reguladores fuerzan a los módulos fotovoltaicos a trabajar a la tensión de la batería, sin ningún tipo de instalación extra. Por ejemplo, si la batería es de 12 V, los paneles cargarán la batería con una tensión de 12 V.

Cuando se alcanza la etapa de absorción en la carga de la batería, el regulador modifica la intensidad de los pulsos, corta varias veces por segundo el contacto entre los módulos y la batería, evitando que la batería se sobrecargue (Lores, 2011).

Pros de los reguladores PWM

- Están contruidos con una tecnología probada desde hace muchos años.
- Son controladores baratos.
- Están disponibles en tamaños de hasta 60 A.
- Tiene una vida útil larga, la mayoría tienen un sistema de refrigeración de calor pasiva.

- Estos controladores de carga están disponibles en muchos tamaños y para una gran variedad de aplicaciones.

Los contras de los reguladores PWM

- El voltaje nominal debe ser el mismo que el del banco de baterías.
- No hay controladores únicos para tamaños por encima de 60 A DC.
- Los más pequeños vienen sin accesorios.
- Los controladores de carga tienen una capacidad limitada para el crecimiento del sistema.

– Los reguladores MPPT

También llamados maximizadores solares, son un tipo de regulador de carga avanzado el cual es necesario utilizar cuando se quieren instalar placas solares de red en instalaciones solares aisladas o autónomas. Las placas de red son aquellas formadas por 60 células de silicio en lugar de 72, y suelen tener potencias iguales o superiores a 200W.

Los pros de los reguladores MPPT

- Los controladores de carga ofrecen un potencial de incremento en la eficiencia de carga de hasta un 30 % (típicamente podemos considerar al menos el 15 %).
- Estos controladores ofrecen la posibilidad de colocar paneles en serie a voltajes superiores al banco de baterías.
- Están disponibles de hasta 80 A.
- Las garantías de los controladores de carga MPPT son típicamente mayores que en las unidades PWM.
- Ofrecen mayor sensibilidad para el crecimiento del sistema.

Los contras de los reguladores MPPT

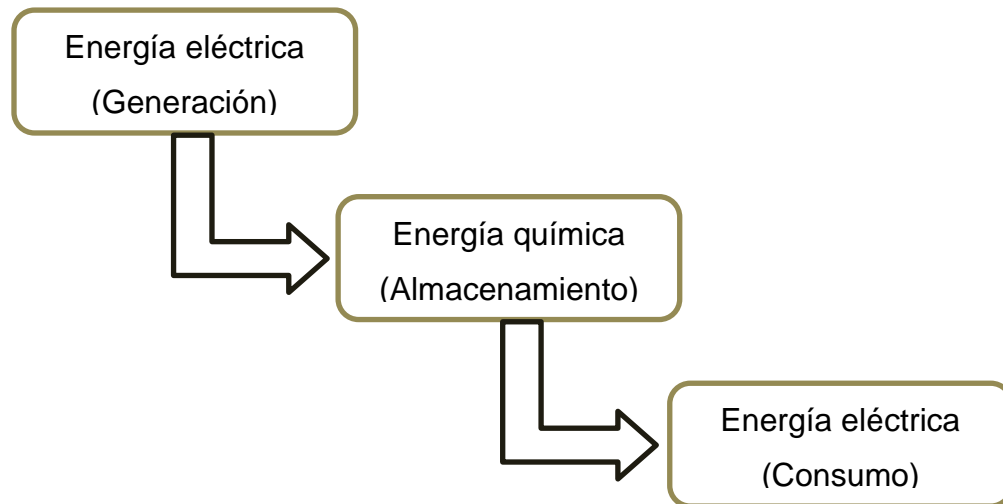
- Los controladores de carga MPPT son más caros, costando a veces el doble que los PWM.
- Las unidades MPPT son generalmente más grandes en tamaño físico.
- El dimensionado apropiado puede ser desafiante sin las guías del fabricante.

2.4.6 Batería

Una batería es esencialmente un recipiente lleno de químicos que producen electrones. Las reacciones químicas son capaces de producir electrones y este fenómeno es llamado reacción electroquímica. En los llamados sistemas solares autónomos o sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD), las baterías almacenan electricidad que será utilizada durante la noche.

Asimismo, suministran electricidad durante periodos de escasez o ausencia de luz solar, necesaria para que el panel solar produzca energía. La duración del periodo que puede ser cubierto está determinada por la demanda de electricidad y el tamaño de la batería de almacenamiento (Henríquez, 2003). Las baterías son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica. El funcionamiento en una instalación es el siguiente:

Diagrama 1: Funcionamiento de una batería en una instalación fotovoltaica



Fuente: elaboración propia

- **Tipos de batería**

- **Baterías de Plomo ácido**

Estas baterías se componen de varias placas de plomo en una solución de ácido sulfúrico. La placa consiste en una rejilla de aleación de Plomo con una pasta de óxido de Plomo incrustada sobre la rejilla. La solución de ácido sulfúrico y agua se denomina electrolito. El material de la rejilla es una aleación de Plomo porque el Plomo puro es un material físicamente débil, y podría quebrarse durante el transporte y servicio de la batería. Normalmente la aleación es de Plomo con un 2-6% de Antimonio. Cuanto menor es el contenido en Antimonio, menos resistente será la batería durante el proceso de carga. La menor cantidad de Antimonio reduce la producción de Hidrógeno y Oxígeno durante la carga, y por tanto el consumo de agua. Por otra parte, una mayor

proporción de Antimonio permite descargas más profundas sin dañarse las placas, lo que implica una mayor duración de vida de las baterías. Estas baterías de Plomo-Antimonio son del tipo de "ciclo profundo"(Henríquez, 2003).

– **Batería de gel**

A diferencia de las baterías de plomo-ácido, en las que se produce una pérdida de agua durante el ciclo de carga, en las baterías de gel se recombina el oxígeno liberado por las placas positivas con el hidrógeno, a través del electrolito, y por reacción electroquímica se convierte en agua. De esta manera se hace innecesaria la adición de agua durante toda la vida de la batería (Macagnan, 1993).

Componentes:

- Placas positivas: Constituidas por una serie de tubos de poliéster, material resistente al ácido y de alta porosidad, que sirven de soporte a una gran cantidad de materia activa formada por óxido de plomo de esmerada elaboración.
- Placas negativas: Son del tipo empastado, formadas por una rejilla de aleación de plomo que sirve de soporte eficaz a la materia activa por su especial diseño. Su rendimiento es equivalente al de las placas positivas a las que acompaña.
- Separadores: Son de plástico microporoso inalterable a la acción del ácido sulfúrico y de una elevada porosidad.
- Terminales: Por su diseño deben de eliminar toda posibilidad de corrosión y garantizar la absoluta estanqueidad entre el interior y exterior del elemento.
- Recipiente y tapa: De plástico de alta resistencia a impactos e inalterables al ácido. Deberían incorporar válvulas de

seguridad para facilitar la salida de gases al exterior en caso de sobrepresión producida por una carga incorrecta.

- Electrolito: Constituido por una solución de ácido sulfúrico que se presenta en forma de gel debido a la adición de una sílice especial.

– **Batería de níquel-cadmio**

Los acumuladores de níquel-cadmio (Ni-Cd) o alcalinos se diferencian de los de plomo fundamentalmente por los cuatro motivos siguientes (Nofuentes, 2001):

- Puesto que el acumulador de Ni-Cd tiene una resistencia interna más baja, presenta una disponibilidad muy grande para soportar descargas elevadas y esto hace que su capacidad pueda ser menor para realizar el mismo trabajo que un acumulador de plomo. Si en una determinada aplicación fotovoltaica se necesitase, con batería de plomo, una capacidad de 200 Ah, de los cuales se descargarían 120 Ah (60 %), su equivalente en Ni-Cd necesitaría una capacidad total de unos 140 Ah, puesto que podría soportar descargas de hasta el 85 % - 90 % de su capacidad total.
- La tensión por elemento en descarga se mantiene mucho más estable, y tan sólo al final de la descarga (85%-90%) cae hacia valores más bajos que el nominal.
- El acumulador de Ni-Cd presenta una vida mucho más larga que los de plomo, a igualdad de ciclos de trabajo.
- Puede resistir temperaturas más bajas que el de plomo e incluso la congelación de su electrolito, ya que una vez que éste se deshiele, la batería podrá trabajar otra vez con normalidad. Como ejemplo, se puede decir que a una

temperatura de -20°C , la capacidad disponible es de 175%, comparada con el 50% de una de plomo.

La batería de Ni-Cd presenta, además, otras características: Puede soportar el cortocircuito sin que la batería se deteriore. También puede soportar la falta de agua de su electrolito, dejando tan sólo de funcionar temporalmente hasta que se le añada. En un acumulador alcalino el mantenimiento puede llegar a espaciarse hasta diez años si su construcción y características son las adecuadas.

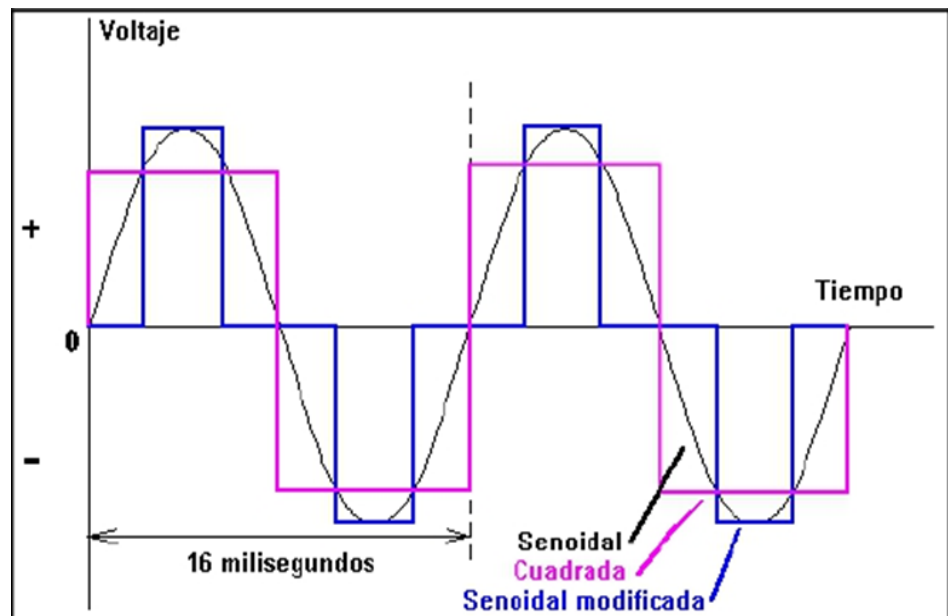
2.4.7 Inversor

La energía generada por un arreglo fotovoltaico y la entregada por un banco de baterías es de corriente continua (DC), sin embargo, muchas aplicaciones requieren de corriente alterna para operar, es por esto que en muchos sistemas fotovoltaicos se hace necesario incluir un elemento adicional que sea capaz de convertir la energía de corriente continua proporcionada por los paneles o las baterías en energía de corriente alterna. Este elemento es denominado inversor o conversor DC-AC.

Existen varios métodos para convertir corriente continua a corriente alterna, lo que varía entre ellos es la forma de la onda obtenida. La forma de una señal alterna estándar en Venezuela es una senoidal de 60Hz, sin embargo, mientras más se quiera asemejar la salida de un inversor a esta onda más complejo será el mismo. Por esto en algunos casos, cuando la carga no requiere que la señal alterna no se asemeje tanto a una señal senoidal, se prefiere utilizar métodos más sencillos y económicos para generar señales alternas no senoidales (Solartronic.s.f).

En la Gráfico N°5, se ilustran tres formas de onda de señales alterna, en primer lugar tenemos la forma estándar que es la senoidal, luego una señal Cuadrada y por último una que se asemeja más a la primera que es la llamada onda senoidal modificada.

Gráfico 5: Diferentes formas de onda de corriente alterna a 60Hz.



Fuente: Solartronic.(s.f).

- **Inversores de Onda Cuadrada**

Son los menos complejos y más económicos. Generalmente el método que se utiliza es hacer pasar la corriente continua a través del devanado primario de un transformador en una dirección durante 8ms y luego en la dirección contraria durante los siguientes 8ms, de esta manera se refleja en el secundario un voltaje positivo/negativo durante los primeros 8ms y negativo/positivo durante los siguientes 8ms, formando así un período.

La desventaja de este tipo de inversor es que la onda cuadrada posee muchos armónicos que causan interferencia por lo que no son aptos para alimentar cualquier carga; (Solartronic.s.f).

- **Inversores de Onda Senoidal Modificada.**

Este método busca modificar el ancho de pulso para disminuir los armónicos y de esta forma asemejarse más a la senoide, el proceso es más complejo porque requiere de modulación de ancho de pulso y por ende es más costoso. Sin embargo, el resultado obtenido es muy bueno y de hecho esta es la mejor opción en relación a calidad/costo para conexiones de iluminación, televisores y otros.

- **Inversores de Onda Senoidal.**

Con el uso de métodos más elaborados se ha logrado obtener ondas senoidales puras. Sin embargo, por el alto costo que esto implica se prefieren utilizar los métodos más sencillos a menos que la carga que se desee alimentar requiera de manera estricta que la señal alterna tenga esta forma.

2.4.8 Impacto ambiental

La energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable que contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc.). Los efectos de la energía solar (Henríquez, 2003):

- **Clima**

La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.

- **Geología**

Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la Naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

- **Suelo**

Al no producirse ni contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosionabilidad es nula.

- **Aguas superficiales y subterráneas**

No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

- **Flora y fauna**

La repercusión sobre la vegetación es nula y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

- **Paisaje**

Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. Además, al tratarse de sistemas autónomos, no se altera el paisaje con postes y líneas eléctricas.

- **Ruidos**

El sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor en viviendas aisladas.

- **Medio social**

El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto.

Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los tejados de las viviendas. Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como es el caso por ejemplo de los Espacios Naturales Protegidos.

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1 Metodología

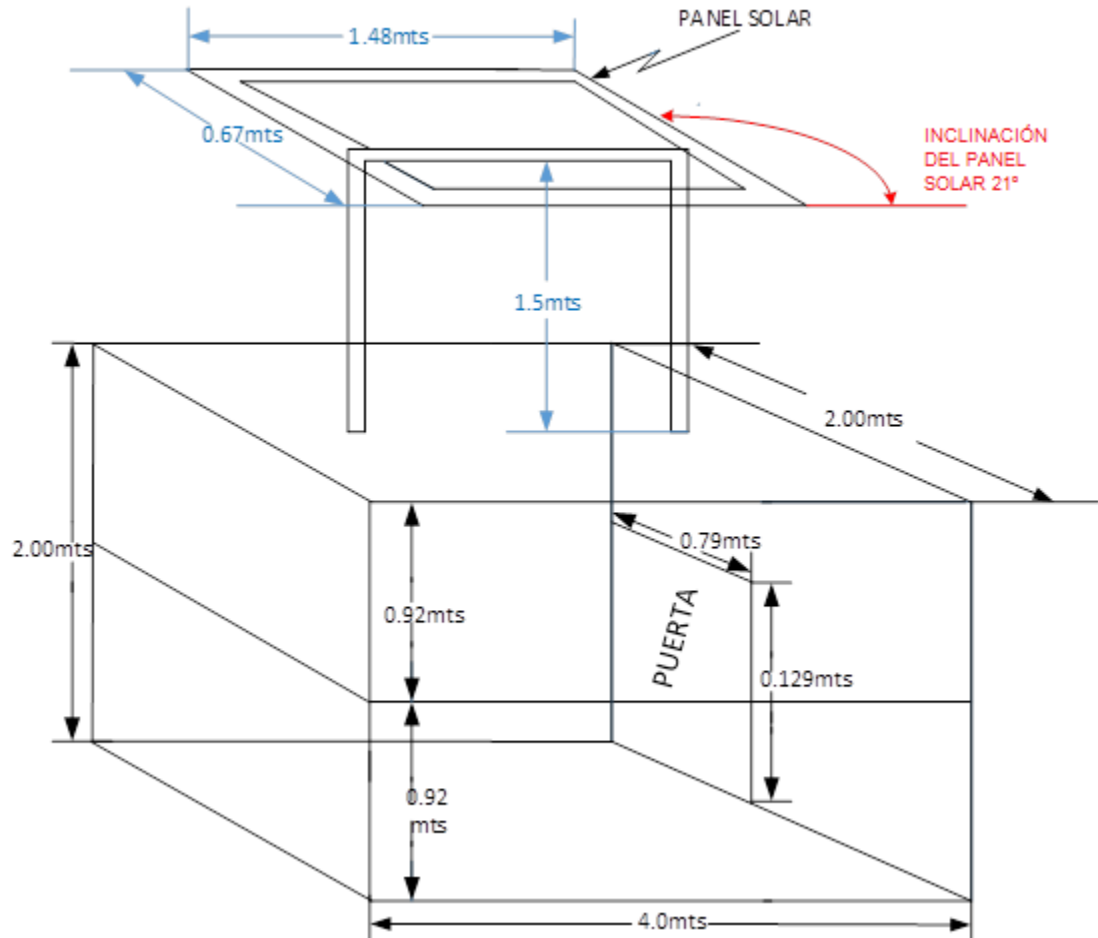
3.1.1 Método

- **Procedimiento para determinar el área del panel fotovoltaico.**
 - Contar el número de celdas monocristalinas verticalmente.
 - Contar el número de celdas monocristalinas horizontalmente.
 - Medir el espacio que hay de celda en celda.
 - Medir la longitud de largo de la celda monocristalino.
 - Medir la longitud de ancho de la celda monocristalino.
 - Hacer las mediciones de la altura del panel y de la base del panel.
 - Determinar el área de la sumatoria de todas las celdas monocristalinas.
 - Determinar el área del panel fotovoltaico.
- **Procedimiento para determinar la potencia y eficiencia de un panel fotovoltaico**

- Observar en las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico la tensión de una celda fotovoltaica.
- Contar el número de celda fotovoltaica instalada en serie.
- Determinar el voltaje de circuito abierto del panel fotovoltaico.
- Observar en las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico la intensidad de corriente de salida de una celda fotovoltaica.
- Contar el número de celdas instaladas en paralelo.
- Determinar la intensidad de corriente del panel fotovoltaico
- Determinar la potencia pico del panel fotovoltaico.
- **Procedimiento para determinar el número de paneles requeridos**
 - Escoger los equipos y cantidad de estos que se quieren alimentar con la carga del panel.
 - Conocer la potencia requerida de los equipos que han de funcionar.
 - Multiplicar el número de equipos por la potencia requerida y por el tiempo en el que es usado y se obtiene la potencia del equipo (Wh).
 - Determinar el consumo energético teórico de todos los equipos a usar sumando todas las potencias del equipo el cual resultara la potencia requerida (Wh) que el panel tendrá que alimentar.
 - Determinar el consumo de energía real.
 - Determinar el número de paneles
- **Procedimiento para determinar la capacidad de acumulación de energía en las baterías.**
 - Determinar la utilidad energética real de todos los equipos a utilizar.
- **Procedimiento para determinar el número de reguladores a utilizar**

- Determinar la intensidad de corriente del panel.
- Determinar el número de paneles.
- Determinar la máxima intensidad nominal a la que trabaja el regulador.
- **Procedimiento para seleccionar el inversor adecuado**
 - Determinar la potencia de cada equipo que la instalación va demandar.
 - Sumar la potencia de todos los equipos a utilizar y se determina la potencia instantánea máxima.
 - Multiplicar la potencia instantánea máxima. Por el factor de seguridad del 10%.
- **Procedimientos para la construcción e implementación de la caseta de vigilancia**
 - **Selección y recopilación de información referente al proyecto**
Se seleccionó, recopiló y analizó información científica, manuales y proyectos similares disponibles, para delimitar el área donde se realizó la construcción de la caseta de vigilancia y colocación del panel solar según la latitud del lugar.
 - **Determinación de las dimensiones del proyecto**
Se determinó las dimensiones y área de la caseta de vigilancia, y la orientación y ángulo de inclinación del panel solar, los cuales fueron importantes para diseñar y elaborar el plano de construcción, por ende para estimar los materiales que se utilizaron.

Figura 14: Caseta de Vigilancia y Panel Solar con medidas



Fuente: Elaboración propia

– **Construcción de la plataforma de la Caseta de Vigilancia**

Para la construcción de la plataforma se utilizó:

- 05 unidades de ángulos.
- 08 unidades de platino.
- 01 bolsa de cemento.
- 16 unidades de ladrillos, para sentar las bases de la caseta de vigilancia.

Figura 15: Instalación de la plataforma de la Caseta de Vigilancia



Fuente: Elaboración propia

– **Implementación del techo de la caseta de vigilancia**

Para la implementación del techo se contrató a una persona para la colocación del policarbonato; los materiales que se utilizó son:

- 1½ unidad de madera OSB de 18 mm 1,22 x 2,44 m.
- ¼ de tornillo autoperforante 8 x ½ pulg.
- ¼ de tornillo autoperforante 8 x 1 pulg.
- 01 unidad de barras H para policarbonato 6 mm 11,6 m.
- 01 policarbonato azul 6 mm 11,80 x 2.10 convexa.
- Tubo.

Figura 16: Implementación del techo



Fuente: Elaboración propia

– **Construcción de la Caseta de Vigilancia**

Para la construcción de la caseta de vigilancia se contrató a 2 personas, los materiales que se utilizó son:

- 5½ unidades de madera OSB de 18 mm 1,22 x 2,44 m.
- 01 unidad de pintura negra.
- Vidrio.
- 02 galones de thinner.
- 01 galón de barniz.

Figura 17: Construcción de la Caseta de Vigilancia



Fuente: Elaboración propia

- **Implementación de los vidrios de la Caseta de Vigilancia**
Se contrató a un vidriero para la implementación de vidrios.

Figura 18: Implementación de los vidrios de la Caseta de Vigilancia



Fuente: Elaboración propia

– **Instalación del sistema fotovoltaico y luminarias internas, externas.**

En la instalación del sistema fotovoltaico se utilizó:

- Panel Solar monocristalino de 140 W
- 01 batería de 12 VCC/100 Ah
- 01 controlador de carga de 12/24 V-10 A
- 01 inversor de 1000 W/12 VCC

Figura 19: Batería de 12 VCC/100 Ah



Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Controlador de carga de 12/24 V-10 A



Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Inversor de 1000 W/12 VCC



Fuente: Elaboración propia

Se instaló las siguientes luminarias:

- ✓ 01 luminaria interna de 05 W - Leds
- ✓ 01 luminaria externa de 15 W - Leds.

Figura 22: Instalación de luminarias



Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Instalación de luminarias externas



Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Instalación de luminaria interna



Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Caseta de vigilancia



Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Tipo de la investigación

La investigación es aplicada, ya que se tiene como propósito diseñar e instalar un sistema fotovoltaico una caseta de vigilancia, donde se aprovecha la energía producida por el sol y lo convertirá en energía eléctrica. Con la implementación del sistema fotovoltaico se soluciona el problema de ausencia de suministro de energía a la caseta.

3.1.3 Nivel de la investigación

El nivel es explicativa, porque se manipuló intencionalmente la carga del sistema fotovoltaico y el día donde se realizó la evaluación, para observar y medir los cambios y efectos que produce en la eficiencia del panel fotovoltaico. Es decir, porque se pretende establecer las causas del fenómeno que se estudia.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño general fue el experimental, es el estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes para analizar sus efectos en una o más variables dependientes.

Para el diseño el sistema fotovoltaico de la caseta de vigilancia: se estimó o seleccionó la demanda diaria de energía eléctrica de la caseta, energía expresada en capacidad, energía del arreglo de paneles, capacidad en Ah del arreglo de paneles, potencia pico del arreglo de paneles, números de paneles, número de baterías (capacidad de banco de batería), regulador de carga, el inversor, el conductor (se realizará el cálculo del diámetro de los conductores que transmitirán la energía eléctrica), índice de caída de voltaje, calcular el factor de forma.

Para la determinación de la eficiencia energética del panel fotovoltaico del sistema implementado en la caseta de vigilancia, se realizó el monitoreo durante cuatro días, desde las 9:20 am hasta las 14:15 pm, en intervalos de 5 minutos; donde se utilizó los siguientes instrumentos: pinza amperimétrica, multitester y solarímetro, para realizar mediciones de intensidad de corriente y voltaje que genera el panel fotovoltaico, radiación solar que incide en la superficie horizontal y en la superficie del panel fotovoltaico, con las mediciones se determinó la potencia y eficiencia respecto a la radiación solar en la horizontal y en la superficie del panel fotovoltaico. Los días en las que se realizó las experimentaciones fue el 07, 08, 10 y 11 de noviembre del 2016.

3.3 Hipótesis de la investigación

3.3.1 Hipótesis general

El diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para una caseta de vigilancia del campus universitario UAP-Filial Huancayo, involucra el cálculo de la demanda media diaria que puede suministrar un módulo, y el número de módulos solares y de baterías necesarias para la autonomía del sistema.

3.3.2 Hipótesis específicos

- La demanda diaria de energía eléctrica la caseta de vigilancia es 275 Wh/día.
- La energía diaria que puede suministrar un módulo es 415,72 Wh/día, el número de módulos solares fotovoltaicos y de baterías necesarias para la autonomía del sistema es uno.
- La eficiencia del panel fotovoltaico para una caseta de vigilancia es 15%.

3.4 Variables

3.4.1 Variable independiente

- Eficiencia del panel fotovoltaico

3.4.2 Variable dependiente

- Día del año.
- Carga del sistema fotovoltaico.

3.5 Cobertura del estudio

3.5.1 Universo

En la presente investigación el universo del proyecto está conformado por el 100% de las experimentaciones realizadas.

3.5.2 Población

En la presente investigación la población del estudio está conformada por las experimentaciones realizadas durante los 4 días.

3.5.3 Muestra

En la presente investigación la muestra del estudio está conformada por las experimentaciones realizadas durante los 4 días.

3.5.4 Muestreo

El muestreo es aleatorio simple; el muestreo se desarrolló durante los 4 días, desde las 9:20 am a las 14:15 pm, con un intervalo de 5 minutos, se registró la intensidad de corriente y voltaje que genera el panel fotovoltaico, radiación solar en la horizontal y en la superficie del panel fotovoltaico; cada muestra se tomara con carga de 15W y sin carga de 15W.

3.6 Técnicas e instrumentos

3.6.1 Técnicas de la investigación

La técnica utilizada es el test instrumental- metrología.

3.6.2 Instrumentos de la investigación

Los instrumentos que se utilizó en la investigación fueron los siguientes:

- Multitester: El multímetro digital que es un instrumento electrónico, calcula la tensión o voltaje (V), resistencia (Ω) y corriente (A), se puede comprobar el correcto funcionamiento de los componentes y circuitos electrónicos en nuestra casa (Sebastián, 2013).
- Pinza amperimétrica: Es un tipo especial de amperímetro que permite obviar el inconveniente de tener que abrir el circuito en el que se quiere medir la corriente para colocar un amperímetro clásico , Para su uso la pinza se cierra alrededor de un cable

paralelo de dos conductores que alimenta un equipo, en el que obviamente fluye la misma corriente por ambos conductores (y de sentido o fase contrarios), nos dará una lectura de "cero" (Pablo, 2008).

- Solarímetro: Es un instrumento digital que mide la irradiancia solar, este medidor determina la potencia solar, sus unidades son W/m^2 .

3.7 Procesamiento estadístico de la información

3.7.1 Estadísticos

Se utilizó en la estadística descriptiva, la medida de tendencia central media aritmética de las mediciones realizadas.

Se utilizó el Matlab para el procesamiento de las mediciones de intensidad de corriente y voltaje que genera el panel fotovoltaico y radiación solar con respecto a la horizontal y la superficie del panel fotovoltaico. Con las mediciones se determinó la potencia y eficiencia respecto a la radiación solar en la horizontal y en la superficie del panel fotovoltaico.

3.7.2 Representación

Las representaciones de las mediciones y estimaciones son a través de tablas y gráficos, para evaluar el comportamiento y eficiencia del panel fotovoltaico a las condiciones en las que se instaló el sistema fotovoltaico.

3.7.3 Técnica de comprobación de la hipótesis

Considerando que el objetivo de la investigación es diseñar e implementar un sistema fotovoltaico para una caseta de vigilancia del campus universitario UAP-Filial Huancayo, la técnica de

comprobación implica únicamente en verificar si mediante el procedimiento detallado se puede realizar lo propuesto.

Para evaluar la eficiencia del panel fotovoltaico se podría aplicar la prueba Z, que realiza comparaciones de la media aritmética de dos poblaciones, uno sería la eficiencia teórica del 15% y la otra sería a partir de las mediciones realizadas, pero no es factible porque las condiciones de las experimentaciones son diferentes.

CAPÍTULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Dimensionamiento Fotovoltaico de la Caseta de Vigilancia en las instalaciones de la UAP – Filial Huancayo

El cálculo de la demanda diaria de energía eléctrica AC tomacorrientes e iluminación para la caseta de vigilancia en las instalaciones de la UAP – Filial Huancayo se presenta en la Tabla 3 y 4, respectivamente.

Tabla 3: Demanda diaria de energía eléctrica AC tomacorrientes

Equipo/ Aparato	Potencia (W)	Número de Equipos	Potencia Total (W)	Consumo (horas/día)	Energía (Wh/día)
Laptop	70	1	70	2	140
Cargador de	5	1	5	2	10

celular					
Total			75		150

Fuente: Elaboración propia

Se considera un margen de seguridad del 10% a la Energía AC tomacorrientes, por lo la energía total es 165 Wh/día.

Tabla 4: Demanda diaria de energía eléctrica AC Iluminación

Ambiente	Potencia (W)	Número de Equipos	Potencia Total (W)	Consumo (horas/día)	Energía (Wh/día)
Iluminación exterior	15	1	15	5	75
Iluminación interior	5	1	5	5	25
Total			20		100

Fuente: Elaboración propia

Se considera un margen de seguridad del 10% a la Energía AC iluminación, por lo la energía total es 110 Wh/día.

Eficiencia del sistema: 90%

Eficiencia de la batería: 90%

Eficiencia por efecto joule: 98%

- **Demanda AC de Carga eléctricas en tomacorrientes e iluminación**

$$E_R = E_{\text{tomacorrientes}} + E_{\text{iluminación}} \quad (8)$$

$$165 + 110 = 275 \text{ Wh/día}$$

***Corriente alterna**

- **Energía real necesaria del consumo diario (E_R)**

$$E_R = \frac{\text{Demanda AC}}{\eta_{\text{bat}} \times \eta_{\text{joule}}} \quad (9)$$

$$E_R = \frac{275 \text{ Wh/día}}{0,90 \times 0,98}$$

$$E_R = 311,79 \text{ Wh/día}$$

- **Energía expresada en Capacidad Ah (C_R)**

$$C_R = \frac{E_R}{Vol_{BAT}} \quad (10)$$

$$C_R = \frac{311,79 \text{ Wh/día}}{12 \text{ V}}$$

$$C_R = 25,98 \text{ Ah/día}$$

Los paneles deben suministrar este valor de energía que satisfaga la energía real necesaria demanda por el usuario y que estará contenida en las baterías

- **Energía del arreglo de paneles (E_S)**

Considerando un factor de autonomía de 3 días es:

$$E_S = \frac{E_R}{\eta_{panel}} \times \text{Factor de autonomía} \quad (11)$$

$$E_S = \frac{311,79 \text{ Wh/día}}{0,90} \times 1,2$$

$$E_S = 415,72 \text{ Wh/día}$$

- **Capacidad en Ah del arreglo de paneles (C_S) es:**

$$C_S = \frac{E_S}{Vol_{BAT}} \quad (12)$$

$$C_S = \frac{415,72 \text{ Wh/día}}{12 \text{ V}}$$

$$C_S = 34,64 \text{ Ah/día}$$

- **La potencia pico del arreglo de paneles (P_S)**

$$P_S = \frac{E_S}{HES} \quad (13)$$

$$P_S = \frac{415,72 \text{ Wh/día}}{5,0 \text{ h/día}}$$

$$P_s = 83,14 \text{ W}$$

Considerando una radiación promedio anual de 5,0 h = MHES; Según Fuente: Estación Climatológica del Huayao - Observatorio de Huancayo HES: Horas Efectivas de Sol

- **Número de paneles (N_p)**

Para determinar el número de paneles se ha considerado el uso del panel fotovoltaico SOLAR MODULE DE 140 W que carga baterías de 12 V ó 24 V El Panel fotovoltaico genera una potencia máxima de 140 W a un voltaje de 12 V y una corriente de 7,89 A.

$$N_p = \frac{C_s}{HES \times I_{Panel}} \quad (14)$$

$$N_p = \frac{34,64 \text{ Ah/día}}{5,0 \times 7,89}$$

$$N_p = 0,88 \text{ panel}$$

$$N_p = 1 \text{ panel}$$

- **Número de baterías**

Considerando una Profundidad de descarga (P_d) de las baterías de 60% (ciclo profundo) y una autonomía de 2 días, la capacidad del banco de baterías es:

$$C_B = \frac{C_R}{P_d} \times \text{Días de autonomía} \quad (15)$$

$$C_B = \frac{25,98 \text{ Ah/día}}{0,6} \times 2$$

$$C_B = 96,6 \text{ Ah}$$

Dónde:

CB = Capacidad requerida por el consumo o demanda

CR = Capacidad del banco de baterías

Se requiere por 01 batería de 12 V/100 Ah.

- **Regulador de carga**

Para calcular el regulador de carga necesario, se multiplica la corriente de cortocircuito (I_{CC}) de cada panel por el número de necesarios (N_p). Este producto será la máxima intensidad nominal a la que trabajará el regulador ($I_{m\acute{a}x}$).

Por las características del panel fotovoltaico SOLAR MODULE DE 140 W tiene un voltaje de 17,76 V y una corriente de cortocircuito de 8,45 A.

$$I_{m\acute{a}x} = I_{CC} \times N_p \quad (16)$$

$$I_{m\acute{a}x} = 8,45A \times 1$$

$$I_{m\acute{a}x} = 8,45 A$$

Se requiere un regulador de carga de 10 A. instalado en paralelo marca: Vitron Energy. Modelo PWV Pro Charge Controller 12/24 V-10 A.

- **Selección del inversor.**

Para la selección se utiliza instantánea máxima que la instalación va a demandar, de acuerdo a la Tabla 4 y 5 de consumo de Tomacorrientes AC= 75 W e Iluminación AC = 20 W. Los cuales se obtiene: 95 W. Como no hay valor comercial de este inversor se utilizara el de 300 W.

- **Selección del conductor.**

El cálculo del diámetro de los conductores que transmitirán la energía eléctrica desde la instalación del panel solar, hasta los equipos del centro de consumo. Se realiza utilizando la fórmula de potencia activa.

$$P = V \times I \times \cos\alpha \quad (17)$$

Considerando el factor de potencia $\cos\alpha = 0,6$. Potencia igual a 140W y voltaje $V = 12 V$ Se tiene:

$$I = \frac{140}{12 \times 0,6}$$

$$I = 19,44 A$$

- **Índice de caída de voltaje: ICV.**

Un circuito activo (corriente circulando) sufre una pérdida de potencia en los cables que interconectan el sistema. Para un determinado valor de la corriente de carga, esta pérdida es proporcional a la caída de voltaje en los mismos.

$$ICV = \frac{A \times D \times 3,281}{\%CV \times V_{nom}} \quad (18)$$

Dónde:

A = Número de amperios.

D = Distancia (en una sola dirección entre los puntos a conectarse).

%CV = Porcentaje de caída de voltaje.

V_{nom} = Valor del voltaje nominal del sistema.

Remplazando los datos: A= 20,13 A; D= 2,5 m, %CV = 4; V= 12. Si la longitud es en metros se usa el factor 3,821.

Entonces:

$$ICV = \frac{20,13 \times 2,5 \times 3,281}{4 \times 12}$$

$$ICV = 3.43$$

Por la tanto:

$$ICV = 3$$

Tabla 5: Relación entre el ICV y el AWG

Calibre AWG	ICV	Calibre AWG	ICV
4/0	99	6	12
3/0	78	8	8
2/0	62	10	5
1/0	49	12	3
2	31	14	2
4	20	16	1

Fuente: Elaboración propia

- **Determinando el factor de forma del panel monocristalino.**

$$FF = \frac{I_{\max} \times V_{\max}}{I_{CC} \times V_{OC}}$$

Considerando lo siguiente: $I_{\max}=8,45$ A, $V_{\max}=17,76$ V, $V_{OC}=21,87$ V, reemplazando:

$$FF = \frac{7,89 \text{ A} \times 17,6\text{V}}{8,45\text{A} \times 21,87\text{V}}$$

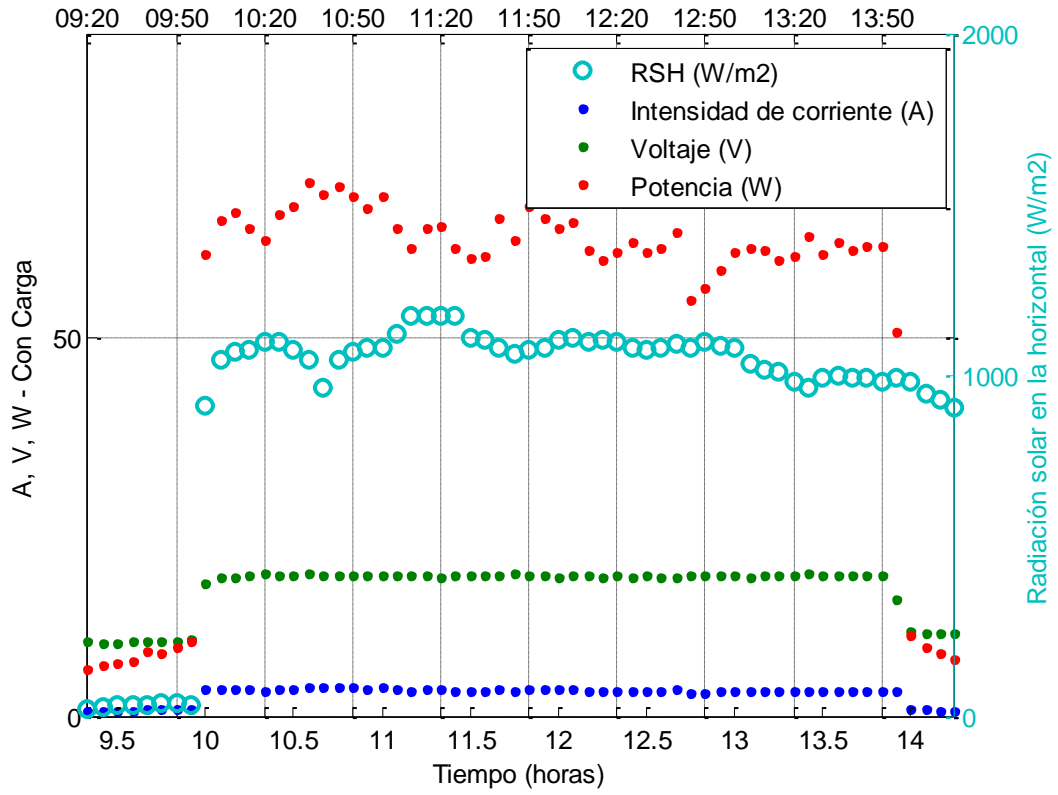
$$\mathbf{FF = 0,76}$$

El factor de forma resulta 0,76; este parámetro nos indica la calidad de la célula.

4.1.2. Presentación e interpretación de los datos del monitoreo

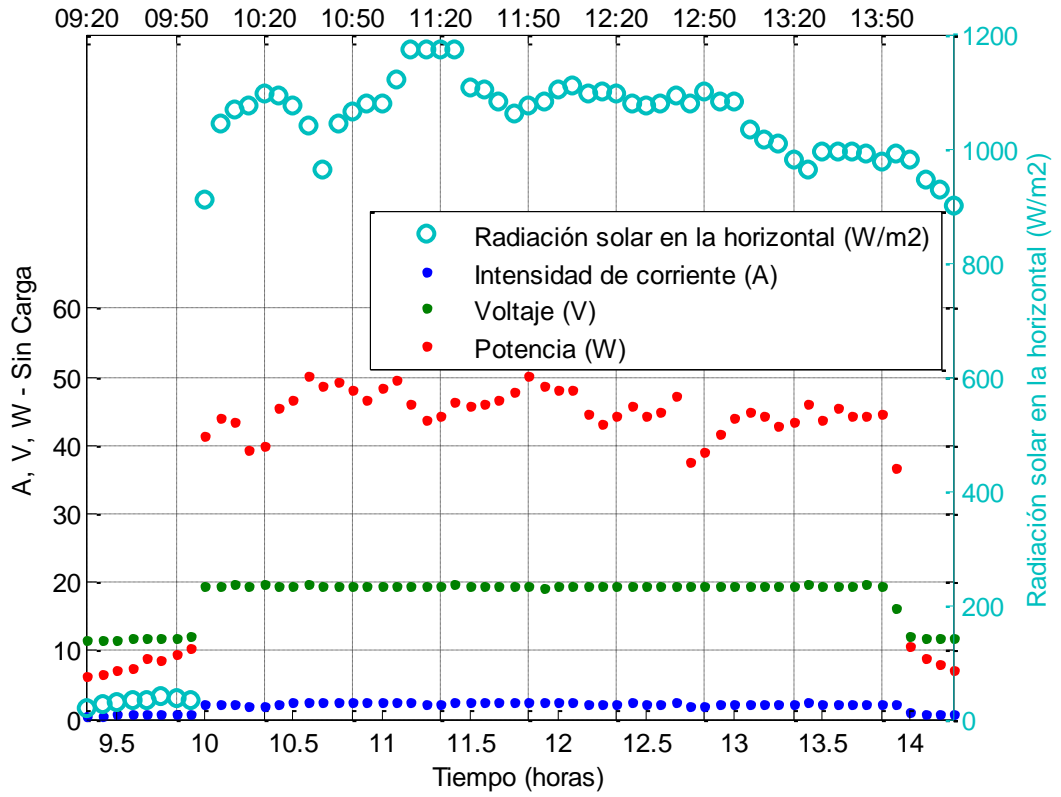
Se realizó 4 experimentaciones en el panel fotovoltaico durante 4 días, desde las 9:20 am hasta las 2:15 pm, donde se registró la intensidad de corriente y voltaje suministrado por el panel solar, radiación solar en la horizontal y en la superficie del panel, con una carga de 15 W y sin carga, a intervalos de 5 minutos. Los días fueron el 07, 08, 10 y 11 de noviembre del 2016. Los resultados de las mediciones y sus promedios del día 07/11/2016, a las condiciones con y sin carga, se presentan en la Tabla 6 y 7, respectivamente. Similarmente, las mediciones se presentan en el Gráfico 6 y 7 que corresponde al mismo día y a ambas condiciones.

Gráfico 6: Mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, con carga.



Fuente: *Elaboración propia*

Gráfico 7: Mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, sin carga



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 6: Mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, con carga

Nº	Tiempo	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)	RSH (W/m ²)	RSPFV (W/m ²)	Potencia generada (W)	Eficiencia (η)	
							Respecto a la RSH	Respecto a la RSPFV
1	09:20	0,64	9,75	20	28	6,24	21,08	15,06
2	09:25	0,68	9,68	27	35	6,58	16,47	12,71
3	09:30	0,72	9,73	31	39	7,01	15,27	12,14
4	09:35	0,75	9,77	32	40	7,33	15,47	12,38
5	09:40	0,86	9,84	35	43	8,46	16,34	13,30
6	09:45	0,84	9,87	39	47	8,29	14,36	11,92
7	09:50	0,90	9,97	36	44	8,97	16,84	13,78
8	09:55	0,96	10,15	34	42	9,74	19,36	15,68
9	10:00	3,48	17,51	911	589	60,93	4,52	6,99
10	10:05	3,60	18,18	1045	766	65,45	4,23	5,77
11	10:10	3,65	18,20	1070	847	66,43	4,19	5,30
12	10:15	3,45	18,62	1076	866	64,24	4,03	5,01
13	10:20	3,35	18,75	1095	885	62,81	3,88	4,80
14	10:25	3,54	18,66	1094	898	66,06	4,08	4,97
15	10:30	3,62	18,55	1074	864	67,15	4,22	5,25
16	10:35	3,77	18,70	1042	826	70,50	4,57	5,77
17	10:40	3,73	18,44	963	869	68,78	4,83	5,35
18	10:45	3,74	18,65	1045	890	69,75	4,51	5,30
19	10:50	3,69	18,58	1066	833	68,56	4,35	5,56
20	10:55	3,61	18,53	1078	894	66,89	4,19	5,06
21	11:00	3,70	18,55	1079	910	68,64	4,30	5,10
22	11:05	3,45	18,68	1120	973	64,45	3,89	4,48
23	11:10	3,33	18,54	1172	1150	61,74	3,56	3,63
24	11:15	3,45	18,63	1174	1153	64,27	3,70	3,77
25	11:20	3,51	18,38	1173	1156	64,51	3,72	3,77
26	11:25	3,35	18,43	1175	1088	61,74	3,55	3,83
27	11:30	3,25	18,61	1107	1093	60,48	3,69	3,74
28	11:35	3,26	18,62	1105	1080	60,70	3,71	3,80
29	11:40	3,52	18,65	1081	1053	65,65	4,10	4,21
30	11:45	3,36	18,69	1062	1019	62,80	4,00	4,16
31	11:50	3,61	18,6	1074	1028	67,15	4,22	4,41
32	11:55	3,54	18,54	1081	1037	65,63	4,10	4,28
33	12:00	3,52	18,27	1105	1059	64,31	3,93	4,10
34	12:05	3,51	18,54	1110	1062	65,08	3,96	4,14
35	12:10	3,33	18,49	1096	1048	61,57	3,80	3,97
36	12:15	3,26	18,42	1101	1053	60,05	3,69	3,85

37	12:20	3,32	18,45	1097	1049	61,25	3,77	3,95
38	12:25	3,40	18,39	1079	1031	62,53	3,92	4,10
39	12:30	3,32	18,43	1075	1027	61,19	3,85	4,03
40	12:35	3,36	18,36	1079	1031	61,69	3,86	4,04
41	12:40	3,47	18,41	1092	1044	63,88	3,95	4,13
42	12:45	2,97	18,46	1080	1027	54,83	3,43	3,61
43	12:50	3,03	18,59	1099	1046	56,33	3,46	3,64
44	12:55	3,18	18,50	1082	1029	58,83	3,67	3,86
45	13:00	3,31	18,47	1081	1011	61,14	3,82	4,09
46	13:05	3,35	18,41	1032	989	61,67	4,04	4,21
47	13:10	3,32	18,49	1016	973	61,39	4,08	4,26
48	13:15	3,23	18,6	1009	966	60,08	4,02	4,20
49	13:20	3,27	18,56	979	936	60,69	4,19	4,38
50	13:25	3,38	18,69	962	919	63,17	4,44	4,64
51	13:30	3,28	18,60	993	957	61,01	4,15	4,31
52	13:35	3,36	18,61	995	952	62,53	4,25	4,44
53	13:40	3,31	18,59	994	961	61,53	4,18	4,33
54	13:45	3,32	18,66	991	958	61,95	4,22	4,37
55	13:50	3,36	18,43	978	935	61,92	4,28	4,47
56	13:55	3,31	15,29	992	959	50,61	3,45	3,57
57	14:00	0,96	11,09	980	937	10,65	0,73	0,77
58	14:05	0,83	10,98	945	902	9,11	0,65	0,68
59	14:10	0,76	10,93	929	886	8,31	0,60	0,63
60	14:15	0,69	10,84	901	858	7,48	0,56	0,59
	Promedio	1,99	16,79	918,13	844,83	52,05	5,51	5,38

Fuente: *Elaboración propia*

RSH es la radiación solar que incide en la horizontal y RSPFV es la radiación solar que incide en la superficie del panel fotovoltaico.

Tabla 7: Mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, sin carga

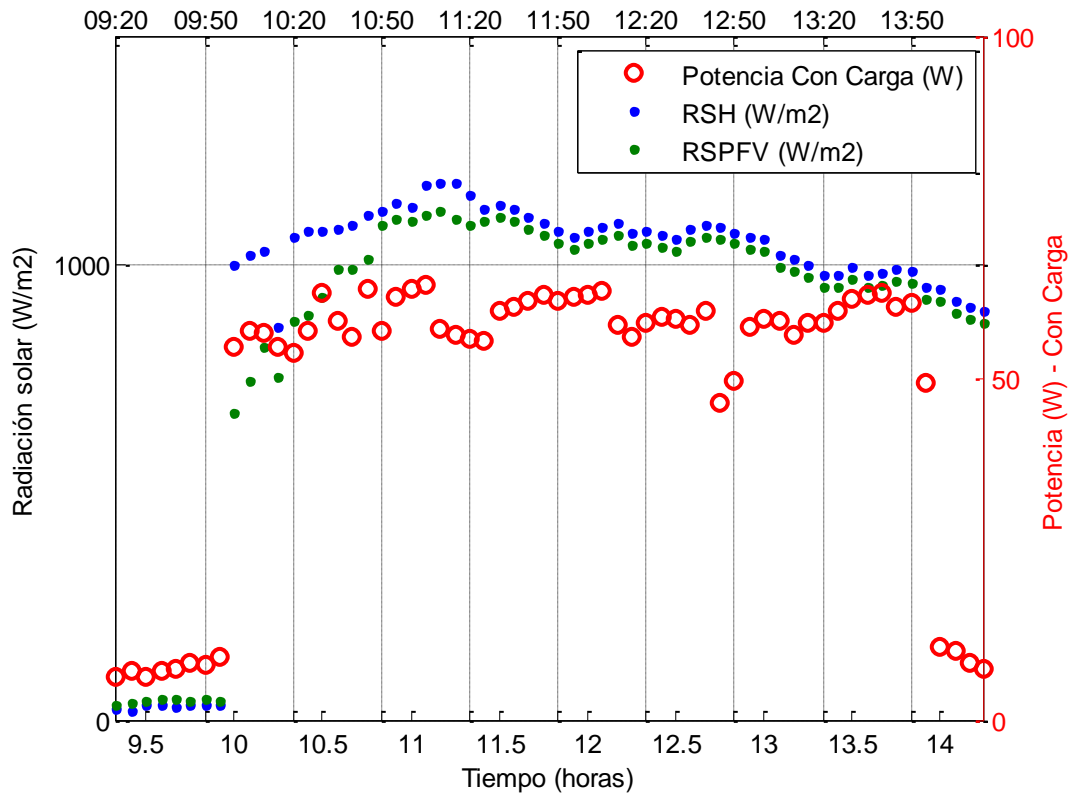
Nº	Tiempo	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)	RSH (W/m ²)	RSPFV (W/m ²)	Potencia generada (W)	Eficiencia (η)	
							Respecto a la RSH	Respecto a la RSPFV
1	09:20	0,53	11,59	20	28	6,14	20,75	14,82
2	09:25	0,57	11,62	27	35	6,62	16,58	12,79
3	09:30	0,61	11,67	31	39	7,12	15,52	12,33
4	09:35	0,64	11,71	32	40	7,49	15,82	12,66
5	09:40	0,75	11,78	35	43	8,84	17,06	13,88
6	09:45	0,73	11,81	39	47	8,62	14,94	12,39
7	09:50	0,79	11,91	36	44	9,41	17,66	14,45
8	09:55	0,85	12,08	34	42	10,27	20,41	16,52
9	10:00	2,13	19,44	911	589	41,41	3,07	4,75
10	10:05	2,25	19,56	1045	766	44,01	2,85	3,88
11	10:10	2,21	19,67	1070	847	43,47	2,75	3,47
12	10:15	2,01	19,55	1076	866	39,30	2,47	3,07
13	10:20	2,03	19,68	1095	885	39,95	2,47	3,05
14	10:25	2,32	19,59	1094	898	45,45	2,81	3,42
15	10:30	2,40	19,48	1074	864	46,75	2,94	3,66
16	10:35	2,55	19,63	1042	826	50,06	3,25	4,09
17	10:40	2,51	19,37	963	869	48,62	3,41	3,78
18	10:45	2,52	19,58	1045	890	49,34	3,19	3,75
19	10:50	2,47	19,51	1066	833	48,19	3,05	3,91
20	10:55	2,39	19,46	1078	894	46,51	2,92	3,52
21	11:00	2,48	19,48	1079	910	48,31	3,03	3,59
22	11:05	2,54	19,5	1120	973	49,53	2,99	3,44
23	11:10	2,37	19,45	1172	1150	46,10	2,66	2,71
24	11:15	2,23	19,56	1174	1153	43,62	2,51	2,56
25	11:20	2,29	19,31	1173	1156	44,22	2,55	2,58
26	11:25	2,34	19,80	1175	1088	46,33	2,66	2,88
27	11:30	2,36	19,37	1107	1093	45,71	2,79	2,83
28	11:35	2,37	19,39	1105	1080	45,95	2,81	2,88
29	11:40	2,41	19,41	1081	1053	46,78	2,92	3,00
30	11:45	2,46	19,43	1062	1019	47,80	3,04	3,17
31	11:50	2,59	19,34	1074	1028	50,09	3,15	3,29
32	11:55	2,52	19,28	1081	1037	48,59	3,04	3,17
33	12:00	2,48	19,45	1105	1059	48,24	2,95	3,08
34	12:05	2,47	19,51	1110	1062	48,19	2,93	3,07
35	12:10	2,29	19,46	1096	1048	44,56	2,75	2,87
36	12:15	2,22	19,39	1101	1053	43,05	2,64	2,76

37	12:20	2,28	19,42	1097	1049	44,28	2,73	2,85
38	12:25	2,36	19,36	1079	1031	45,69	2,86	2,99
39	12:30	2,28	19,40	1075	1027	44,23	2,78	2,91
40	12:35	2,32	19,33	1079	1031	44,85	2,81	2,94
41	12:40	2,43	19,38	1092	1044	47,09	2,91	3,05
42	12:45	1,93	19,43	1080	1027	37,50	2,35	2,47
43	12:50	1,99	19,56	1099	1046	38,92	2,39	2,51
44	12:55	2,14	19,47	1082	1029	41,67	2,60	2,74
45	13:00	2,27	19,44	1081	1011	44,13	2,76	2,95
46	13:05	2,31	19,38	1032	989	44,77	2,93	3,06
47	13:10	2,28	19,46	1016	973	44,37	2,95	3,08
48	13:15	2,19	19,57	1009	966	42,86	2,87	3,00
49	13:20	2,23	19,53	979	936	43,55	3,01	3,14
50	13:25	2,34	19,66	962	919	46,00	3,23	3,38
51	13:30	2,24	19,57	993	957	43,84	2,98	3,10
52	13:35	2,32	19,58	995	952	45,43	3,08	3,22
53	13:40	2,27	19,56	994	961	44,40	3,02	3,12
54	13:45	2,26	19,63	991	958	44,36	3,02	3,13
55	13:50	2,30	19,40	978	935	44,62	3,08	3,22
56	13:55	2,25	16,26	992	959	36,59	2,49	2,58
57	14:00	0,89	12,06	980	937	10,73	0,74	0,77
58	14:05	0,75	11,95	945	902	8,96	0,64	0,67
59	14:10	0,68	11,90	929	886	8,09	0,59	0,62
60	14:15	0,61	11,81	901	858	7,20	0,54	0,57
	Promedio	1,99	17,90	918,13	844,83	37,65	4,64	4,40

Fuente: Elaboración propia

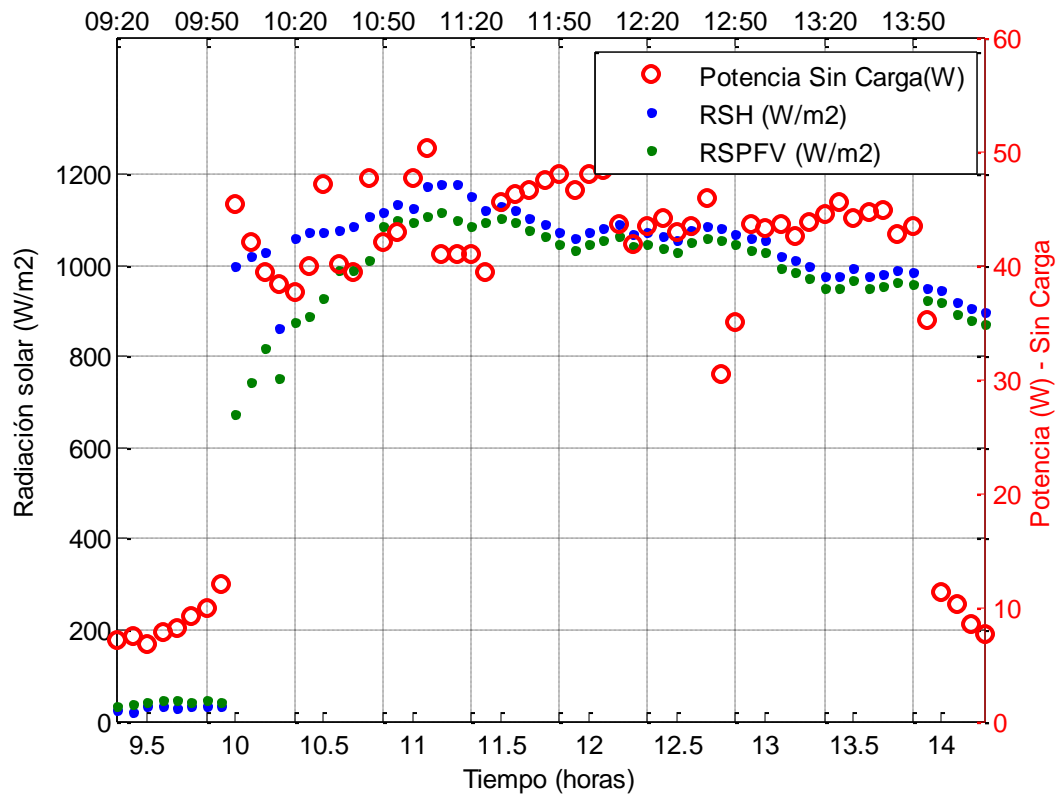
En el gráfico 8, se presenta la potencia suministrada por el panel fotovoltaico conectada a una carga de 15 W, en relación a la radiación solar incidente en la horizontal y en la superficie del panel, respecto al día 08/11/16.

Gráfico 8: Potencia en función a la radiación solar para el día 08/11/2016, con carga



Fuente: Elaboración propia

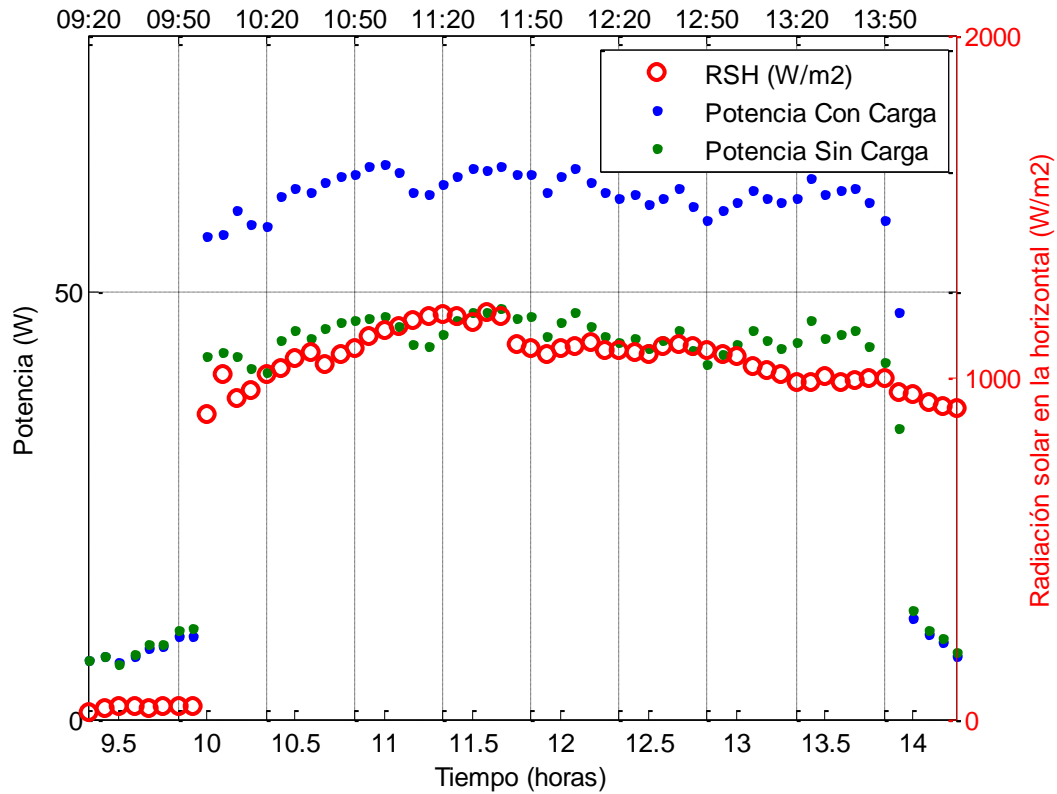
Gráfico 9: Potencia en función a la radiación solar para el día 08/11/2016, sin carga



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se presenta la potencia generada por el panel fotovoltaico con una carga de 15 W o sin carga, en relación a la radiación solar que incide en la horizontal, para el día 10/11/16.

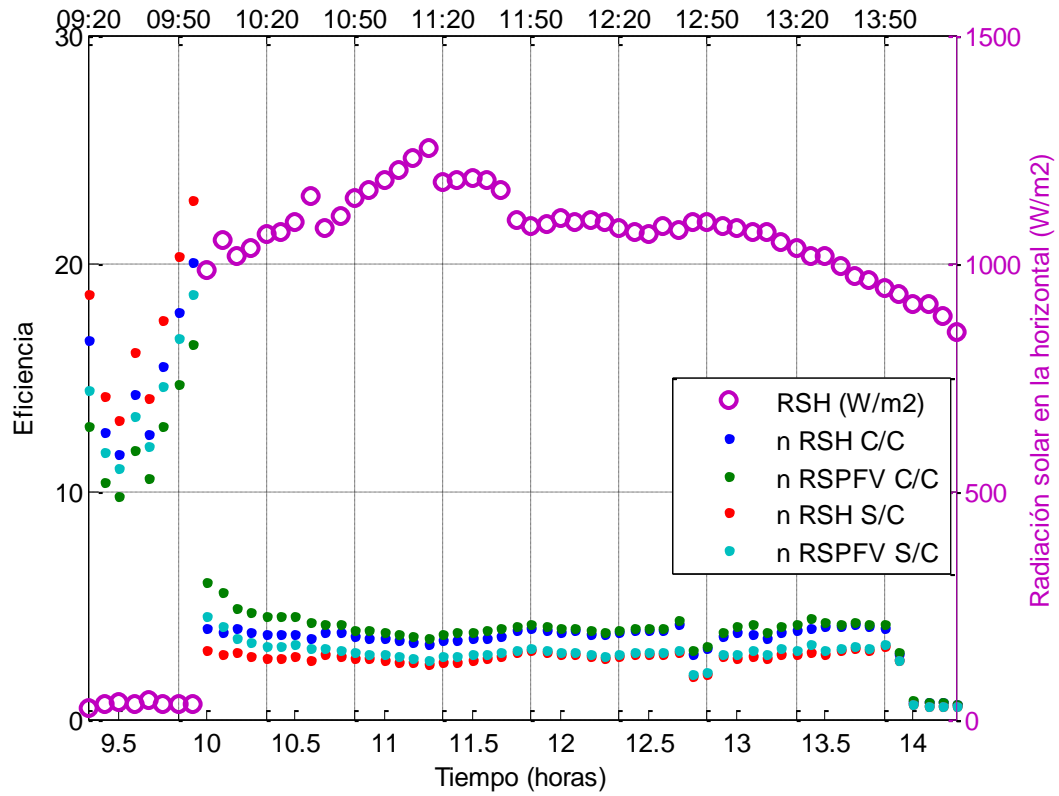
Gráfico 10: Potencia con y sin carga en función a la radiación solar en la horizontal para el día 10/11/2016



Fuente: *Elaboración propia*

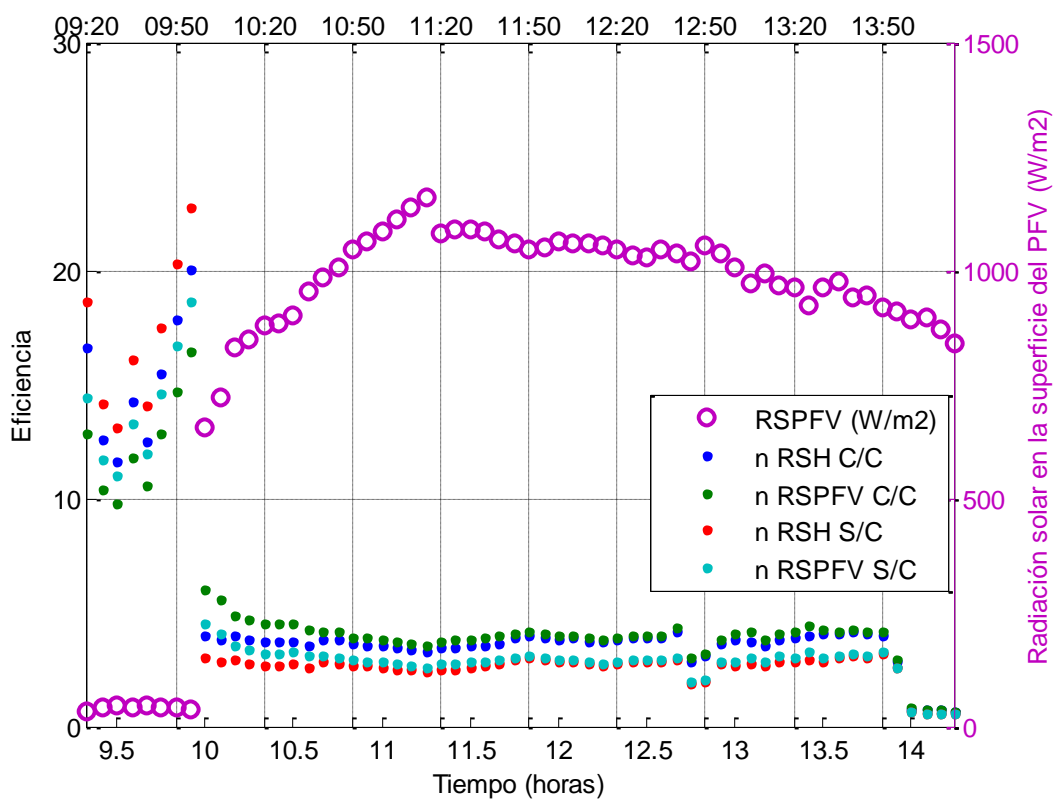
Ahora, para observar el comportamiento de la eficiencia del panel fotovoltaico en la condición de una carga de 15 W o sin carga, respecto a la radiación solar que incide en horizontal y en la superficie del panel, se presentan el gráfico 11 y 12 para el día 11/11/16, respectivamente.

Gráfico 11: Eficiencia con y sin carga en función a la radiación solar en la horizontal para el día 11/11/16



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12: Eficiencia con y sin carga en función a la radiación solar en la superficie del panel fotovoltaico para el día 11/11/2016



Fuente: *Elaboración propia*

Los promedios de las mediciones y cálculos de los 4 días de las experimentaciones se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8: Promedios de las mediciones y cálculos de los 4 días de las experimentaciones

Nº	Día	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)	RSH (W/m ²)	RSPFV (W/m ²)	Potencia generada (W)	Eficiencia (η)	
							Respecto a la RSH	Respecto a la RSPFV
Con carga de 15 W								
1	07/11/16	2,89	16,79	918,13	844,83	52,05	5,51	5,38
2	08/11/16	2,69	16,79	913,57	865,20	48,29	5,40	4,88
3	10/11/16	2,84	16,75	917,67	850,53	50,77	5,32	5,24
4	11/11/16	2,77	16,65	931,42	861,47	49,40	5,05	4,98
Promedio		2,80	16,75	920,20	855,51	50,13	5,32	5,12
Sin carga								
5	07/11/16	1,99	17,90	918,13	844,83	37,65	4,64	4,40
6	08/11/16	1,93	17,91	913,57	865,20	36,28	4,94	4,28
7	10/11/16	1,99	17,90	917,67	850,53	37,47	4,54	4,37
8	11/11/16	1,95	17,81	931,42	861,47	36,70	4,51	4,32
Promedio		1,97	17,88	920,20	855,51	37,03	4,66	4,34

Fuente: Elaboración propia

4.2. Discusión de Resultados

Se puede observar en el Gráfico 6 las mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, con carga, de las 11:00 am hasta 11:35 am la radiación solar es más alto, mientras que el comportamiento de la intensidad de corriente, voltaje y potencia se mantienen casi constante desde las 10 am a 1:55 pm. A partir de las 2:00 pm empiezan a disminuir la radiación solar respecto a la horizontal, consecuentemente la intensidad de corriente, voltaje y potencia; se puede apreciar que la intensidad de corriente aumenta y el voltaje disminuye debido a que hay una carga de 15 W.

En el Gráfico 7 las mediciones de la experimentación del día 07/11/2016, sin carga, la potencia disminuye, porque la intensidad de corriente disminuye, pero el voltaje aumenta.

En el Gráfico 8 que corresponde al día 08/11/2016, con carga, se puede apreciar que la potencia es mayor a las 11:05 am debido a que la radiación solar en la horizontal es más alta y mayor a la radiación solar en la superficie del panel fotovoltaico.

De las gráficas, a mayor radiación solar que incide sobre el panel fotovoltaico la potencia es mayor, más aun si se conecta una carga, incluso a mayor valor de la carga la potencia que genera es mayor.

Cada fotón de la radiación solar provoca la creación de un único par electrón-hueco, y la energía de los fotones en exceso de la requerida para crear pares electrón-hueco también, se convierte en calor. Además, hay pérdidas por reflexión en la superficie superior de las células. Parte de la capa superior de una célula debe estar cubierta por la rejilla de contacto, lo que reduce el área de celda activa. También hay efectos eléctricos, tales como la resistencia laminar (resistencia al flujo de electrones a través de la capa superior a la red) que limitan la salida de la célula. Es decir, puede ser alta la radiación solar, pero la potencia que se genera no varía considerablemente, porque esencialmente la mayor parte de esta energía calienta el panel fotovoltaico y por ende disminuye su eficiencia.

El funcionamiento eléctrico de las celdas fotovoltaicas (PV) y módulos es afectado por las condiciones climáticas directamente a través de la radiación solar incidente e indirectamente por medio de la temperatura de operación, lo cual depende de muchos factores tales como la temperatura ambiente, velocidad del viento, y dirección. La temperatura de operación de la celda PV influye en el proceso de conversión fotovoltaico, porque el voltaje de salida y, por consiguiente, la potencia producida por las celdas y módulos decrece considerablemente con el incremento de la temperatura.

La temperatura de celda o de operación del módulo(s) PV depende de las propiedades físicas de los materiales de la célula, del módulo y su configuración, y de las condiciones climáticas presentes y recientes.

4.3. Contrastación de Hipótesis

La hipótesis de la investigación se contrasta porque el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico para una caseta de vigilancia del campus universitario UAP-Filial Huancayo se realizó aplicando el procedimiento detallado que involucra el cálculo de la demanda media diaria que puede suministrar un módulo, y el número de módulos solares y de baterías necesarias para la autonomía del sistema.

En relación a la eficiencia del panel fotovoltaico, el valor promedio experimental es 4,99% y 4,73%, con una carga de 15 W y sin carga, respectivamente. Ambos valores están lejos de la eficiencia teórica promedio de 15%, por lo que no se contrasta la hipótesis específica, la razón es que el valor de la carga conectada al sistema fotovoltaico y las condiciones ambientales influyen en su valor.

CONCLUSIONES

1. El sistema fotovoltaico diseñado e implementado para una caseta de vigilancia del campus universitario UAP-Filial Huancayo, consta de un panel fotovoltaico de 140 W, una batería de 12 VCC/100 Ah, un controlador de carga de 12/24 V-10 A y un inversor de 1000 W/12 VCC; para suministrar la demanda diaria de energía eléctrica requerida.
2. La demanda diaria de energía eléctrica de una caseta de vigilancia del campus universitario es 275 Wh/día, considera la iluminación y tomacorriente.
3. La energía eléctrica diaria que suministra el sistema fotovoltaico a la caseta de vigilancia del campus universitario es 415,72 Wh/día. El número de módulos solares fotovoltaicos y de baterías necesarias para la autonomía del sistema es uno.
4. La eficiencia promedio experimental del panel fotovoltaico es 5,32% y 4,66%, para un sistema con carga de 15 W y sin carga, respectivamente. Los cuales son distantes de la eficiencia teórica promedio de un panel fotovoltaico monocristalino de 15%. Porque la carga es inferior a la máxima potencia, la cual es 140 W.

RECOMENDACIONES

1. Reubicar el panel fotovoltaico porque antes de las 9:20 am y después de las 2:15 pm aproximadamente, sobre el panel se producen sombras por los edificios y arboles cercanos.
2. Modificar el ángulo de inclinación actual del panel fotovoltaico al valor óptimo anual, el cual es aproximadamente 10° orientado hacia el norte.
3. Utilizar las baterías de gel, porque se produce una pérdida de agua durante el ciclo de carga, y se recombina el oxígeno liberado por las placas positivas con el hidrógeno, y por reacción electroquímica se convierte en agua, De esta manera se hace innecesaria la adición de agua durante toda la vida de la batería.
4. Es necesario concientizar y difundir a la población en cuanto a la utilización de las energías renovables y sus beneficios, para lo cual es recomendable partir por nosotros mismos, aplicando medidas simples como la utilización de paneles solares en dimensiones pequeñas para cargar batería de celulares, radios entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. M. Iqbal. An Introduction To Solar Radiation. Academic Press, Toronto, 1983.
2. E. Lorenzo. Electricidad Solar. Progensa, Sevilla, 1994.
3. G.Blessner, D.Muro. Guidelines For Assessment Of Photovoltaic Plants. Document A. Photovoltaic System Monitoring. Report EUR 16338 EN. 1995.
4. P.I.Cooper. The Absorption Of Solar Radiation In Solar Stills. Solar Energy 12 (3), 333-346 (1969).
5. J.A.Duffie and W.A.Beckman. Solar Engineering Of Termal Proceses. Wiley, New York, 1980.
6. C.Frohlich and R.W.Brursa. Solar Radiation And Its Variation In Time. Sol.Phys.74, 209-215 (1981)
7. B.Y.H. Liu and R.C.Jordan. The Interrelationship And Characteristic Distribution Of Direct, Diffuse And Total Solar Radiation. Solar Energy 4(3), 1-19 (1960).
8. J.K.Page. The Estimation Of Monthly Mean Values Of Daily Total Short-Wave Radiation On Vertical And Inclined Surfaces From Sunshine Records For Latitudes 40°N-40°S. Proc. Ann. Meet. Am. Section, Int. Sol. Energy Soc., Denver, Colorado (1979).
9. A.Whillier. The Determination Of Hourly Values Of Total Solar Radiation From Daily Summations. Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol. Ser. B 7(2), 197-204 (1956).
10. E.Coffari, The Sun And The Celestial Vault, "Solar Energy Engineering" (A.A.M.Sayigh,ed.),Chapter 2. Academic Press, New York, 1977.
11. Perez R. et al. A New Simplified Version Of The Perez Diffuse Irradiance Model For Tilted Surfaces. Solar Energy Vol. 39, Nº 3, pp 221-231 (1987).
12. M. A. Green. Solar Cells. Operating Principles, Technology And System Applications. Prentice-Hall, Nueva Jersey, 1982.
13. S.R.Wenham, M.A.Green et al. Applied Photovoltaics, Centre For Photovoltaic Devices And Systems. University of New South Wales.

14. M. Jantsch, H. Schmidt y J. Schmid. Results On The Concerted Action On Power Conditioning And Control, 11th European photovoltaic Solar Energy Conference. Montreux, 1992, pp. 1589-1592.
15. V. Weeber. Nationales Symposium Photovoltaische Solar Energie Staffelstein. 1992, pp. 581.
16. M. Alonso-Abella et al. A Year Of Radiation Data On Tilted Surfaces With Different Orientations, 17th European Photovoltaic Solar Energy Conference. Munich, 2002, pp. 736-739.
17. S. Ransome et al. 'Analysis of measured kWh/kWp from grid tied system – Modeling Different Technologies Worldwide With Real Data', 17th European Photovoltaic. Solar Energy Conference, Munich, 2002, pp. 431-435.
18. Pablo Alcalde San Miguel (enero de 2008). Electrotecnia. Editorial Paraninfo. pp. 233-ISBN 9788497326469.

LINCOGRAFÍA

1. Swanson. R. M. (2009). "Photovoltaics Power" mayo del 2009. consulta el 23 de setiembre del 2016, disponible en:
http://phys.iit.edu/~segre/phys100/science_2009_324_891.pdf
2. Alonso Abella Miguel "Sistemas Fotovoltaicos" Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas - CIEMAT, 2001, Consulta el 01 de Octubre del 2016, disponible en :
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf
3. GreenFacts "Corriente alterna y corriente continua" setiembre del 2016, consulta el 25 de setiembre del 2016, disponible en:
<http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/corriente-alterna.htm>
4. Estupiñan Jonathan "Concepto De Corto Circuito". Noviembre del 2011, consulta el 30 de setiembre del 2016, disponible en:
<http://mantenimientoelectricojep.blogspot.pe/2011/11/concepto-de-corto-circuito.html>
5. García Álvarez José Antonio E." Ley De Ohm". Setiembre del 2015, consulta el 01 de octubre del 2016, disponible en:
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_ley_ohm/ke_ley_ohm_1.htm
6. E. Lorenzo "Electricidad Solar". UPM, 1994, consulta el 26 de setiembre del 2016, disponible en:
https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/03_celula/01_basico/3_celula_03.htm
7. Pérez Porto Julián, Merino María "Electricidad". 2009, consulta el 01 de octubre del 2016, disponible en:
<http://definicion.de/electricidad/>
8. Schumann Roland, Solvys Consulting "¿Qué es la Energía Fotovoltaica?". diciembre del 2005, consulta el 23 de setiembre del 2016 disponible en:

- http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234263746_Qu__es_la_energ_a_fv_ITER.pdf
9. García Álvarez José Antonio E. "LED". Marzo del 2012, consulta el 01 de octubre del 2016, disponible en:
http://www.asifunciona.com/fisica/ke_led/ke_led_2.htm
 10. García Álvarez José Antonio E. "Potencia Eléctrica". setiembre del 2015, consulta el 01 de octubre del 2016, disponible en:
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect_2.htm
 11. Profundidad de descarga (n.d.). En Wikipedia. Modificada por última vez el 15 jul 2015, consulta 02 de octubre del 2016, disponible en:
https://es.wikipedia.org/wiki/Profundidad_de_descarga
 12. Tosatado Marcos "Electricidad general: conceptos físicos y técnicos" agosto del 2008, consulta el 02 de octubre del 2016, disponible en:
<http://www.mailxmail.com/curso-electricidad-fisicos-tecnicos/cortocircuito-sobrecarga>
 13. Vercelli Amilcar "¿Qué es la energía solar?" julio del 2012, consulta el 02 de octubre del 2016, disponible en:
<http://www.energias.bienescomunes.org/2012/07/28/que-es-la-energia-solar/>
 14. Fernández Muerza Alex "principales energías renovables" enero del 2015, consulta el 25 de setiembre del 2016, disponible en:
http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2012/08/27/212394.php
 15. Sanz Moya Roberto "Diseño De Una Central Fotovoltaica De 100 Kwp De Potencia Nominal" marzo 2010, consulta el 03 de octubre del 2016, disponible en:
http://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11054/PFC_Roberto_Sanz_Moya.pdf?sequence=1

16. Dimroth Frank “«New world record for solar cell efficiency at 46% French-German cooperation confirms competitive advantage of European photovoltaic industry” diciembre de 2014, consulta el 03 de octubre del 2016, disponible en:
<https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-and-media/press-releases/press-releases-2014/new-world-record-for-solar-cell-efficiency-at-46-percent>
17. Balenzategui Manzanares José “Fundamentos De La Conversión Fotovoltaica La Célula Solar” 2008, Consulta el 06 de octubre del 2016, disponible en:
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45312/componente45310.pdf
18. Schumann Roland “¿Qué es la Energía Fotovoltaica?” diciembre de 2005 , consulta el 06 de octubre del 2015, disponible en:
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/Que%20es%20la%20energia%20Fotovoltaica.pdf>
19. Perpiñán Lamigueiro Oscar “Energía Solar Fotovoltaica” setiembre del 2012, consultad el 06 de octubre del 2016, disponible en:
https://procomun.files.wordpress.com/2012/09/esf_operpinansep2012.pdf
20. Bijloo René “¿Monocristalino o policristalino?”marzo de 2015, consulta el 06 de octubre del 2016, disponible en:
<http://jardin-solar.blogspot.pe/2015/03/monocristalino-o-policristalino.html>
21. Mestanza Acosta Patricia , Verástegui Gubler Angel “Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario” marzo del 2013, consulta el 07 de octubre del 2016, disponible en:
https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SFD_-_2013.pdf
22. Henríquez Prevoo Christian Paúl “Regulador De Panel Solar - Batería - Carga Con Microcontrolador Pic” marzo del 2003, consulta el 07 de octubre del 2016, disponible en:

https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1383/IME_076.pdf?sequence=1

23. Lores Ruiz Indalecio “Reguladores de carga PWM y MPPT en instalaciones de energía solar” junio del 2011, consulta el 07 de octubre del 2016, disponible en:
<http://todoproductividad.blogspot.pe/2011/06/comparando-reguladores-de-carga-pwm-y.html>
24. Fernández Ferichola Julio “Caracterización De Módulos Fotovoltaicos Con Dispositivo Portátil”, consulta el 04 de octubre del 2016, disponible en:
http://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6037/PFC_Julio_Fernandez_Ferichola.pdf?sequence=1
25. Solartronic.(s.f). “Sistemas Eléctricos Solares, Preguntas Frecuentes”. Consulta el 08 de octubre del 2016, disponible en:
http://www.solartronic.com/Ayuda/Preguntas_Frecuentes
26. Sanz B. Néstor “La radiación solar” diciembre del 2010, consulta el 11 de octubre del 2016, disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos65/radiacion-solar/radiacion-solar2.shtml>
27. Francisco Blasco “Calculo instalación fotovoltaica aislada de la red (off-grid) part 3 (campo fotovoltaico: radiación solar. calculo horas sol pico)” setiembre del 2012, consulta el 11 de octubre del 2016, disponible en:
<http://calculationsolar.com/blog/>
28. Alvarez Peimbert Emilio “Inclinación que debe tener el colector” enero 2014, consulta el 11 de 2016, disponible en:
<http://micalentadorsolar.com/contenido/inclinacion-que-debe-tener-el-colector/>
29. Damia solar “¿Cual debe ser la orientación y la inclinación de las placas solares?” abril del 2015, consulta el 11 de octubre de 2016, disponible en :
http://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/orientacion-e-inclinacion-de-las-placas-solares_1

30. Miranda Julio A “Módulos solares, orientación” 2016. Consulta el 11 de octubre del2016, disponible en:
<http://www.lawebdelasenergiasrenovables.com/modulos-solares-orientacion/>

ANEXOS

Anexo 1: Mediciones de la experimentación del día 08/11/2016, con carga

Nº	Tiempo	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)	RSH (W/m ²)	RSPFV (W/m ²)	Potencia generada (W)	Eficiencia (η)	
							Respecto a la RSH	Respecto a la RSPFV
1	09:20	0,66	9,64	23	33	6,36	18,69	13,03
2	09:25	0,73	9,69	20	37	7,07	23,90	12,92
3	09:30	0,65	9,72	34	41	6,32	12,56	10,41
4	09:35	0,75	9,74	31	44	7,31	15,92	11,22
5	09:40	0,77	9,78	29	46	7,53	17,55	11,06
6	09:45	0,85	9,76	31	43	8,30	18,08	13,04
7	09:50	0,80	9,88	33	45	7,90	16,18	11,87
8	09:55	0,88	10,47	32	40	9,21	19,45	15,56
9	10:00	3,25	16,75	997	675	54,44	3,69	5,45
10	10:05	3,09	18,40	1021	742	56,86	3,76	5,18
11	10:10	3,03	18,72	1030	819	56,72	3,72	4,68
12	10:15	2,92	18,63	863	753	54,40	4,26	4,88
13	10:20	2,85	18,81	1061	876	53,61	3,41	4,13
14	10:25	3,02	18,79	1072	888	56,75	3,58	4,32
15	10:30	3,36	18,61	1074	928	62,53	3,93	4,55
16	10:35	3,15	18,54	1075	987	58,40	3,67	4,00
17	10:40	3,02	18,56	1085	991	56,05	3,49	3,82
18	10:45	3,41	18,46	1106	1011	62,95	3,85	4,21
19	10:50	3,11	18,32	1116	1084	56,98	3,45	3,55
20	10:55	3,36	18,39	1135	1097	61,79	3,68	3,81
21	11:00	3,39	18,63	1126	1096	63,16	3,79	3,89
22	11:05	3,41	18,65	1173	1106	63,60	3,66	3,89
23	11:10	3,08	18,52	1176	1116	57,04	3,28	3,45
24	11:15	3,00	18,74	1177	1098	56,22	3,23	3,46
25	11:20	3,02	18,44	1152	1086	55,69	3,27	3,46
26	11:25	3,03	18,32	1121	1093	55,51	3,35	3,43
27	11:30	3,21	18,59	1129	1103	59,67	3,57	3,66
28	11:35	3,24	18,66	1122	1096	60,46	3,64	3,73
29	11:40	3,27	18,71	1104	1078	61,18	3,74	3,83
30	11:45	3,36	18,47	1089	1063	62,06	3,85	3,94
31	11:50	3,34	18,38	1074	1048	61,39	3,86	3,96
32	11:55	3,37	18,32	1059	1033	61,74	3,94	4,04
33	12:00	3,33	18,64	1073	1047	62,07	3,91	4,01

34	12:05	3,36	18,63	1081	1055	62,60	3,91	4,01
35	12:10	3,11	18,58	1091	1065	57,78	3,58	3,67
36	12:15	3,03	18,51	1068	1042	56,09	3,55	3,64
37	12:20	3,13	18,54	1071	1045	58,03	3,66	3,75
38	12:25	3,19	18,48	1064	1038	58,95	3,74	3,84
39	12:30	3,17	18,52	1056	1030	58,71	3,76	3,85
40	12:35	3,15	18,37	1078	1052	57,87	3,63	3,72
41	12:40	3,24	18,42	1085	1059	59,68	3,72	3,81
42	12:45	2,51	18,47	1083	1057	46,36	2,89	2,96
43	12:50	2,66	18,60	1070	1044	49,48	3,12	3,20
44	12:55	3,11	18,51	1058	1032	57,57	3,68	3,77
45	13:00	3,18	18,48	1054	1028	58,77	3,77	3,86
46	13:05	3,17	18,42	1021	995	58,39	3,86	3,97
47	13:10	3,05	18,50	1009	983	56,43	3,78	3,88
48	13:15	3,12	18,61	997	971	58,06	3,93	4,04
49	13:20	3,13	18,55	974	948	58,06	4,03	4,14
50	13:25	3,20	18,70	977	951	59,84	4,14	4,25
51	13:30	3,31	18,61	993	967	61,60	4,19	4,30
52	13:35	3,34	18,62	975	949	62,19	4,31	4,43
53	13:40	3,35	18,60	980	954	62,31	4,30	4,41
54	13:45	3,24	18,63	987	961	60,36	4,13	4,24
55	13:50	3,29	18,49	985	959	60,83	4,17	4,29
56	13:55	3,22	15,30	948	922	49,27	3,51	3,61
57	14:00	0,97	11,10	943	917	10,77	0,77	0,79
58	14:05	0,91	10,96	918	892	9,97	0,73	0,76
59	14:10	0,77	10,91	907	881	8,40	0,63	0,64
60	14:15	0,70	10,82	898	872	7,57	0,57	0,59
	Promedio	2,69	16,79	913,57	865,20	48,29	5,40	4,88

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Mediciones de la experimentación del día 08/11/2016, sin carga

Nº	Tiempo	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)	RSH (W/m ²)	RSPFV (W/m ²)	Potencia generada (W)	Eficiencia (η)	
							Respecto a la RSH	Respecto a la RSPFV
1	09:20	0,62	11,55	23	33	7,16	21,04	14,66
2	09:25	0,65	11,58	20	37	7,53	25,43	13,75
3	09:30	0,58	11,63	34	41	6,75	13,41	11,12
4	09:35	0,67	11,67	31	44	7,82	17,04	12,01
5	09:40	0,70	11,74	29	46	8,22	19,15	12,07
6	09:45	0,78	11,77	31	43	9,18	20,01	14,43
7	09:50	0,83	11,87	33	45	9,85	20,17	14,79
8	09:55	0,96	12,43	32	40	11,93	25,20	20,16
9	10:00	2,34	19,40	997	675	45,40	3,08	4,54
10	10:05	2,15	19,52	1021	742	41,97	2,78	3,82
11	10:10	2,01	19,61	1030	819	39,42	2,59	3,25
12	10:15	1,97	19,49	863	753	38,40	3,01	3,45
13	10:20	1,92	19,62	1061	876	37,67	2,40	2,91
14	10:25	2,04	19,53	1072	888	39,84	2,51	3,03
15	10:30	2,43	19,42	1074	928	47,19	2,97	3,44
16	10:35	2,07	19,33	1075	987	40,01	2,51	2,74
17	10:40	2,04	19,34	1085	991	39,45	2,46	2,69
18	10:45	2,47	19,26	1106	1011	47,57	2,91	3,18
19	10:50	2,20	19,10	1116	1084	42,02	2,54	2,62
20	10:55	2,24	19,14	1135	1097	42,87	2,55	2,64
21	11:00	2,45	19,44	1126	1096	47,63	2,86	2,94
22	11:05	2,58	19,46	1173	1106	50,21	2,89	3,07
23	11:10	2,11	19,41	1176	1116	40,96	2,35	2,48
24	11:15	2,10	19,52	1177	1098	40,99	2,35	2,52
25	11:20	2,11	19,38	1152	1086	40,89	2,40	2,54
26	11:25	2,02	19,49	1121	1093	39,37	2,37	2,43
27	11:30	2,33	19,57	1129	1103	45,60	2,73	2,79
28	11:35	2,35	19,64	1122	1096	46,15	2,78	2,85
29	11:40	2,37	19,69	1104	1078	46,67	2,86	2,92
30	11:45	2,44	19,45	1089	1063	47,46	2,94	3,02
31	11:50	2,48	19,36	1074	1048	48,01	3,02	3,10
32	11:55	2,41	19,30	1059	1033	46,51	2,97	3,04
33	12:00	2,45	19,59	1073	1047	48,00	3,02	3,10
34	12:05	2,47	19,58	1081	1055	48,36	3,02	3,10
35	12:10	2,23	19,53	1091	1065	43,55	2,70	2,76

36	12:15	2,15	19,46	1068	1042	41,84	2,65	2,71
37	12:20	2,23	19,49	1071	1045	43,46	2,74	2,81
38	12:25	2,27	19,43	1064	1038	44,11	2,80	2,87
39	12:30	2,20	19,47	1056	1030	42,83	2,74	2,81
40	12:35	2,24	19,40	1078	1052	43,46	2,72	2,79
41	12:40	2,36	19,45	1085	1059	45,90	2,86	2,93
42	12:45	1,56	19,50	1083	1057	30,42	1,90	1,94
43	12:50	1,78	19,63	1070	1044	34,94	2,21	2,26
44	12:55	2,23	19,54	1058	1032	43,57	2,78	2,85
45	13:00	2,22	19,51	1054	1028	43,31	2,78	2,85
46	13:05	2,24	19,45	1021	995	43,57	2,88	2,96
47	13:10	2,18	19,53	1009	983	42,58	2,85	2,93
48	13:15	2,23	19,64	997	971	43,80	2,97	3,05
49	13:20	2,27	19,58	974	948	44,45	3,08	3,17
50	13:25	2,31	19,73	977	951	45,58	3,15	3,24
51	13:30	2,25	19,64	993	967	44,19	3,01	3,09
52	13:35	2,27	19,65	975	949	44,61	3,09	3,18
53	13:40	2,28	19,63	980	954	44,76	3,09	3,17
54	13:45	2,17	19,66	987	961	42,66	2,92	3,00
55	13:50	2,22	19,52	985	959	43,33	2,97	3,05
56	13:55	2,15	16,33	948	922	35,11	2,50	2,57
57	14:00	0,94	12,13	943	917	11,40	0,82	0,84
58	14:05	0,85	12,02	918	892	10,22	0,75	0,77
59	14:10	0,71	11,97	907	881	8,50	0,63	0,65
60	14:15	0,64	11,88	898	872	7,60	0,57	0,59
	Promedio	1,93	17,91	913,57	865,20	36,28	4,94	4,28

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Mediciones de la experimentación del día 10/11/2016, con carga

Nº	Tiempo	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)	RSH (W/m ²)	RSPFV (W/m ²)	Potencia generada (W)	Eficiencia (η)	
							Respecto a la RSH	Respecto a la RSPFV
1	09:20	0,70	9,82	22	29	6,87	21,11	16,02
2	09:25	0,75	9,73	32	39	7,30	15,41	12,64
3	09:30	0,67	9,78	36	43	6,55	12,30	10,30
4	09:35	0,76	9,82	38	45	7,46	13,27	11,21
5	09:40	0,85	9,89	35	42	8,41	16,23	13,52
6	09:45	0,86	9,83	39	46	8,45	14,65	12,42
7	09:50	0,98	9,93	36	43	9,73	18,26	15,29
8	09:55	0,97	9,98	37	44	9,68	17,68	14,87
9	10:00	3,23	17,47	890	562	56,43	4,28	6,78
10	10:05	3,24	17,52	1009	681	56,76	3,80	5,63
11	10:10	3,21	18,53	938	754	59,48	4,28	5,33
12	10:15	3,15	18,41	962	778	57,99	4,07	5,04
13	10:20	3,11	18,54	1010	826	57,66	3,86	4,72
14	10:25	3,32	18,45	1026	842	61,25	4,03	4,92
15	10:30	3,39	18,34	1056	866	62,17	3,98	4,85
16	10:35	3,38	18,25	1071	881	61,69	3,89	4,73
17	10:40	3,44	18,26	1038	944	62,81	4,09	4,50
18	10:45	3,49	18,18	1070	976	63,45	4,01	4,39
19	10:50	3,52	18,09	1087	993	63,68	3,96	4,33
20	10:55	3,50	18,49	1119	1025	64,72	3,91	4,27
21	11:00	3,50	18,57	1140	1046	65,00	3,85	4,20
22	11:05	3,43	18,65	1149	1055	63,97	3,76	4,10
23	11:10	3,32	18,55	1167	1073	61,59	3,57	3,88
24	11:15	3,29	18,65	1181	1123	61,36	3,51	3,69
25	11:20	3,38	18,50	1186	1092	62,53	3,56	3,87
26	11:25	3,40	18,68	1178	1084	63,51	3,64	3,96
27	11:30	3,45	18,65	1161	1067	64,34	3,74	4,07
28	11:35	3,48	18,45	1190	1096	64,21	3,65	3,96
29	11:40	3,50	18,50	1181	1087	64,75	3,70	4,02
30	11:45	3,44	18,52	1099	1068	63,71	3,92	4,03
31	11:50	3,46	18,43	1084	1059	63,77	3,97	4,07
32	11:55	3,35	18,37	1069	1041	61,54	3,89	3,99
33	12:00	3,40	18,66	1083	1058	63,44	3,96	4,05
34	12:05	3,47	18,54	1091	1061	64,33	3,98	4,10
35	12:10	3,40	18,46	1101	1053	62,76	3,85	4,03

36	12:15	3,34	18,45	1078	1046	61,62	3,86	3,98
37	12:20	3,29	18,49	1081	1058	60,83	3,80	3,88
38	12:25	3,32	18,47	1074	1045	61,32	3,86	3,96
39	12:30	3,26	18,51	1066	1041	60,34	3,82	3,92
40	12:35	3,31	18,41	1088	1059	60,94	3,78	3,89
41	12:40	3,36	18,46	1095	1038	62,03	3,83	4,04
42	12:45	3,24	18,51	1093	1037	59,97	3,71	3,91
43	12:50	3,14	18,60	1080	1044	58,40	3,65	3,78
44	12:55	3,21	18,53	1068	1036	59,48	3,76	3,88
45	13:00	3,27	18,50	1064	1015	60,50	3,84	4,03
46	13:05	3,36	18,44	1031	990	61,96	4,06	4,23
47	13:10	3,29	18,52	1019	987	60,93	4,04	4,17
48	13:15	3,24	18,63	1007	970	60,36	4,05	4,20
49	13:20	3,29	18,51	984	954	60,90	4,18	4,31
50	13:25	3,40	18,63	987	942	63,34	4,34	4,54
51	13:30	3,31	18,54	1003	965	61,37	4,13	4,30
52	13:35	3,33	18,55	985	971	61,77	4,24	4,30
53	13:40	3,35	18,53	990	949	62,08	4,24	4,42
54	13:45	3,26	18,56	997	952	60,51	4,10	4,29
55	13:50	3,17	18,42	995	948	58,39	3,97	4,16
56	13:55	3,10	15,37	958	915	47,65	3,36	3,52
57	14:00	1,08	11,03	953	906	11,91	0,84	0,89
58	14:05	0,90	10,92	928	894	9,83	0,72	0,74
59	14:10	0,82	10,88	917	883	8,92	0,66	0,68
60	14:15	0,69	10,78	908	865	7,44	0,55	0,58
	Promedio	2,84	16,75	917,67	850,53	50,77	5,32	5,24

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Mediciones de la experimentación del día 10/11/2016, sin carga

Nº	Tiempo	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)	RSH (W/m ²)	RSPFV (W/m ²)	Potencia generada (W)	Eficiencia (η)	
							Respecto a la RSH	Respecto a la RSPFV
1	09:20	0,59	11,57	22	29	6,83	20,97	15,90
2	09:25	0,64	11,60	32	39	7,42	15,68	12,86
3	09:30	0,56	11,65	36	43	6,52	12,24	10,25
4	09:35	0,65	11,69	38	45	7,60	13,51	11,41
5	09:40	0,74	11,76	35	42	8,70	16,80	14,00
6	09:45	0,75	11,79	39	46	8,84	15,32	12,99
7	09:50	0,87	11,89	36	43	10,34	19,41	16,25
8	09:55	0,89	11,94	37	44	10,63	19,41	16,32
9	10:00	2,19	19,43	890	562	42,55	3,23	5,12
10	10:05	2,20	19,48	1009	681	42,86	2,87	4,25
11	10:10	2,17	19,57	938	754	42,47	3,06	3,81
12	10:15	2,11	19,45	962	778	41,04	2,88	3,56
13	10:20	2,07	19,58	1010	826	40,53	2,71	3,32
14	10:25	2,28	19,49	1026	842	44,44	2,93	3,57
15	10:30	2,35	19,38	1056	866	45,54	2,91	3,55
16	10:35	2,31	19,29	1071	881	44,56	2,81	3,42
17	10:40	2,37	19,30	1038	944	45,74	2,98	3,27
18	10:45	2,42	19,22	1070	976	46,51	2,94	3,22
19	10:50	2,45	19,06	1087	993	46,70	2,90	3,18
20	10:55	2,43	19,31	1119	1025	46,92	2,83	3,09
21	11:00	2,43	19,39	1140	1046	47,12	2,79	3,04
22	11:05	2,36	19,47	1149	1055	45,95	2,70	2,94
23	11:10	2,25	19,53	1167	1073	43,94	2,54	2,77
24	11:15	2,22	19,63	1181	1123	43,58	2,49	2,62
25	11:20	2,31	19,48	1186	1092	45,00	2,56	2,78
26	11:25	2,37	19,66	1178	1084	46,59	2,67	2,90
27	11:30	2,42	19,63	1161	1067	47,50	2,76	3,01
28	11:35	2,45	19,43	1190	1096	47,60	2,70	2,93
29	11:40	2,47	19,48	1181	1087	48,12	2,75	2,99
30	11:45	2,41	19,50	1099	1068	47,00	2,89	2,97
31	11:50	2,43	19,41	1084	1059	47,17	2,94	3,01
32	11:55	2,32	19,35	1069	1041	44,89	2,84	2,91
33	12:00	2,37	19,64	1083	1058	46,55	2,90	2,97
34	12:05	2,44	19,52	1091	1061	47,63	2,95	3,03
35	12:10	2,37	19,44	1101	1053	46,07	2,83	2,96

36	12:15	2,31	19,43	1078	1046	44,88	2,81	2,90
37	12:20	2,26	19,47	1081	1058	44,00	2,75	2,81
38	12:25	2,29	19,45	1074	1045	44,54	2,80	2,88
39	12:30	2,23	19,49	1066	1041	43,46	2,75	2,82
40	12:35	2,28	19,46	1088	1059	44,37	2,76	2,83
41	12:40	2,33	19,51	1095	1038	45,46	2,81	2,96
42	12:45	2,21	19,56	1093	1037	43,23	2,67	2,82
43	12:50	2,11	19,65	1080	1044	41,46	2,59	2,68
44	12:55	2,18	19,58	1068	1036	42,68	2,70	2,78
45	13:00	2,24	19,55	1064	1015	43,79	2,78	2,92
46	13:05	2,33	19,49	1031	990	45,41	2,98	3,10
47	13:10	2,26	19,57	1019	987	44,23	2,93	3,03
48	13:15	2,21	19,68	1007	970	43,49	2,92	3,03
49	13:20	2,26	19,56	984	954	44,21	3,04	3,13
50	13:25	2,37	19,68	987	942	46,64	3,19	3,35
51	13:30	2,28	19,59	1003	965	44,67	3,01	3,13
52	13:35	2,30	19,60	985	971	45,08	3,09	3,14
53	13:40	2,32	19,58	990	949	45,43	3,10	3,23
54	13:45	2,23	19,61	997	952	43,73	2,96	3,10
55	13:50	2,14	19,47	995	948	41,67	2,83	2,97
56	13:55	2,07	16,42	958	915	33,99	2,40	2,51
57	14:00	1,05	12,08	953	906	12,68	0,90	0,95
58	14:05	0,87	11,97	928	894	10,41	0,76	0,79
59	14:10	0,79	11,93	917	883	9,42	0,69	0,72
60	14:15	0,66	11,83	908	865	7,81	0,58	0,61
	Promedio	1,99	17,90	917,67	850,53	37,47	4,54	4,37

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Mediciones de la experimentación del día 11/11/2016, con carga

Nº	Tiempo	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)	RSH (W/m ²)	RSPFV (W/m ²)	Potencia generada (W)	Eficiencia (η)	
							Respecto a la RSH	Respecto a la RSPFV
1	09:20	0,60	9,86	24	31	5,92	16,66	12,89
2	09:25	0,63	9,79	33	40	6,17	12,63	10,42
3	09:30	0,66	9,91	38	45	6,54	11,63	9,82
4	09:35	0,72	9,95	34	41	7,16	14,24	11,81
5	09:40	0,74	9,97	40	47	7,38	12,46	10,61
6	09:45	0,80	10,01	35	42	8,01	15,46	12,88
7	09:50	0,88	9,89	33	40	8,70	17,82	14,70
8	09:55	0,94	10,08	32	39	9,48	20,01	16,42
9	10:00	3,30	17,59	983	655	58,05	3,99	5,99
10	10:05	3,29	18,16	1050	722	59,75	3,84	5,59
11	10:10	3,26	18,46	1014	830	60,18	4,01	4,90
12	10:15	3,21	18,34	1034	850	58,87	3,85	4,68
13	10:20	3,17	18,47	1063	879	58,55	3,72	4,50
14	10:25	3,20	18,38	1068	884	58,82	3,72	4,50
15	10:30	3,32	18,27	1091	901	60,66	3,76	4,55
16	10:35	3,29	18,18	1146	956	59,81	3,53	4,23
17	10:40	3,35	18,19	1077	983	60,94	3,82	4,19
18	10:45	3,40	18,11	1102	1008	61,57	3,78	4,13
19	10:50	3,41	17,95	1142	1048	61,21	3,62	3,95
20	10:55	3,37	18,20	1158	1064	61,33	3,58	3,89
21	11:00	3,39	18,28	1181	1087	61,97	3,55	3,85
22	11:05	3,34	18,36	1206	1112	61,32	3,44	3,73
23	11:10	3,36	18,42	1230	1136	61,89	3,40	3,68
24	11:15	3,31	18,52	1252	1158	61,30	3,31	3,58
25	11:20	3,27	18,37	1176	1082	60,07	3,45	3,75
26	11:25	3,29	18,55	1182	1088	61,03	3,49	3,79
27	11:30	3,35	18,52	1185	1091	62,04	3,54	3,84
28	11:35	3,40	18,32	1181	1087	62,29	3,56	3,87
29	11:40	3,43	18,37	1160	1066	63,01	3,67	3,99
30	11:45	3,45	18,43	1095	1061	63,58	3,92	4,05
31	11:50	3,49	18,34	1079	1045	64,01	4,01	4,14
32	11:55	3,47	18,28	1086	1052	63,43	3,95	4,07
33	12:00	3,37	18,57	1097	1063	62,58	3,85	3,98
34	12:05	3,39	18,45	1092	1058	62,55	3,87	3,99
35	12:10	3,31	18,37	1094	1060	60,80	3,76	3,88

36	12:15	3,26	18,36	1091	1057	59,85	3,71	3,83
37	12:20	3,30	18,40	1078	1044	60,72	3,81	3,93
38	12:25	3,34	18,38	1066	1032	61,39	3,89	4,02
39	12:30	3,32	18,42	1063	1029	61,15	3,89	4,02
40	12:35	3,36	18,39	1080	1046	61,79	3,87	3,99
41	12:40	3,59	18,44	1072	1038	66,20	4,17	4,31
42	12:45	2,52	18,35	1091	1020	46,24	2,86	3,06
43	12:50	2,69	18,44	1088	1053	49,60	3,08	3,18
44	12:55	3,14	18,56	1080	1038	58,28	3,65	3,79
45	13:00	3,24	18,58	1075	1005	60,20	3,78	4,05
46	13:05	3,21	18,49	1070	972	59,35	3,75	4,13
47	13:10	3,02	18,55	1066	993	56,02	3,55	3,81
48	13:15	3,15	18,59	1045	968	58,56	3,79	4,09
49	13:20	3,18	18,62	1035	963	59,21	3,87	4,15
50	13:25	3,24	18,69	1017	923	60,56	4,02	4,43
51	13:30	3,27	18,62	1014	961	60,89	4,06	4,28
52	13:35	3,22	18,65	994	978	60,05	4,08	4,15
53	13:40	3,19	18,69	971	942	59,62	4,15	4,28
54	13:45	3,11	18,73	964	945	58,25	4,08	4,16
55	13:50	3,15	17,88	947	917	56,32	4,02	4,15
56	13:55	3,07	13,01	934	909	39,94	2,89	2,97
57	14:00	0,97	10,77	911	894	10,45	0,77	0,79
58	14:05	0,92	10,62	909	898	9,77	0,73	0,74
59	14:10	0,95	10,65	882	870	10,12	0,78	0,79
60	14:15	0,84	10,40	849	842	8,74	0,70	0,70
	Promedio	2,77	16,65	931,42	861,47	49,40	5,05	4,98

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Mediciones de la experimentación del día 11/11/2016, sin carga

Nº	Tiempo	Intensidad de corriente (A)	Voltaje (V)	RSH (W/m ²)	RSPFV (W/m ²)	Potencia generada (W)	Eficiencia (η)	
							Respecto a la RSH	Respecto a la RSPFV
1	09:20	0,57	11,63	24	31	6,63	18,66	14,45
2	09:25	0,60	11,56	33	40	6,94	14,20	11,72
3	09:30	0,63	11,68	38	45	7,36	13,08	11,05
4	09:35	0,69	11,72	34	41	8,09	16,07	13,33
5	09:40	0,71	11,74	40	47	8,34	14,08	11,98
6	09:45	0,77	11,78	35	42	9,07	17,51	14,59
7	09:50	0,85	11,66	33	40	9,91	20,29	16,74
8	09:55	0,91	11,85	32	39	10,78	22,77	18,68
9	10:00	2,28	19,34	983	655	44,10	3,03	4,55
10	10:05	2,27	19,39	1050	722	44,02	2,83	4,12
11	10:10	2,24	19,48	1014	830	43,64	2,91	3,55
12	10:15	2,19	19,36	1034	850	42,40	2,77	3,37
13	10:20	2,15	19,49	1063	879	41,90	2,66	3,22
14	10:25	2,18	19,40	1068	884	42,29	2,68	3,23
15	10:30	2,30	19,29	1091	901	44,37	2,75	3,33
16	10:35	2,27	19,20	1146	956	43,58	2,57	3,08
17	10:40	2,33	19,21	1077	983	44,76	2,81	3,08
18	10:45	2,38	19,13	1102	1008	45,53	2,79	3,05
19	10:50	2,39	18,97	1142	1048	45,34	2,68	2,92
20	10:55	2,35	19,22	1158	1064	45,17	2,64	2,87
21	11:00	2,37	19,30	1181	1087	45,74	2,62	2,84
22	11:05	2,32	19,38	1206	1112	44,96	2,52	2,73
23	11:10	2,34	19,44	1230	1136	45,49	2,50	2,71
24	11:15	2,29	19,54	1252	1158	44,75	2,41	2,61
25	11:20	2,25	19,39	1176	1082	43,63	2,51	2,72
26	11:25	2,27	19,57	1182	1088	44,42	2,54	2,76
27	11:30	2,33	19,54	1185	1091	45,53	2,60	2,82
28	11:35	2,38	19,34	1181	1087	46,03	2,63	2,86
29	11:40	2,41	19,39	1160	1066	46,73	2,72	2,96
30	11:45	2,43	19,41	1095	1061	47,17	2,91	3,00
31	11:50	2,47	19,32	1079	1045	47,72	2,99	3,09
32	11:55	2,45	19,26	1086	1052	47,19	2,94	3,03
33	12:00	2,35	19,55	1097	1063	45,94	2,83	2,92
34	12:05	2,37	19,43	1092	1058	46,05	2,85	2,94
35	12:10	2,30	19,35	1094	1060	44,51	2,75	2,84

36	12:15	2,25	19,34	1091	1057	43,52	2,69	2,78
37	12:20	2,29	19,38	1078	1044	44,38	2,78	2,87
38	12:25	2,33	19,36	1066	1032	45,11	2,86	2,95
39	12:30	2,31	19,40	1063	1029	44,81	2,85	2,94
40	12:35	2,35	19,37	1080	1046	45,52	2,85	2,94
41	12:40	2,40	19,42	1072	1038	46,61	2,94	3,03
42	12:45	1,58	19,18	1091	1020	30,30	1,88	2,01
43	12:50	1,63	19,30	1088	1053	31,46	1,95	2,02
44	12:55	2,25	19,43	1080	1038	43,72	2,74	2,85
45	13:00	2,21	19,40	1075	1005	42,87	2,69	2,88
46	13:05	2,23	19,34	1070	972	43,13	2,72	3,00
47	13:10	2,16	19,42	1066	993	41,95	2,66	2,85
48	13:15	2,27	19,53	1045	968	44,33	2,87	3,09
49	13:20	2,22	19,49	1035	963	43,27	2,82	3,04
50	13:25	2,28	19,62	1017	923	44,73	2,97	3,27
51	13:30	2,21	19,53	1014	961	43,16	2,88	3,03
52	13:35	2,29	19,54	994	978	44,75	3,04	3,09
53	13:40	2,29	19,52	971	942	44,70	3,11	3,21
54	13:45	2,21	19,65	964	945	43,43	3,04	3,10
55	13:50	2,29	19,36	947	917	44,33	3,16	3,27
56	13:55	2,17	16,22	934	909	35,20	2,55	2,62
57	14:00	0,73	12,02	911	894	8,77	0,65	0,66
58	14:05	0,61	11,91	909	898	7,27	0,54	0,55
59	14:10	0,65	11,86	882	870	7,71	0,59	0,60
60	14:15	0,58	11,77	849	842	6,83	0,54	0,55
	Promedio	1,95	17,81	931,42	861,47	36,70	4,51	4,32

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Especificaciones técnicas del controlador

1. Información general de seguridad

Lea todas las instrucciones y avisos de seguridad del manual antes de empezar la instalación.

No exponga el controlador a la lluvia, a la abundancia de polvo, a las vibraciones, al gas corrosivo y a interferencias electromagnéticas intensas.

No permita que entre agua en el controlador.

No hay piezas reparables por el usuario dentro del controlador. No lo desmonte ni intente repararlo.

EN

NL

FR

DE

ES

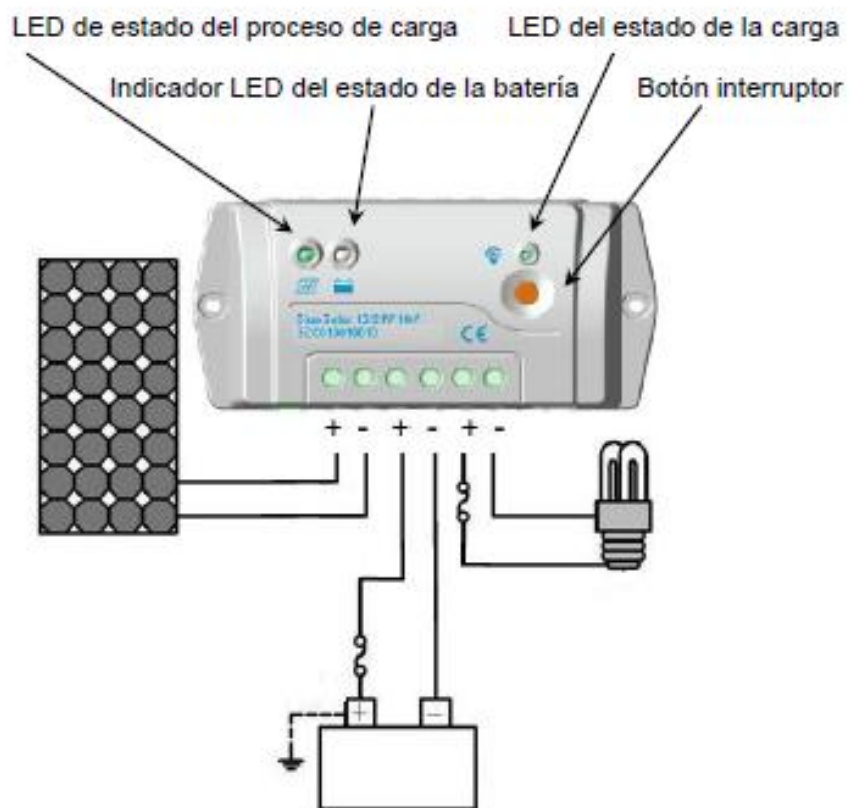
2. Características

- Función de control de iluminación, completamente programable mediante software (disponible gratuitamente en nuestra web), o con el panel remoto.
- Carga de las baterías de tres etapas (inicial, absorción y flotación), totalmente programable.
- Función de control de batería integrado (se necesita el panel remoto para ver el estado de la carga).
- Desconexión de la salida de carga por baja tensión y control manual (ajuste por defecto).
- Sensor de temperatura externa opcional.
- Salida de carga protegida contra sobrecarga y cortocircuitos.
- Protegido contra la polaridad inversa de los paneles solares y/o de la batería.




3. Instalación y funcionamiento

Nota importante: conectar siempre la batería en primer lugar para que el controlador reconozca la tensión del

- El controlador es un controlador de positivo común.
- Si el sistema debe ponerse a tierra, se deberá poner a tierra el terminal positivo de la batería.
- Haga una única conexión para todo el sistema.



Descripción de las indicaciones de estado:

	Verde	Apagado	Sin tensión proveniente de los paneles solares
	Verde	Encendido fijo	Poca tensión proveniente de los
	Verde	Parpadeo lento	Cargando
	Verde	Encendido fijo	Normal (Vbat > 12,1 V y 24,2 V resp.)
	Verde	Parpadeo rápido	Sobretensión (Vbat > 15V y 30V resp.)
	Naranja	Encendido fijo	Subtensión (Vbat < 12,5 V y 23 V resp.)
	Rojo	Encendido fijo	Batería descargada en exceso (Vbat < 10 V y 20
	Rojo	Parpadeo	Sobrecalentamiento de la batería (si tiene el sensor de temp. instalado) (Tbat > 45°C)
	Rojo	Encendido fijo	Normal
	Rojo	Parpadeo lento	Sobrecarga
	Rojo	Parpadeo rápido	Cortocircuito
Indicadores de proceso de carga, carga conecta y batería parpadeando (en rojo)			Error de tensión del sistema
Indicadores de proceso de carga, carga conecta y batería parpadeando (en			Sobretemperatura

Funciones de botón interruptor

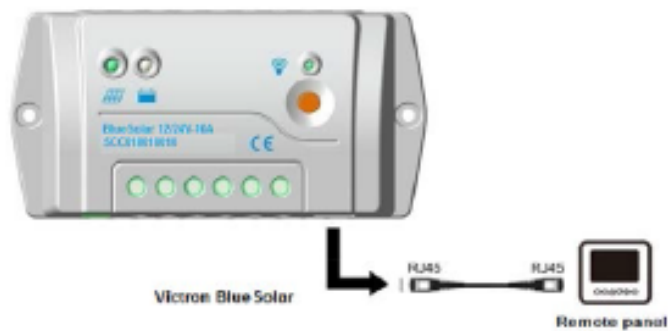
Control de la carga ON/OFF manual

Volver a funcionamiento normal tras haber solucionado un fallo.

4. Programación del controlador

Los ajustes por defecto (ver especificaciones) se pueden modificar con el software (disponible gratuitamente en nuestra web), o con el panel remoto.

El panel deberá estar conectado al controlador con un cable RJ45 UTP estándar.



Ajustes posibles (consultar los detalles en el manual del software o en el del panel remoto):

Programas de carga:

- Control manual (por defecto)
- Luz ON/OFF
- Luz ON + temporizador
- Control de tiempo

Tipo de batería:

- Gel
- AGM sellada (por defecto)
- Inundada
- Definida por el usuario

5. Protección

Sobrecarga de la carga conectada

Si la corriente de carga excede la corriente nominal del controlador ($\geq 1,05$ veces la corriente de descarga nominal), el controlador desconectará la carga. Se deberá solucionar la sobrecarga y, a continuación, pulsar el botón interruptor.

Cortocircuido de la carga conectada

Completamente protegida contra cortocircuitos por cableado de la carga conectada (≥ 2 veces la corriente de descarga nominal). Después de un intento automático de reconexión de la carga conectada, el fallo deberá solucionarse reiniciando el controlador o pulsando el botón interruptor.

Polaridad inversa FV

Protección total contra polaridad inversa FV, no se producirá ningún daño en el controlador. Corrija el cableado para volver a funcionar normalmente.

Polaridad inversa de la batería

Protección total contra polaridad inversa de la batería, no se producirá ningún daño en el controlador. Corrija el cableado para volver a funcionar normalmente.

Sensor de temperatura dañado

Si el sensor de temperatura se hubiese cortocircuitado o dañado, el controlador cargará o descargará a la temperatura por defecto (25 °C).

Protección contra el sobrecalentamiento

Si la temperatura del disipador del controlador excediera los 85°C, el controlador dejará de cargar y descargar. Cuando la temperatura baje de los 75°C, el controlador se reiniciará.

Altas tensiones transitorias

Protección limitada contra altas tensiones transitorias internas. En zonas propensas a los relámpagos, se recomienda adoptar medidas externas de protección adicionales.

EN

NL

FR

DE

ES

6. Resolución de problemas

Fallos	Motivos posibles	Resolución de problemas
Indicador LED de proceso de carga apagado durante el día con sol cayendo sobre los módulos FV.	Paneles FV desconectados.	Compruebe que las conexiones de los paneles y de la batería sean correctas y estén apretadas.
Indicador LED verde de la batería parpadea rápidamente.	Tensión de la batería por encima de la tensión de desconexión por sobretensión.	Compruebe la tensión de la batería. Si fuese demasiado alta, desconecte el módulo solar inmediatamente y cambie el controlador.
Indicador LED de la batería naranja.	Subtensión de la batería	La salida de carga conectada es normal. Indicador LED del proceso de carga volverá a ponerse verde automáticamente cuando la carga esté completa.
Indicador de la batería ROJO y las cargas conectadas no funcionan.	Batería descargada en exceso	El controlador cortó la salida automáticamente. El indicador LED volverá a ponerse verde automáticamente cuando la carga esté completa.
El indicador de estado de la carga conectada rojo y parpadeando lentamente.	Sobrecarga	Retire o corte la carga conectada adicional y pulse el botón interruptor. El controlador se reiniciará pasados 3 s.
El indicador de estado de la carga conectada rojo y parpadeando rápidamente.	Cortocircuito	Solucione el cortocircuito y pulse el botón interruptor; el controlador volverá a funcionar pasados 3 s.

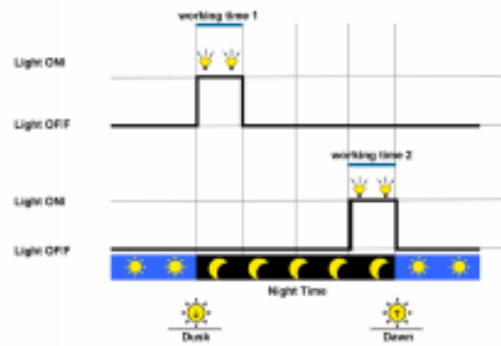
Fallos	Motivos posibles	Resolución de problemas
Indicadores de proceso de carga, carga conecta y batería parpadeando (en naranja) a la vez	Sobretemperatura	Cuando el disipador del controlador exceda los 85 °C, el controlador se apagará automáticamente. Cuando la temperatura haya bajado de los 75 °C, el controlador se reiniciará.
Indicadores de proceso de carga, carga conecta y batería parpadeando (en rojo) a la vez	Error de tensión del sistema	Compruebe que la tensión de la batería coincide con la tensión de funcionamiento del controlador. Cambie a una batería adecuada o cambie el ajuste de la tensión de funcionamiento. Pulse el botón de carga conectada para solucionar el fallo.

7. Especificaciones técnicas

	Controlador de carga BlueSolar PWM Pro 12/24 V		
	5 A/10 A	20 A	30 A
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24 V		
Corriente de carga nominal	5 A/10 A	20 A	30 A
Desconexión automática de la carga	Sí		
Tensión solar máxima	28 V/55 V (1)		
Autoconsumo	8 mA		
VALORES PREDETERMINADOS			
Carga de absorción	14,4 V/28,8 V		
Carga de flotación	13,8 V/27,6 V		
Carga de ecualización	14,6 V/29,2 V		
Desconexión de carga por baja tensión	11,1 V/22,2 V		
Reconexión de carga por baja tensión	12,6 V/25,2 V		
Salida de carga	Control manual + desconexión por baja tensión		
CARCASA Y MEDIOAMBIENTE			
Sensor de temperatura de la batería	Opcional		
Compensación de temperatura	-30 mV / °C, -60 mV / °C resp. (si tiene el sensor de temperatura instalado)		
Temperatura de trabajo	-35°C a +50°C		
Refrigeración	Convección natural		
Humedad	≤95 % (sin condensación)		
Carcasa	IP30		
Puesta a tierra	Puesta a tierra por terminal positivo		
Dimensiones totales	138x70x37 mm 5,4x2,7x1,4 pulgadas	160x82x48 mm 6,3x3,2x1,9 pulgadas	200x100x57 mm 7,9x4,0x2,3 pulgadas
Tamaño de los orificios de montaje	Φ 4,3 mm	Φ 4,3 mm	Φ 4,5 mm
Tamaño de los terminales	4 mm ²	10 mm ² .	10 mm ² .
Peso	0,13 kg	0,3 kg	0,5 kg
Montaje	Montaje vertical de pared, solo interiores		
ESTÁNDARES			
Seguridad	IEC 62109-1		
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, ISO 7637-2		

- 1) Para 12 V utilice paneles solares de 36 celdas
Para 24 V utilice paneles solares de 72 celdas, o 2 de 36 celdas en serie

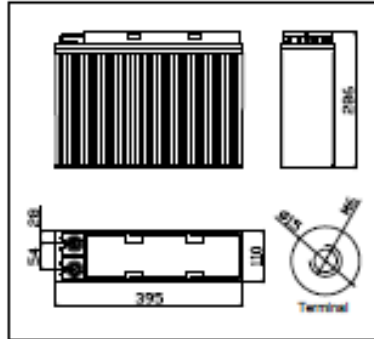
9. Opciones de temporizador día/noche (consultar el manual del software o el del panel remoto)



Anexo 8: Especificaciones técnicas de la batería



6-FMX-100B



6-FMX series products is a high-capacity battery of new model. With easy usage and maintenance, it is intended for service in telecom system, UPS, and security system, etal. The designed float charge life could arrive 12 years above.

Normal Voltage	12V
Capacity	100 Ah @ 10hr to 1.80V per cell @ 25°C(77°F)
Weight	Approx. 33.5 kg (73.7 lbs)
Internal Resistance (full charged)	Approx. 5.00m Ω @ 25°C(77°F)
Maximum Discharge Current	726A (5sec)
Self Discharge @ 25°C (77°F)	Less than 8 % after 90 days storage
Operating Temperature Range	Discharge: -40°C ~ -50°C (-40°F ~ -122°F) Charge: -20°C ~ -45°C (-4°F ~ -113°F) Storage: -20°C ~ -40°C (-4°F ~ -104°F)
Recommended Operating Temperature	15°C ~ 25°C (59°F ~ 77°F)
Maximum Charging Current Limited	20A
Charging Voltage @ 25°C(77°F)	Float: 2.25 V/cell, Temps coefficient -3mV/cell · °C Cycle: 2.35 V/cell
Container Materials	ABS
Terminal	M6 and TU ₂
Capacity Affected by Temperature	105 % @ 40°C 85 % @ 0°C 60 % @ -20°C

Attain certificate:

ISO9001(03006Q10084R1M)

ISO14001(03004E10097R0M)

ISO18001(03006S10002R0M)

UL (MH28466)

CE(ED/2007/30041C)

Russia telecom

conforms to Standard:

GB/T 19638.2-2005

YD/T799-2002

JIS C8704-2:1999

IEC60896-2:2004

Constant Current Discharge Characteristics Unit: A (25°C, 77°F)

F.V/Time	30min	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	8hr	10hr	12hr
1.70V	105.8	58.9	38.5	28.9	22.9	17.9	15.3	12.3	10.2	8.6
1.75V	100.0	57.0	38.1	28.3	22.6	17.7	15.2	12.2	10.1	8.5
1.80V	94.6	55.9	37.6	27.7	22.2	17.5	15.1	12.1	10.0	8.4
1.83V	90.4	53.7	37.2	27.4	22.0	17.3	15.0	12.0	9.9	8.3
1.85V	87.3	51.9	36.9	27.1	21.8	17.2	14.9	11.9	9.8	8.2

Constant Power Discharge Characteristics Unit: W/cell (25°C, 77°F)

F.V/Time	30min	1hr	2hr	3hr	4hr	5hr	6hr	8hr	10hr	12hr
1.70V	191.8	109.5	73.8	56.9	45.6	35.6	30.8	24.6	20.4	17.1
1.75V	183.8	107.5	73.4	56.0	45.1	35.2	30.5	24.4	20.2	16.9
1.80V	175.8	106.3	73.0	55.1	44.5	34.9	30.2	24.2	20.1	16.8
1.83V	170.1	102.7	72.5	54.6	44.1	34.6	30.0	24.1	19.9	16.6
1.85V	166.3	100.3	72.1	54.3	43.8	34.4	29.8	24.0	19.8	16.5

This information is generally descriptive only and is not intended to make or imply any representation, guarantee or warranty with respect to any cells and batteries. Cell and battery designs/specifications are subject to modification without notice. Contact CHINASHOTO for the latest information.

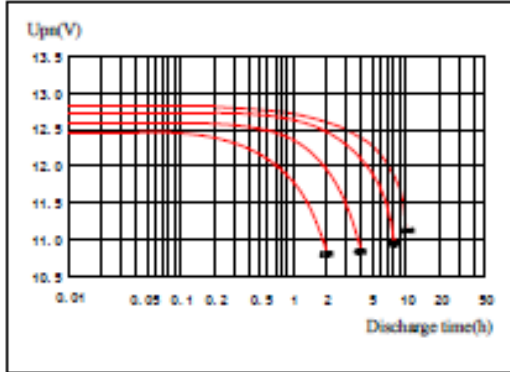
V1.0 20090916



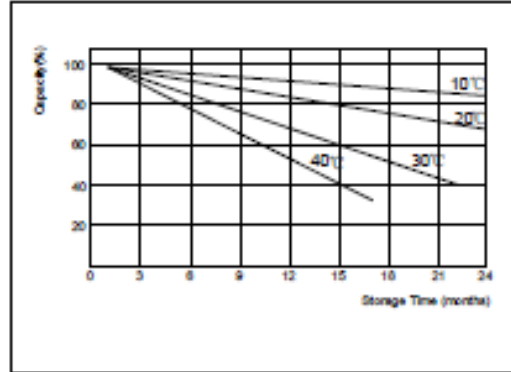
6-FMX-100B



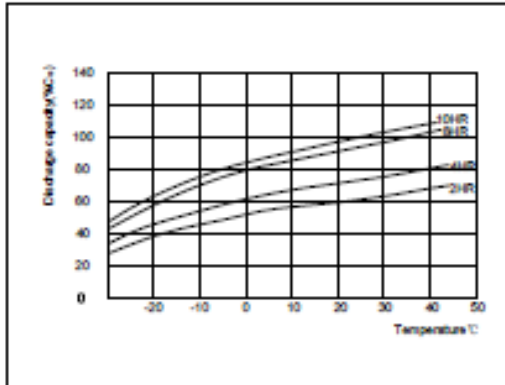
Discharge Performance at Different Discharge Rate



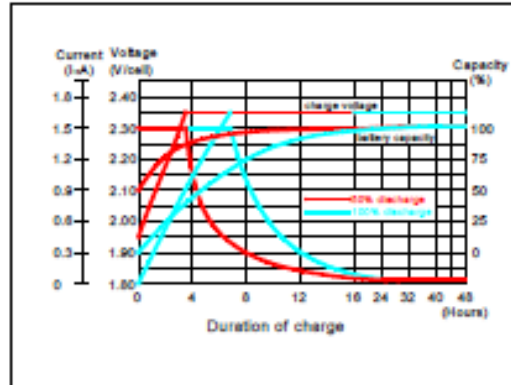
Curve of Self-discharge at Different Temperature



Capacity at Different Temperature



Constant Voltage Charge Characteristics



Free service tel:+86-4008-899-886
FAX: +86-25-83176850
Tel: +86-25-83176860
E-mail: gjpt@chinashoto.com
E-mail: joyce.zhong@chinashoto.com
Web: <http://www.chinashoto.cn/>

V1.0 20080915