

# DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID PARA REDUCIR EL COSTO ENERGÉTICO EN LA ESCUELA MILITAR DE INGENIERÍA UNIDAD ACADÉMICA SANTA CRUZ

## DESIGN OF AN ON GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM TO REDUCE THE ENERGY COST AT THE SANTA CRUZ MILITARY SCHOOL OF ENGINEERING ACADEMIC UNIT

SEMPERTEGUI QUISPE, M. J., RIBERO BRAVO, C

### RESUMEN

La necesidad de aprovechar la energía solar, la factibilidad de aplicar estas nuevas tecnologías en grandes áreas institucionales. Siendo así el caso de la Escuela Militar de Ingeniería Unidad Académica Santa Cruz, EMI-UASC, que cuenta con una gran área de cubierta y una curva de demanda energética elevada. De esta manera se pretende que el sistema fotovoltaico propuesto inyecte excedentes de energía a la red o que presente una reducción significativa en las facturas por consumo energético mensual. El Decreto Supremo N° 4477 denominada "Generación Distribuida", marca una pauta estableciendo los requisitos para su desarrollo, implementación y participación de sistemas de generación de energía fotovoltaica mayores a 10 KW de capacidad instalada. Estos sistemas deberán operar con sincronismo en la red, su producción energética debe ser en las propias instalaciones y aportar excedentes a la red de distribución si existiese el caso. Se hizo un análisis de la demanda energética de EMI-UASC a partir del registro de facturación por parte de la Cooperativa Rural de Electrificación, CRE, y así realizar el dimensionamiento, diseño y selección de equipos para determinar el porcentaje de demanda de energía eléctrica cubierta por el sistema fotovoltaico On Grid. Donde el sistema fotovoltaico tendrá 310 paneles solares, teniendo una potencia pico instalada de 139.5 KW. De esta manera, el sistema fotovoltaico se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa nacional vigente.

### ABSTRACT

The necessity to take advantage of solar energy, the feasibility of applying these new technologies in large institutional areas. This is the case of the Santa Cruz Academic Unit Engineering Military School, EMI-UASC, which has a large roof area and a high energy demand curve. In this sense, it is intended that the proposed photovoltaic system injects surplus energy into the network or that it presents a significant reduction in bills for monthly energy consumption. Supreme Decree No. 4477 called "Distributed Generation", sets a guideline establishing the requirements for the development, implementation and participation of photovoltaic power generation systems greater than 10 kW of installed capacity. These systems must operate with synchronism in the network, their energy production must be in the facilities themselves and contribute surpluses to the distribution network if the case exists. An analysis of the energy demand of EMI-UASC was made from the billing record by the Rural Electrification Cooperative, CRE, and thus carry out the dimensioning, design and selection of equipment to determine the percentage of demand for electrical energy covered by the On Grid photovoltaic system. Where the photovoltaic system will have 310 solar panels, having an installed peak power of 139.5 kW. therefore, the photovoltaic system is within the parameters established by current national regulations.

### PALABRAS CLAVE

Energía Solar, Sistema Fotovoltaico On Grid, Consumo de Energía. Energía Alternativa.

### KEYWORDS

Solar Energy, On Grid Photovoltaic System, Energy Consumption. Alternative energy.

## INTRODUCCIÓN

**E**n la actualidad, es necesario desarrollar alternativas de generación eléctrica destinadas al aprovechamiento de recursos naturales que disminuyan la dependencia energética procedente de fuentes contaminantes.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, *On-Grid*, representan una de las principales opciones que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero por medio de la energía inagotable del sol.

Para la instalación de los sistemas fotovoltaicos, es indispensable contar con espacios libres, por esta razón, el presente estudio utilizó la superficie disponible en la cubierta del bloque B y C de la Escuela Militar de Ingeniería Unidad Académica Santa Cruz, EMI-UASC; a fin de cuantificar la energía eléctrica que se puede aprovechar de la radiación solar del área, la cual podría ser inyectada a la red eléctrica mediante un inversor de forma confiable, segura y sincronizada a la línea.

Además, permitirá reducir la utilización de electricidad proveniente de la red convencional, facturación del servicio eléctrico, como cargabilidad del transformador, pues así facilita la incorporación de nuevas cargas a la institución. Lo expresado anteriormente, demuestra la importancia y beneficio para a la EMI-UASC; por generar electricidad destinada a cierta parte del consumo energético de sus instalaciones, ahorrar capital, reducir el manejo de combustibles fósiles y especialmente hacer uso de una tecnología amigable con el medio ambiente, que motivaría a las demás instituciones a la utilización de la energía renovable proveniente del sol.

Se enmarco en el uso de fuentes no convencionales de energía, la energía solar, como elemento fundamental para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico *On-Grid* para la generación de energía eléctrica. El sistema fotovoltaico conectado a la red *On-Grid*, es más eficiente, produce más energía, tiene mayor factor de rendimiento y deja de emitir CO<sub>2</sub>.

Los datos de la radiación solar incidente sobre la superficie de la cubierta de la EMI-UASC se tomaron de la base de datos meteorológicos de la NASA.

La EMI-UASC creció en infraestructura e incrementó la cantidad y uso de equipos eléctricos y electrónicos de tales como acondicionadores de aire, equipos de: ofimática, laboratorio, taller de metalmecánica, etc; por su amplia infraestructura tiende a tener un uso excesivo de energía eléctrica, la cantidad de energía eléctrica en las instalaciones de la EMI-UASC se incrementan con la habilitación de nuevos ambientes.

La EMI-UASC; esta categorizada por la Cooperativa Rural de Electrificación, CRE, dentro del grupo GENERAL I-GM-MT. Esta categoría determina un consumo mayor a 50KW. En 2021 el campus universitario albergó a 6 Carreras en turno mañana y 7 carreras en turno tarde. Gran parte de los ambientes de esta casa de estudios superiores consume energía eléctrica de manera continua, el encendido y apagado de los equipos se encuentra a cargo del personal de guardia, mediante un control rutinario.

Estos factores han ocasionado un consumo elevado de energía eléctrica, se tomaron registros del año 2019 donde el consumo energético fue elevado a comparación de la gestión 2020 y 2021 por el hecho de tener clases virtuales y de esa manera no utilizar equipos eléctricos y electrónicos de los ambientes, sin embargo, en la gestión 2019 se alcanzó un total de 468000 KWh de consumo energético.

## DESARROLLO

En la Tabla 1 se presenta el historial de consumo de energía eléctrica en la EMI-UASC; proporcionado por la plataforma de la CRE, se confirmó que el consumo energético de la gestión 2019 fue el más alto entre las gestiones 2018, 2020 y 2021, por tal motivo, esta gestión fue la base para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico *On Grid*.

Tabla 1: Consumo energético histórico de la Escuela Militar de Ingeniería Unidad Académica Santa Cruz por gestiones, en kWh-Mes

Mes	2018	2019	2020	2021
Enero	11915	24868	27632	26803
Febrero	15652	29842	43382	17961
Marzo	24156	43105	63276	28737
Abril	19894	46697	33711	26803
Mayo	22015	46421	16026	25145
Junio.	10905	27355	12158	21000
Julio	15750	22934	10224	15750
Agosto	19342	24316	14092	20447
Septiembre	32605	43105	16026	29289
Octubre	41447	50013	25145	33158
Noviembre	42276	45040	41171	34540
Diciembre	46145	64658	39790	37303
Total	302102	468354	342633	316936

Fuente: Cooperativa Rural de Electrificación

### Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico *On Grid*

#### Radiación Solar y Horas Solar Pico

La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio, NASA, a través de su plataforma proporcionan datos importantes para el estudio del clima y flujos de energía solar superficial necesarias para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico en la EMI-UASC, a partir de la plataforma Power Larc NASA se obtuvieron los datos mensual y anualmente la radiación solar expresada en horas sol pico cuando la irradiancia solar es de 1000 W/m<sup>2</sup>. El valor óptimo promedio de Hora Solar Pico, HSP, es de 4,7 horas.

En la EMI-UASC, se verificó el sector donde se instalarían los módulos fotovoltaicos donde no existen obstáculos cercanos que causen sombra por lo tanto la generación solar sería óptima.



Figura 1. Área seleccionada para la instalación de los módulos fotovoltaicos

El área total disponible para la instalación de paneles solares es de 890 m<sup>2</sup>.

Para el cálculo del área requerida para la instalación fotovoltaica, se seleccionaron diferente potencia de referencia de un panel solar. La energía por generar en 4,7 horas de sol pico al día se determinó para paneles solares de 250, 350 y 450 W utilizando la ecuación:

$$E_p = P \times HSP$$

$$E_{250W} = 1175 Wh; E_{350W} = 1645 Wh; E_{450W} = 2115 Wh$$

Se seleccionó el panel solar de 450 W por su mayor producción de energía, cuyas características son: Voltaje de operación en potencia máxima 42,17 V; Corriente de operación 10,67 A; Corriente de corto circuito 11,49 A; Corriente de protección C/P 25 A; Dimensiones 2115 x 1048 x 40 mm; Peso Kg 25 kg; El área del panel solar es 2,2 m<sup>2</sup>, considerando un sobredimensionamiento de 1,3 ya que cada fabricante tiene una diferencia de dimensiones, sería de 2.86 m<sup>2</sup>.

La cantidad de paneles solares que pueden ser instalados en el bloque seleccionado de la EMI-UASC sería de 310 paneles solares.

Se elaboró el plano de la posición de los paneles solares, además de las vías de seguridad para su instalación y mantenimiento en el bloque seleccionado de la EMI-UASC junto a un informe donde se detalla las cargas permanentes que pueden llegar a soportar las columnas, vigas de la cubierta del bloque seleccionado, se determinó que el bloque seleccionado es óptimo para instalaciones fotovoltaicas.

La potencia para instalar 139,5 KW, la energía a generar en 365 días con 4,7 HSP sería de 239312 KWh, cubriendo el 51 % del requerimiento de energía de la EMI-UASC.

Utilizando como referencia un inversor GROWATT MAX 50KTL3 LV cuyas características son: V min-max de entrada 200-1 000 V; N° entradas DC MPPT 6; Corriente máxima Entrada 25 A; Corriente máxima Salida 80,5 A; Potencia Salida 50 KW Max; Eficiencia por MPPT 99,9%; Factor de Potencia 0,8; Peso 82 kg.

Se procedió al dimensionamiento del Inversor donde es muy importante tener en cuenta los picos de corrientes elevados en los arranques al enchufar motores o equipos que tengan una bobina que genere campos electromagnéticos y como consecuencia dañar el inversor, para evitar esto se sobredimensionó en 1,25

$$N.inversores = \frac{P.installar * 1.25}{P.max.inversor}$$

$$N.inversores = \frac{139,5 KW * 1.25}{50 KW} \approx 4$$

Donde 78 paneles solares es la cantidad promedio que se puede conectar en cada inversor, se procedió a calcular la cantidad de paneles solares por cada entrada MPPT. El inversor seleccionado cuenta con 6 entradas MPPT donde 12 o 14 paneles solares pueden ir conectados en cada entrada MPPT del inversor.

El arreglo de paneles solares en paralelo y serie por cada entrada MPPT del inversor con datos de la ficha técnica del fabricante, se tiene 2 Serie de Paneles en serie y 7 Paneles en serie. Se verificó que el voltaje de operación de cada entrada MPPT del inversor sea menor al voltaje admisible de operación de su ficha técnica del fabricante. Obteniéndose como voltaje de operación del inversor 295,2 V, siendo este resultado menor al voltaje admisible de 1000 V. De igual manera verificó que la corriente de operación del inversor sea menor a la corriente admisible de operación de su ficha técnica, la corriente de operación del inversor 21,34 A, siendo este resultado menor a la corriente admisible de 25 A.

El voltaje de protección en una serie de paneles solares se obtuvo multiplicando la cantidad de paneles solares en serie por el voltaje máximo del panel y el resultado dimensionarlo al 125 %, según la normativa boliviana NB777, el resultado fue 368,9 V como voltaje de protección por cada entrada MPPT del inversor y 22,9 A como corriente de protección para cada string de paneles solares.

El cableado fue diseñado teniendo en cuenta las condiciones de cada tramo de la instalación. Para el cálculo de las secciones de cable necesario se tuvo en cuenta las condiciones eléctricas en cada punto, el otro parámetro importante para tener en cuenta es la longitud del cable que se utilizará.

Para la conexión en serie de paneles solares se utilizará conductores de 4mm<sup>2</sup> – AWG 12. Las tuberías para los cables de conexión entre el inversor y cada string de paneles solares será de 26 mm, teniendo como área ocupada por los cables de un 27%, en la normativa boliviana indica que este valor debe de ser menor al 40% del área de la tubería.

La sección de cable requerida para inversores de 50 KW determinada fue de mm<sup>2</sup> y la tubería para la protección de estos cables deben de ser de 26mm.

Los soportes fotovoltaicos serán de 43 x 1 x 2,1 m, estas longitudes se llegaron a medir respecto a las dimensiones de los paneles solares y las dimensiones de la cubierta donde irán instalados.

En la tabla 2 se detallan los resultados obtenidos del dimensionamiento fotovoltaico on grid de 139,5 KW propuesto para la EMI-UASC.

Tabla 2: Tabla de dimensionamiento fotovoltaico

VARIABLES DIMENSIONADAS	RESULTADO
Horas de sol pico, HSP.	4,7
Área disponible para instalación de paneles solares, m <sup>2</sup> .	890
Área requerida para instalación de paneles solares, m <sup>2</sup> .	873,6
Potencia por instalar, KW.	139,5
Cantidad de paneles solares.	310
Cantidad de inversores.	4
Paneles solares por inversor.	72
Paneles en serie por MPPT del inversor.	6
Series en paralelo por MPPT del inversor.	2
Energía generada en 365 días, KWh.	239312
Energía consumida en 365 días, KWh.	468354
Demanda por cubrir, %.	51
Voltaje de operación DC por String, V.	295,2
Corriente de operación DC por cada String, A.	2134
Voltaje de protección DC por String, V.	368,9
Corriente de protección por String, A.	25
Voltaje AC de inversor, V.	230/400
Corriente de inversor, A.	80,5
Voltaje y corriente de protección.	Manual de Fabricante
Sección de conductor DC (Panel solar - Inversor), mm <sup>2</sup> .	6 AWG 10
Sección de conductor DC (Panel solar - Panel solar), mm <sup>2</sup> .	4 AWG 12
Tubería para conductores DC, mm	26
Sección de conductor AC (Inversor - Transformador) mm <sup>2</sup> .	35 AWG 2
Tubería para conductores, mm.	AC 26

La Ley de Energía indica: ARECRUZ otorgará Licencias para proyectos de generación de energía eléctrica en Sistemas Aislados y para Electrificación Rural, a cualquier entidad pública y/o privada que realice la inversión necesaria, para la implementación de sistemas de generación de energía y cumpla los requisitos que se establecerán reglamentariamente.

Licencias para energías alternativas renovables.  
Sistemas de Generación Distribuida.

Para la elaboración de este proyecto se tuvieron en cuenta las normativas citadas a continuación:

- UNI 9177, Clasificación de la reacción al fuego de los productos combustibles.
- IEC TS 62804-1:2015, Degradación por Potencial Inducido.
- IEC 61701:2011, Ensayos de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (PV).
- IEC 62716:2013, pruebas de corrosión por amoníaco.
- AS 4777, Estándar de requisitos del inversor.
- IEC 61683, Acondicionadores de potencia.
- IEC 60068, Ensayos medioambientales.
- IEC61727, Características de la interfaz de servicios públicos.
- BDEW, Certificación de Asociación Alemana de la Energía y la industria del Agua.
- CEI 0-16, Sistema de Protección de Interfaz (SPI).
- EN50438, Requisitos para la conexión de micro generadores en paralelo con redes generales de distribución en baja tensión.
- VDE-AR-N4105, Plantas de Generación Eléctrica en la Red de Baja Tensión.
- UTE C 15-712, Guía práctica para Instalaciones fotovoltaicas sin almacenamiento y conectadas a la red de distribución.
- VDE 0126-1-1, Dispositivo de desconexión automática entre un generador y la red pública de baja tensión.
- IEC 60364-7-712, Sistema de suministro de energía solar.
- NB 777:2017, Diseño y construcción de instalaciones eléctricas interiores en baja tensión.
- NB 1056:2008, Norma Boliviana Instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 5 KWp de potencia y hasta 48 V de tensión nominal.
- Resolución Ministerial N° 042:2017, Guía Boliviana para Diseño de Proyectos.
- IEC 60269-2, Requisitos para los cartuchos fusibles utilizados para la protección de sistemas de energía solar fotovoltaica.
- IEC 60898-1, Interruptores automáticos para funcionamiento en corriente alterna.
- IEC 60947-2, Características de fabricación para interruptores.
- IEC 62052-11, Equipos de medición de energía eléctrica (C.A). Requisitos generales.
- IEC 62053-22, Equipos de medición de energía eléctrica (C.A.). Requisitos particulares. Parte 22: Contadores estáticos de energía activa.
- IEC 62053-23, Equipos de medida de la energía eléctrica (C.A.). Requisitos particulares. Parte 23: Contadores estáticos de energía reactiva.
- IEC 61000 - 4, Compatibilidad electromagnética (CEM).

El sistema fotovoltaico *on grid* propuesto, estará interconectado a la red eléctrica local en la que ambas suministrarán energía eléctrica a la EMI-UASC. En la figura 2 se observa el diagrama de bloques de un sistema fotovoltaico interconectado con la red; las flechas indican el sentido del flujo de energía.

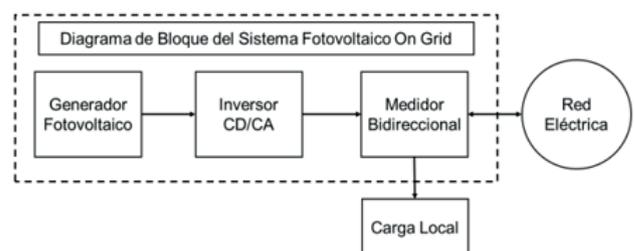


Figura 2. Diagrama de bloque del sistema fotovoltaico on grid  
Selección de componentes

### Selección de componentes

Se seleccionó los panel solar de la marca PEIMAR, debido a la eficiencia, sus dimensiones menores a otras de la misma marca y de la misma potencia, además de contar con una garantía de producto de 20 años y una garantía de desempeño de 30 años.

La mejor opción es el Inversor *String* o Tipo Cadena de la marca GROWATT, debido a la gran cantidad de entradas MPPT, su alta eficiencia por cada entrada MPPT, su rango de funcionamiento en altas potencias, además de contar con protecciones internas y con la tecnología *on grid*.

Las protecciones seleccionadas para la corriente continua fueron:

El seccionador de fusible de dos polos que satisface las necesidades presentadas fue de la marca 113 - 145 ABB, debido a que el tipo de fusible admisible para el seccionador deben de ser fusibles fotovoltaicos "gPV", especialmente fabricados para proteger instalaciones fotovoltaicas del lado de corriente continua frente a sobre corriente.

El interruptor termomagnético DC que satisface las necesidades presentadas fue de la marca Schneider Electric, debido a que cumplen con el voltaje y corriente requeridos para la protección fotovoltaica del lado de corriente continua.

Según las características necesarias para el proyecto, la opción más acorde es el descargador de sobretensión DC la marca Schneider Electric, debido a que cumplen con el voltaje requerido para la protección de sobretensiones del lado de corriente continua.

Para la protección en Corriente Alterna

Para inversores CC/AC de 50 KW de potencia y una salida de 80 A, se requiere protecciones eléctricas de 100 A. y 400 V AC.

El interruptor termomagnético AC que satisface las necesidades presentadas fue de la marca SCHNEIDER ELECTRIC, modelo C1204X100A, debido a que cumplen con el voltaje y el tipo de red requerido para la protección de sobretensiones del lado de corriente alterna.

La opción seleccionada que se adecua al requerimiento es de la marca Schneider Electric, modelo A9R11491, debido a que cumple con el voltaje, corriente nominal, diferencia de corriente fuga y el tipo de red requeridos para la protección de sobretensiones del lado de corriente alterna.

El descargador de sobretensión AC que satisface las necesidades presentadas fue de la marca SCHNEIDER ELECTRIC, modelo A9R11491, debido a que cumplen con el voltaje, el tipo de red requerido y el punto más importante que es la categoría de protección "1" que posee para la protección de sobretensiones del lado de corriente alterna.

Selección de medidor de energía bidireccional

el medidor bidireccional seleccionado fue SMA ENERGY METER, los requerimientos están especificados en base a las normativas vigentes de medición de energía bidireccional en corriente alterna.

Selección de Estructura

Para la instalación de paneles solares se seleccionará la estructura fija, recomendada por las normativas de instalación de paneles solares para cubiertas inclinadas. (Peimar, 2017).

### Simulación

Con los datos obtenidos mediante el dimensionamiento se procede a realizar la simulación del sistema fotovoltaico on grid mediante el programa PVSOL Premium.

Tabla 25: Producción de energía solar con simulador

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	
Potencia del generador FV, KW	139,5
Panel Solar 450 W, unidades	310
Inversor 50 KW, unidades	4
Pérdidas, %	2,9
Energía anual del generador fotovoltaico. KWh/año	243734,0
Energía total anual del generador fotovoltaico, KWh/año	236665,7
CONSUMO	
Consumo Anual, KWh/año	468354
Consumo Standby (inversor), KWh/año.	82
Consumo total, KWh/año	468436
CONSUMO TOTAL CON SFVCR, KWh/año	
Cubierto mediante red, KWh/año	231770,3
Cubierto mediante sistema fotovoltaico, KWh/año	236665,7
Porcentaje Cubierto, %	51

## DISCUSIÓN

Las horas solares picos en el departamento de Santa Cruz presentan valores promedio mensuales adecuados, 4,7 HSP, para el aprovechamiento energético de la radiación.

El sistema fotovoltaico on grid operará eficientemente durante cualquier día del año con 310 paneles solares de 450 W, sus protecciones en corriente continua, protecciones en corriente alterna y 4 inversores CC/CA de 50 kW, teniendo como producción total de 243734 KWh., esto expresado en una reducción anual en la facturación del 51%.

La Escuela Militar de Ingeniería Unidad Académica Santa Cruz, debe considerar el beneficio medioambiental que generaría utilizar este sistema comparado a la energía proveniente de una termoeléctrica, este sistema durante sus 30 años de funcionamiento puede reducir la emisión de aproximadamente 3000 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Existe gran cantidad de proveedores de equipos fotovoltaicos para instalaciones solares en Bolivia, estos equipos seleccionados para la instalación en la Escuela Militar de Ingeniería cuentan con las normativas vigentes internacionales para su funcionamiento.

De acuerdo con la demanda de energía para la cual fue diseñado

el sistema, el escenario crítico de disponibilidad de radiación solar y los costos asociados a la implementación del sistema a lo largo de 30 años, se tiene un costo de kWh producido de Bs. 0,14, es decir que el sistema es rentable respecto de la tarifa de energía proveniente de la red eléctrica de Bs. 1,1/KWh.

## REFERENCIAS

- COOPERATIVA RURAL DE ELECTRIFICACIÓN R.L. (2019). Manual del Consumidor. Recuperado de [https://www.cre.com.bo/wp-content/uploads/2019/12/ManualdelConsumidor-2-comprimido\\_compressed\\_reduce-min.pdf](https://www.cre.com.bo/wp-content/uploads/2019/12/ManualdelConsumidor-2-comprimido_compressed_reduce-min.pdf)
- FERRA, T. V. (2020). Energía Eléctrica. Energía Today. Recuperado de <https://energiatoday.com/>
- GRADOS IP DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA. (2021). Protección eléctrica. <https://blog.nuoplanet.com/grados-proteccion-ip>
- IBNORCA. (2021). Norma Boliviana NB777. <https://www.ibnorca.org>
- JUAREZ, A. S. (2017). Aplicaciones Fotovoltaicas de la energía solar. Recuperado de <http://www.fordecyt.ier.unam.mx/pdf/pdfFotoVoltaico.pdf>
- LAMIGUEIRO, O. P. (2020). Energía Solar Fotovoltaica. Recuperado de <https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>
- LORENZO. (1994). SOLAR ELECTRICITY. [Traducido al español de Inglés]. España: Progensa
- MARTINEZ, D. B. (2010). Energía Solar Fotovoltaica.(Trabajo de grado, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Zaragoza). Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/289971257.pdf>
- MUÑIZ, M. (2008). Energía Sola Fotovoltaica. Recuperado de <https://www.apuntesdeelectronica.com/otros/energia-solar-fotovoltaica-libro.htm>
- Peña, B. N. (2019). Diseño Fotovoltaico. (Trabajo de grado, Universidad Nacional de Jaén). Recuperado de 144 - 145 [http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/185/Aguirre\\_PNE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/185/Aguirre_PNE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- PEIMAR. (2021). Manual de instalacion de paneles solares. [https://www.peimar.com/documents/Peimar\\_LT\\_Manual-de-instalacion.pdf](https://www.peimar.com/documents/Peimar_LT_Manual-de-instalacion.pdf)
- POWER LARC NASA. (2021). Irradiación Solar en Bolivia. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- ROBBINS, A. H., & MILLER, W. C. (2008). Análisis de Circuitos Teoría y Practica (4a Ed.). Cengage Learning.
- SADIKU, M. & ALEXANDER, C. K. (2018). Fundamentos de Circuitos Eléctricos (6a Edición). McGraw Hill. Recuperado de <https://stelta.files.wordpress.com/2014/03/fundamentos-de-circuitos-elc3a9ctricos-3edi-sadiku.pdf>
- SEGURA, M. P. (2013). Diseño de Sistemas fotovoltaicos. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/3869>
- STYLE, O. (2012). Energía Solar Autonomas. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=cNJB5tdbcJ0C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

## CITA

