

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén

PRESENTADO POR:

JUAN CARLOS RUFASTO CASTRO

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

ASESOR: Ing. Eduar Jamis Mejía Vásquez

Jaén – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 002-2018-SUNEDU/CD
COORDINACIÓN CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



"Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las doce y cuarenta minutos, del día viernes, quince de marzo del dos mil diecinueve, reunidos en la sala de profesores de la Universidad Nacional de Jaén, los Miembros del Jurado, designados mediante resolución N° 066 – 2019 - CO – UNJ del 12 de marzo del 2019:

- Dra. Ing. Irma Rumela Aguirre Zaquinaula (Presidente)
- Ing. M. Sc. Wagner Colmenares Mayanga (Secretario)
- Ing. MSc José Andrés Fernández Mera (Vocal)

Con la finalidad de llevar a cabo la Sustentación de Informe de Tesis Titulado: **"Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de computo de la Universidad Nacional de Jaén"**, presentado por el tesista: **Juan Carlos Rufasto Castro**

Los Miembros del Jurado, presencian la sustentación del Informe de Tesis denominado: **"Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de computo de la Universidad Nacional de Jaén"**, luego se procede a realizar las preguntas correspondientes para ser contestadas por el tesista, los Miembros del Jurado de Tesis luego de escuchar la defensa del tesista, deliberan y deciden aprobar la sustentación, siendo el calificativo final: catorce (14) BUENA

Deficiente	Regular	Buena	Muy Buena	Sobresaliente
0 - 10	11-12	13-14-15	16-17-18	19-20

Siendo las una y treinta minutos, del mismo día, se procede a firmar la presente en señal de conformidad y elevar a las autoridades competentes para el trámite correspondiente.

Presidente

Nombre: Dra. Ing. Irma Rumela Aguirre Zaquinaula

Firma

Secretario

Nombre: Ing. M. Sc. Wagner Colmenares Mayanga

Firma

Vocal

Nombre: Ing. MSc José Andrés Fernández Mera

Firma

“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA EL SUMINISTRO
DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA SALA DE CÓMPUTO DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE JAÉN”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA



Ing. Eduar Jamis MEJÍA VÁSQUEZ
ASESOR

Aprobado por el siguiente jurado:



Dra. Ing. Irma Rumela AGUIRRE ZAQUINAULA
PRESIDENTE



Ing. M.Sc. Wagner COLMENARES MAYANGA
SECRETARIO



Ing. M.Sc. José Andrés FERNÁNDEZ MERA
VOCAL

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	9
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN LITERARIA.....	13
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación	13
2.2. Bases teóricas conceptuales.....	14
2.2.1. Radiación solar	14
2.2.2. Tipos de radiación solar	15
2.2.3. Panel fotovoltaico.....	19
2.2.4. Células fotovoltaicas	20
2.3. Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo	27
2.3.1. La batería	27
2.3.2. El inversor o convertidor	29
2.3.3. Unidad de control o regulador	31
2.3.4. Elementos de protección	32
2.3.5. Conductores	32
2.3.6. Estructura de soporte.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1. Materiales	35
3.2. Metodología	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
V. CONCLUSIONES	86
VI. RECOMENDACIONES	87
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
VIII. ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Declinación características mensuales.....	18
Tabla 2: Cuadro de irradiancia de los años 2016-2017.....	41
Tabla 3: Datos registrados a través de mediciones hechas por NASA	44
Tabla 4: Variable meteorológica radiación horizontal	45
Tabla 5: Cargas de los equipos en la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén	46
Tabla 6: Criterio de selección del voltaje de operación en CC del sistema.....	47
Tabla 7: Detalle mes a mes para inclinación óptima	48
Tabla 8: Métodos de instalación referenciales	56
Tabla 9: Instrucciones por métodos de instalación para obtener la capacidad de corriente nominal.....	57
Tabla 10: Factor de agrupación	57
Tabla 11: Capacidad de corriente de conductores aislados-al aire libre	58
Tabla 12: Capacidad de corriente <i>Isección</i>.....	58
Tabla 13: Resultados del cálculo de cableado	66
Tabla 14: Resultados del cálculo de los elementos de protección	67
Tabla 15: Propiedades de los materiales empleados	69
Tabla 16: Sistema dinámico.....	71
Tabla 17: Propiedades del perfil cuadrangular	77
Tabla 18: Resultados del diseño para el dimensionamiento de los paneles.....	84
Tabla 19: Resultados del diseño para el dimensionamiento de las baterías	85
Tabla 20: Resultados del diseño para para el dimensionamiento del controlador e inversor	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de distribución de la radiación Solar.....	15
Figura 2. Movimiento de la tierra alrededor del sol.....	16
Figura 3. Coordenadas solares	17
Figura 4. Valores referenciales de Aire-Masa en función de la altura solar.....	18
Figura 5. Irradiancia a lo largo de un día	19
Figura 6. Células fotovoltaicas	20
Figura 7. Estructura de la célula fotovoltaica.....	21
Figura 8. Tecnologías fotovoltaicas.....	22
Figura 9. Tecnologías fotovoltaicas más comunes	23
Figura 10. Eficiencia de células fotovoltaicas.....	23
Figura 11. Curva corriente Vs voltaje y potencia Vs voltaje.....	25
Figura 12. Efecto de la temperatura	25
Figura 13. Efecto de radiación en panel 50 Wp EverExceed.....	26
Figura 14. Distanciamiento entre filas de módulos fotovoltaicos.....	27
Figura 15. Partes de una batería	28
Figura 16. Características de los principales tipos de baterías.	29
Figura 17. Curva típica de eficiencia del inversor.....	31
Figura 18. Esquema eléctrico de un generador	31
Figura 19. Tensión en la batería de 12 V	32
Figura 20. Estructura Fija	34
Figura 21. Instalación de seguidor solar.....	34
Figura 22. Mapa político de la provincia de Jaén.....	37
Figura 23. Datos de irradiancia promedio, periodo 2016-2017.....	41
Figura 24. Datos obtenidos de irradiancia ($W/m^2/día$).....	42
Figura 25. Determinación de la irradiación diaria ($Wh/m^2/día$).....	43
Figura 26. Irradiación promedio diaria, semanal y mensual	44
Figura 27. Catálogo de batería Gel EverExceed.....	49
Figura 28. Espectro de Pseudo Aceleraciones.....	71

Figura 29. Combinaciones de carga	73
Figura 30. Estado - Carga Muerta "D"	74
Figura 31. Estado - Carga Viva "L"	74
Figura 32. Estado - Carga de Viento "WBp"	75
Figura 33. Estado - Carga de Viento "WBs"	75
Figura 34: Deformaciones y desplazamientos máximos	76
Figura 35. Diseño automatizado de miembros de acero según AISC – LRFD	77
Figura 36. Consola Davis Pro 2	91
Figura 37. Panel principal	91
Figura 38. Estación meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén	92
Figura 39. Influencia de los rayos solares en el mundo	93
Figura 40. Influencia de los rayos solares en el Perú	94
Figura 41. Incidencia del sol en el departamento de Cajamarca	95
Figura 42. Batería TFS U-Power	102
Figura 43. AE PowerPlus Module de 335 Wp policristalino	103
Figura 44. Especificaciones técnicas del panel AE PowerPlus	104
Figura 45. Controlador MPPT-Victron Energy	105
Figura 46. Inversor/Cargador Quattro	106
Figura 47. Especificaciones técnicas del Inversor/Cargador Quattro	107
Figura 48. Símbolos utilizados en el diseño	108
Figura 49. Esquema de conexión de los paneles y el controlador	109
Figura 50. Esquema de conexión de las baterías	109
Figura 51. Esquema de conexión del regulador-controlador	108
Figura 52. Esquema de conexión del inversor	110

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Equipos utilizados en las mediciones de la radiación solar	91
Anexo 2: Mapas solares.....	93
Anexo 3: Análisis de gastos generales y costos unitarios	96
Anexo 4: Especificaciones técnicas de los equipos del sistema fotovoltaico	102
Anexo 5: Planos de la instalación solar fotovoltaica.....	108

RESUMEN

El objetivo de este proyecto de tesis es diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de computo de la Universidad Nacional de Jaén. Se realizó la evaluación del recurso solar con datos de la estación meteorológica Davis Vantage Pro 2 y comparando los resultados con los datos de la Nasa, se determinó la demanda energética y el diseño de cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico asimismo se hizo la comparación de la energía solar con la energía eléctrica. En el cual se encontró que el número de equipos son: 1 ventilador eléctrico para mesa o de pie, 2 ventiladores eléctricos para techo, 1 switch (24 puertos), 7 luminarias, 31 computadoras de escritorio y 1 proyector, dando como resultado un consumo de energía promedio diario de $59,52 \text{ kWh/día}$. Los componentes del sistema fotovoltaico autónomo que se seleccionaron son de 116 paneles fotovoltaicos de 335 Wp, 7 reguladores MPPT-Victron Energy 100A / 48V, 1 inversor/cargador Quattro Victron Energy 48/8000-220V; 72 baterías TFS U-Power 12 V CD y 250 Ah. La presente tesis contribuirá con el medio ambiente pues promueve la utilización de las energías no convencionales, estos sistemas fotovoltaicos pueden mejorar los perfiles de tensión y la calidad del servicio eléctrico.

Palabras clave: Diseño, sistema fotovoltaico, autónomo, radiación solar, energía eléctrica.

SUMMARY

The objective of this thesis project is to design an autonomous photovoltaic system for the supply of electrical energy to the computer room of the National University of Jaén. The evaluation of the solar resource with data from the Davis Vantage Pro 2 meteorological station was carried out and, comparing the results with the NASA data, the energy demand and the design of each of the components of the photovoltaic system were determined, as well as the comparison. of solar energy with electrical energy. In which it was found that the number of equipment are: 1 electric fan for table or standing, 2 electric ceiling fans, 1 switch (24 ports), 7 luminaires, 31 desktop computers and 1 projector, resulting in a consumption average daily energy of 59.52 kWh / day. The components of the autonomous photovoltaic system that were selected are 116 photovoltaic panels of 335 Wp, 7 regulators MPPT-Victron Energy 100A / 48V, 1 inverter / charger Quattro Victron Energy 48 / 8000-220V; 72 TFS batteries U-Power 12 V CD and 250 Ah. This thesis will contribute to the environment as it promotes the use of non-conventional energies, these photovoltaic systems can improve the voltage profiles and the quality of the electric service.

Keywords: Design, photovoltaic system, autonomous, solar radiation, electric power.

I. INTRODUCCIÓN

La naturaleza y la sociedad necesitan de energías que no afecten la vida y la salud de sus elementos componentes, que los conocimientos y la tecnología contribuyan a mantener un ambiente adecuado, tanto para la vida como a la economía. Para conciliar dicha aspiración, el presente estudio “diseño de sistema solar fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de computo de la Universidad Nacional de Jaén”, es un estudio con alcance descriptivo, trata de caracterizar y relacionar los elementos tecnológicos que hacen posible recoger energía a partir de las radiaciones provenientes de las estrellas, sus relaciones físicas – químicas y así como sus cuantificaciones matemáticas, lo que mapifican en el plano las condiciones de funcionamiento de tan anhelada tecnología.

Los paneles fotovoltaicos son una alternativa sustentable de energías renovables, que ayudan y tienen un impacto favorable en el ámbito social, ambiental y económico, que se acoge frente a la necesidad de contribuir a mitigar el alarmante efecto del aumento de temperatura en la tierra, que dañan o alteran la naturaleza biológica y la salud de los ecosistemas.

El diseño del sistema fotovoltaico autónomo para la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén, ayudará a cubrir una parte de la demanda eléctrica de esta y reducir costos de facturación. Entre los beneficios destacados con el diseño de dicho sistema fotovoltaico tenemos: generar energía limpia; es decir los medios que se utilizan para producir energía tienen efecto despreciable de contaminación, como sí lo son el carbón y el petróleo, otro beneficio tiene que ver con el conocimiento científico, la universidad tiene que responder con capacidades que aprovechen el buen uso de los recursos, con calidad y beneficio económico.

Este diseño ayudará posteriormente a la instalación de dicho sistema, en el cual los alumnos de Ingeniería Mecánica Eléctrica podrán involucrarse y realizar prácticas relacionadas a la formación profesional, además con la futura instalación fotovoltaica autónoma el pago mensual por consumo eléctrico disminuirá, contribuyendo al ahorro

económico dentro de nuestra universidad. Esta experiencia servirá de punto de partida para próximas investigaciones de gran impacto.

Entre los objetivos de esta investigación tenemos:

Objetivo General:

- Diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén.

Objetivos Específicos:

- Evaluar la radiación solar en la zona del proyecto.
- Determinar el consumo energético de la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén.
- Dimensionar el sistema fotovoltaico autónomo para la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén.
- Comparar el costo de energía solar con la energía eléctrica en la Universidad Nacional de Jaén.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

El estudio de Valdiviezo (2014), en un proyecto de investigación muestra el diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la Pontificia Universidad Católica del Perú, parte por describir las condiciones físicas meteorológicas de sitio y se señalan una demanda de energía equivalente a “158,4 Ah/día”. Tomó en cuenta otros factores como: Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el interés del uso e investigación de los recursos energéticos renovables (RER), la estrategia de marketing institucional, y la adaptación para ser utilizado como un laboratorio experimental (Valdiviezo, 2014). Al dimensionar la cantidad de baterías, paneles fotovoltaicos, inversores y controladores a emplear, se obtiene el siguiente arreglo, al iterar varias veces: 12 baterías 250 Ah / 12 V (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 50 A y 24 V, 1 inversor 24 V / 230 V _ 1200 W. Como resultado se obtuvo una generación de energía de 3900 Wp y satisfaciendo a las 15 computadoras. (Valdiviezo, 2014)

Se implementó un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribia, departamento de la Guajira – Colombia, los resultados fueron: La implementación de 1 kit por predio, de generación eléctrica solar fotovoltaica a un estimado inicial de 300 viviendas en las cuales se divide la población. se calculó que la planta desalinizadora posee una demanda de 2000 vatios, con lo que se requería un kit igual al de las unidades de vivienda. (Gálviz y Gutiérrez, 2014).

La investigación de Celimen (2014), en un estudio para la implementación de un sistema fotovoltaico como alternativa rural sostenible de la vereda San Roque en el municipio de Ortega-Tolima, Colombia, indica que la generación de energía a partir de sistemas solares tiene ventajas comparativas frente a otros tipos de energías a la elevada calidad energética, la reducción de emisiones de CO₂, que de

acuerdo con los resultados un sistema produce 1956 kWh al año como fuente de energía solar y evita la emisión a la atmósfera de aproximadamente 730 kilos de CO₂. (Celimen, 2016)

Se diseñó una instalación fotovoltaica autónoma para la finca mis delirio en Pereira-Colombia concluyendo que el alto valor de excedente de energía es de 1099 kwh, que la fracción solar es de 99,3 %, donde la fracción solar es la relación entre el consumo cubierto por energía solar y la demanda, la eficiencia del sistema de 46,2 %. El rendimiento anual específico es de 801,8 kWh/kWp, la eficiencia del generador fotovoltaico es de 12,3 %, calculando un ahorro energético positivo. (Santa, 2014)

2.2. Bases teóricas conceptuales

2.2.1. Radiación solar

La radiación solar, son formas de energía que desde el sol se distribuyen y llega a la Tierra, como consecuencias de las reacciones nucleares que se producen en el Sol. Son las reacciones nucleares que producen energía, las cuales se trasladan por el espacio en forma de onda partícula y que dicha energía no es absorbida el 100% como efecto de choques, inducciones y otros fenómenos, por lo que se puede aprovechar en campos tecnológicos, sabiendo que la temperatura promedio en el sol es de 5500 °C. (Méndez y Cuervo 2011)

Según datos del Instituto Geofísico del Perú, y señala que el 24% de la radiación del sol, llega directamente a la Tierra, el 21% de la radiación no llega directamente, mientras que el 29% se pierde en el espacio. (Valdiviezo, 2014)

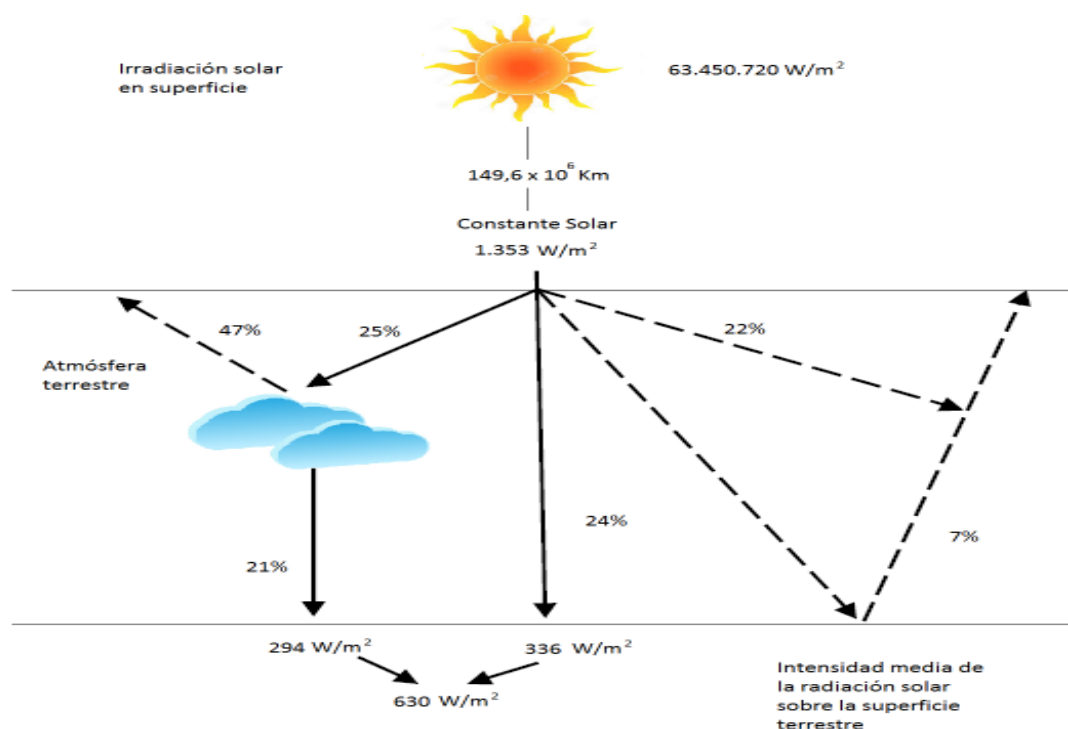


Figura 1. Esquema de distribución de la radiación Solar
Fuente. Méndez y Cuervo (2011)

2.2.2. Tipos de radiación solar

La incidencia de los rayos solares que llegan a la tierra, configuran tres tipos de radiación, (Méndez y Cuervo 2011):

- Directa: cuando la radiación que sale del sol no cambia de dirección, para el caso del presente estudio la radiación tiene como destino llegar a la tierra, sin que la atmosfera interfiera en su dirección.
- Difusa: son refracciones o radiaciones solares que han virado de dirección y velocidad, debido al choque con los distintos tipos de materiales de la atmósfera.
- Albedo: Es el producto de radiación reflejada, obtenida por diferencia entre radiación incidente y radiación refractada, como consecuencia de choques con elementos de la atmósfera.

La presente investigación toma en cuenta la radiación directa, debido a un mayor aprovechamiento de su cantidad energética, siendo necesario para el funcionamiento de la tecnología fotovoltaica.

a) Geometría solar

En términos generales el Sol eje del sistema planetario, su distancia a la Tierra es de 149,6 MKm y esto no varía apenas en todo el año, ya que el recorrido de la Tierra es una elipse de excentricidad muy pequeña.

La órbita elíptica de la Tierra entorno al Sol determina una trayectoria de este tipo, en uno de esos centros está el Sol. Esta órbita se denomina Plano de la Eclíptica, ahí se verifican los eclipses del Sol y Luna. El eje de rotación terrestre forma un ángulo constante de $23^{\circ}27''$, denominado Oblicuidad de la Eclíptica.

A continuación, se muestra la figura 2, la geometría la Eclíptica Solar. Movimiento de la tierra alrededor del sol. (EnerAgen, 2007)

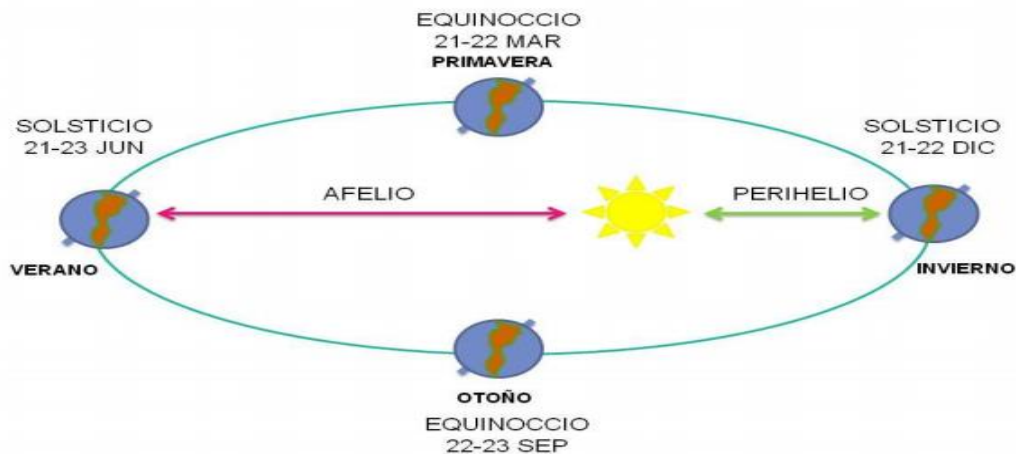


Figura 2. Movimiento de la tierra alrededor del sol
Fuente. EnerAgen (2007)

La intersección entre la órbita Eclíptica con el Ecuador, originan lo que se conoce como puntos equinociales, los mismos que cuando el sol pasa por dichos puntos el día y la noche toman cantidades iguales de duración.

La línea equinoccial, es una recta perpendicular que en el plano corta a esta en dos puntos, de mínima y máxima declinación; comúnmente llamados solsticio de invierno y solsticio de verano; son llamados. (EnerAgen, 2007)

b) Coordenadas solares

Existen dos coordenadas cuando la ubicación del sol en cada instante está con respecto a un punto de observación en la superficie terrestre llamados altura solar y azimut solar. En la figura 3 se muestra las coordenadas polares. (EnerAgen, 2007)

- Altura solar (α).- Varía de acuerdo con las estaciones, es muy importante ya que aporta en la creación de sombras y en la irradiación recibida por el módulo. Está formada por la línea que une del centro del sol con el punto de observación y la superficie horizontal.
- Azimut solar (ψ).- Es el ángulo que forma la proyección horizontal de la línea que une el centro del Sol con el meridiano del lugar (dirección Norte-Sur) con origen en el Sur". (EnerAgen, 2007)

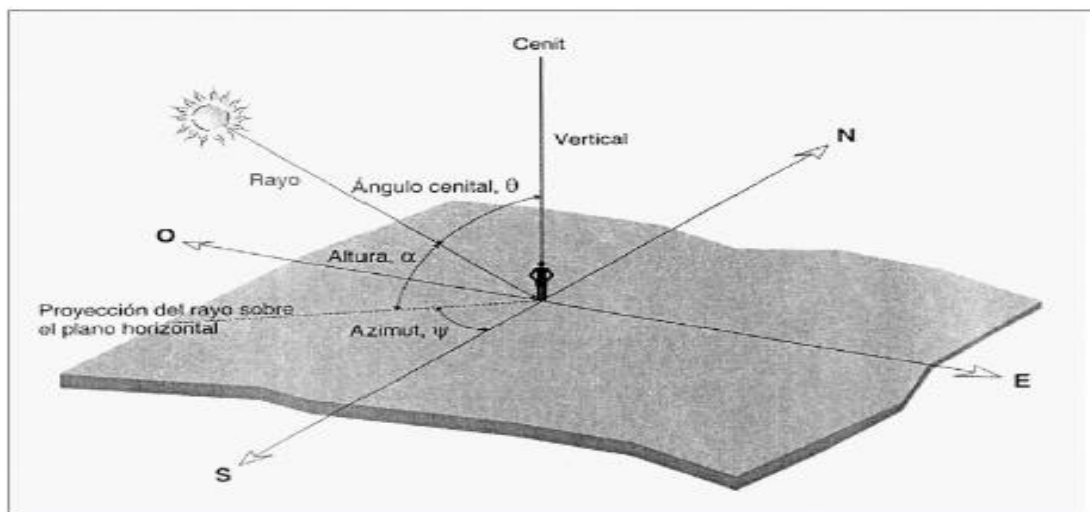


Figura 3. Coordenadas solares
Fuente. EnerAgen (2007)

En la tabla 1 se exhibe una declinación representativa para cada mes y los datos son tomados por un día que nos muestra la otra columna.

Tabla 1
Declinación característica mensuales

Mes	Día del año	Declinación
Enero	17	-20,084
Febrero	45	-.13,032
Marzo	74	-2,040
Abril	105	+9,046
Mayo	135	+18,078
Junio	161	+23,004
Julio	199	+21,011
Agosto	230	+13,028
Septiembre	261	+1,097
Octubre	292	-9,084
Noviembre	322	-19,002
Diciembre	347	-23,012

Fuente. Ruiz y Silva (2005)

c) Recorrido de la radiación solar

Es importante saber que mayor será la radiación solar cuando sea menor la distancia del sol. Cuando esto sucede, que el sol esté más cerca de la tierra, es decir, $\alpha = 90$.

Otro término muy importante que tenemos que conocer es sobre el concepto de masa de aire (AM), es la longitud del camino tomado por la luz a través de la atmósfera (es decir, cuando el sol está directamente vertical). (Valdiviezo, 2014) En la figura 4 se muestran los valores referenciales de Aire-Masa en función de la altura solar. (Valdiviezo, 2014)

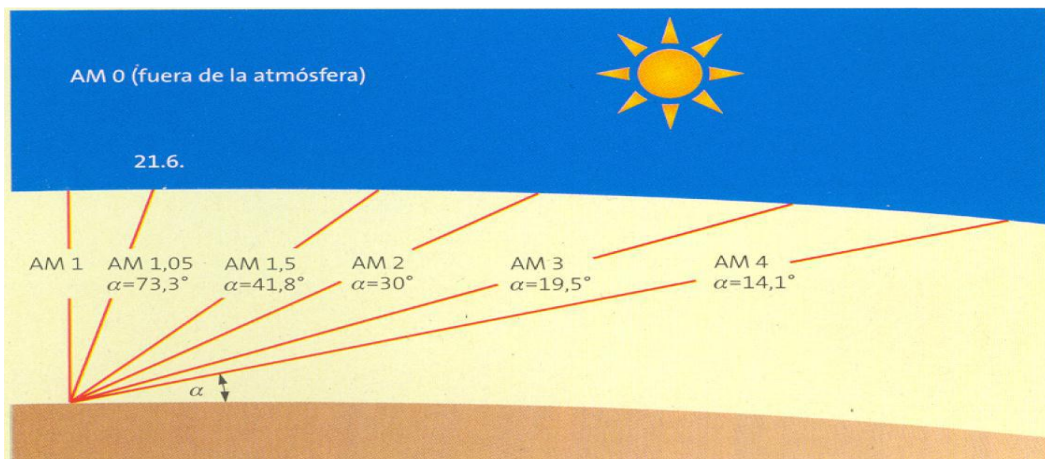


Figura 4. Valores referenciales de Aire-Masa en función de la altura solar
Fuente. Valdiviezo (2014)

d) Horas solar pico

La definición de horas solar pico (HSP), es a las horas de irradiación diarias (o horas de luz) y cuyo valor puede variar desde 3 a 7 horas diarias, esto va a depender del lugar de la instalación y del mes. Cuya irradiancia hipotética es de unos 1000 w/m^2 . En la figura 5 nos muestra la irradiancia durante un día, donde se expresa la evolución durante todo el día, abarcando también un rectángulo donde se muestran las horas utilizadas para el cálculo o en otras palabras las horas solar pico. (Pareja, 2010)

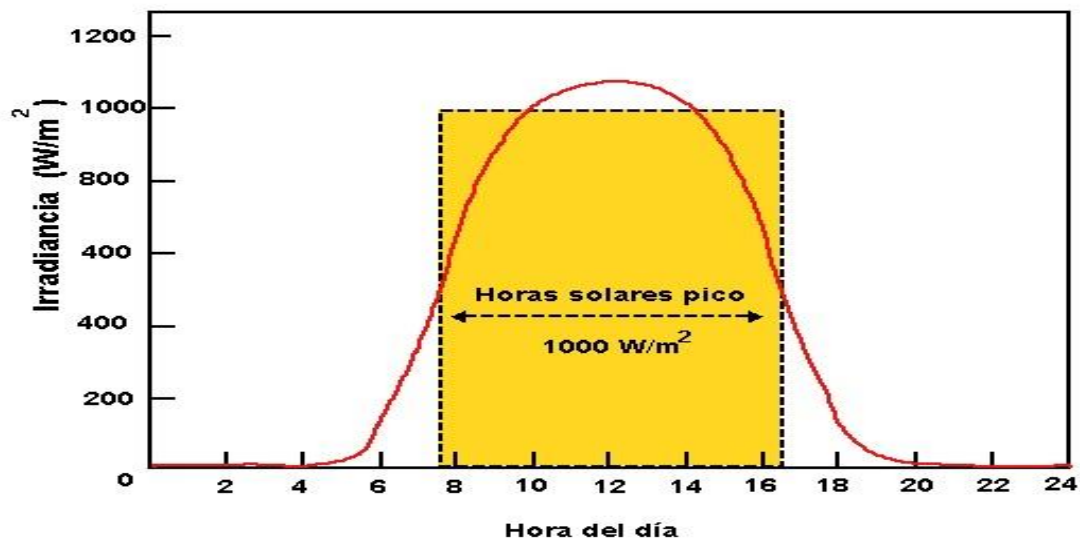


Figura 5. Irradiancia a lo largo de un día
Fuente. Pareja (2010)

2.2.3. Panel fotovoltaico

También llamado módulo fotovoltaico, son placas rectangulares integradas por un grupo de celdas fotovoltaicas, pueden estar conectadas en serie o en paralelo, si se conecta en serie es porque se va a aumentar el voltaje y si lo conectamos en paralelo es para aumentar la corriente. (Focer y PNUD, 2002)

Es un requisito que los módulos se fabriquen de acuerdo a la norma internacional IEC 61215 “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Cualificación del diseño y aprobación de tipo” o equivalente. (Minem, 2005)

Dicha norma establece las pruebas necesarias para evaluar los siguientes aspectos:

- Diagnóstico
- Requerimientos eléctricos
- Parámetros de rendimiento
- Requerimientos térmicos
- Requerimientos de irradiación
- Requerimientos de ambientales
- Requerimientos de mecánicos
- Protecciones

Según la figura 6, en la primera columna se muestra la combinación de la célula fotovoltaica y en la segunda columna el panel fotovoltaico.

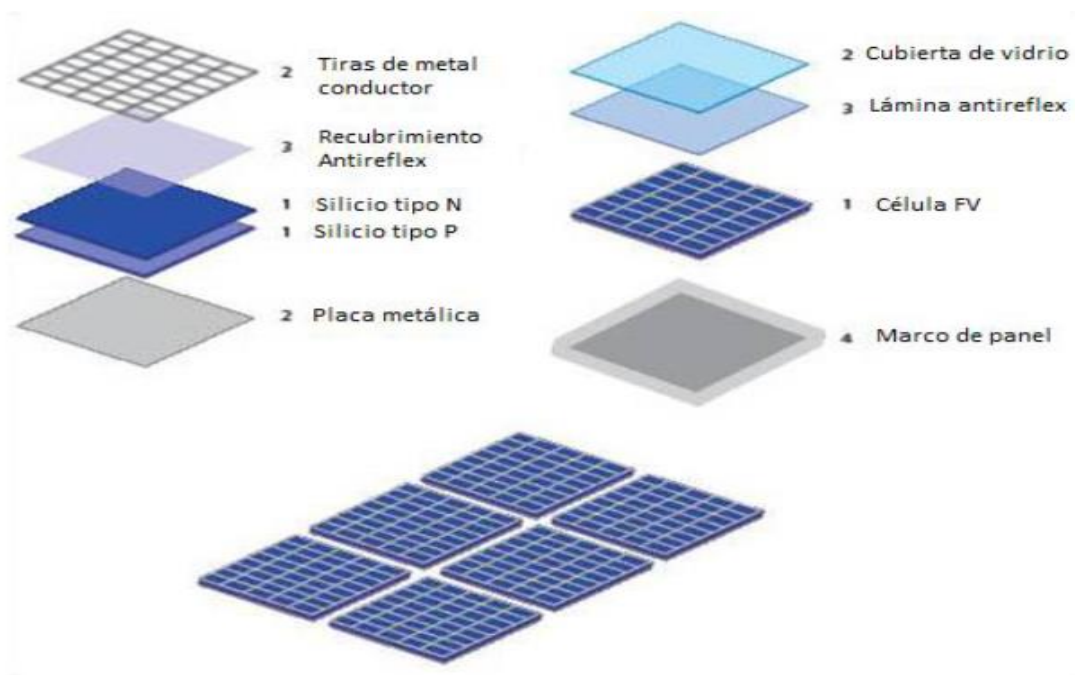


Figura 6. Células fotovoltaicas
Fuente. Zedano (2016)

2.2.4. Células fotovoltaicas

En cualquier instalación de energía solar el elemento principal es el generador o también llamado célula fotovoltaica. Su principal función es obtener electricidad a partir de la luz del sol.

En particular toda célula fotovoltaica se comporta como un diodo. Donde la *N* es la parte donde está expuesta a la radiación solar, y la *P* es donde está ubicado en la parte de oscuridad. El plano donde está situado la zona *P* esta por completo metalizado (no es necesario que reciba luz), de igual forma el plano donde está la zona *N* es similar a un peine, con el fin de que llegue la radiación solar al semiconductor. (Días y Carmona, 2010)

En la figura 7 nos presenta la estructura de la célula fotovoltaica.

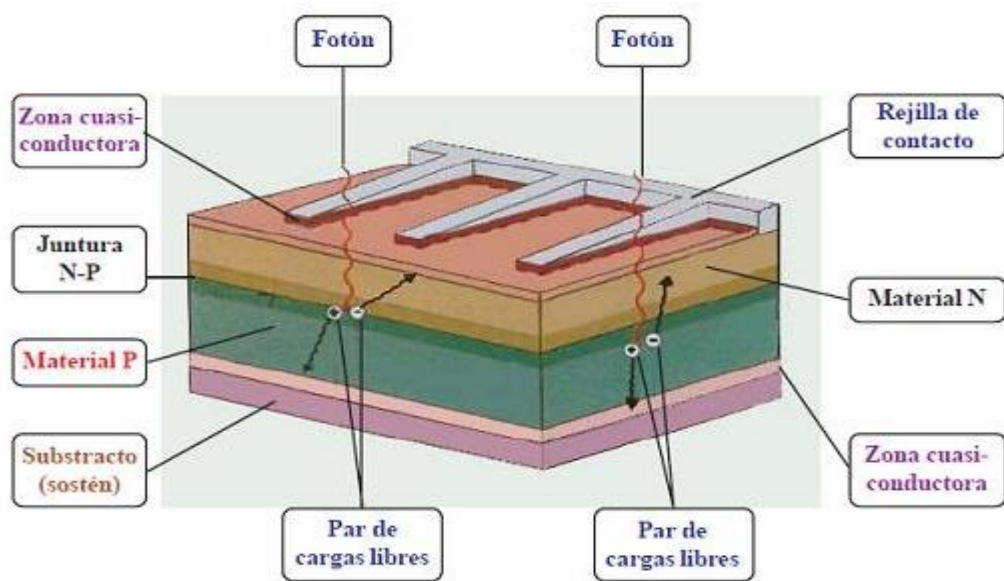


Figura 7. Estructura de la célula fotovoltaica
Fuente. Días y Carmona (2010)

En estos tiempos hay diferentes tipos de células fotovoltaicas, con variadas tecnologías, diferentes propiedades y para seleccionar la más apropiada existen algunos factores:

- **Cristalinidad:** Señala el nivel de orden en la estructura cristalina de los átomos de silicio. Y pueden ser monocristalino, policristalino y amorfo. (Valdiviezo Salas, 2014)
- **Coefficiente de absorción:** Indica cómo la luz solar puede penetrar antes de que el material lo absorba. Va a depender del material de la célula fotovoltaica y de la extensión de onda de la luz. (Valdiviezo Salas, 2014)

- Costo y complejidad de fabricación: Depende de un grupo de factores, como el número de paso implicados, de un ambiente especial, el tipo y la cantidad del material, la necesidad de mover las células, etc. (Valdiviezo Salas, 2014)

La figura 8 presenta el árbol de tecnologías fotovoltaicas

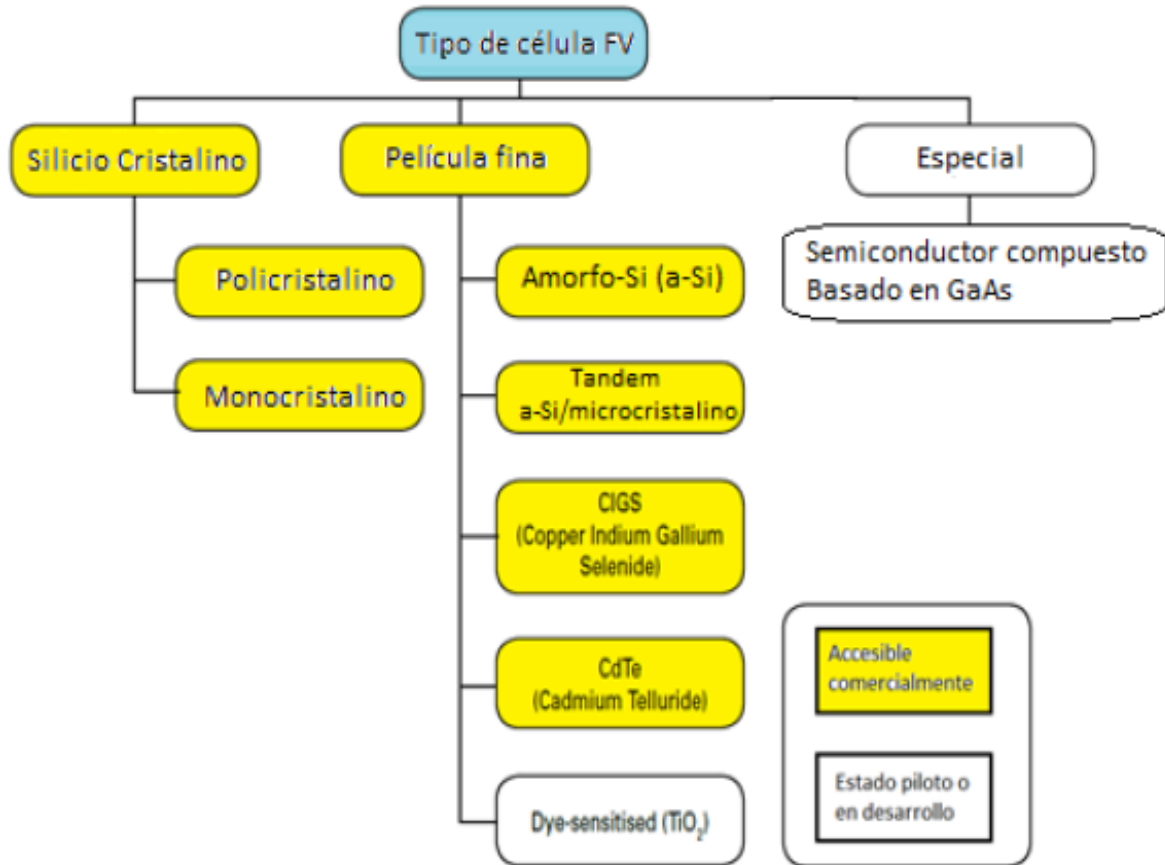


Figura 8. Tecnologías fotovoltaicas
Fuente. Kian y Tan (2010)

a) Tipos de células fotovoltaicas

Podemos encontrar en el mercado numerosos módulos fotovoltaicos. Estos están formados por distintos tipos de células fotovoltaicas, con diferentes tamaños, precios y tecnologías. La mayoría de ellos se fabrican a partir de Silicio, sin embargo, en los últimos años, el desarrollo de industria fotovoltaica ha permitido que algunos fabricantes centren sus esfuerzos en buscar otras tecnologías con el fin de reducir costes y mejorar la eficiencia. A pesar de estos esfuerzos, el mercado sigue "inundado" de paneles de Silicio en sus distintos tipos (monocristalinos, policristalinos, amorfos, etc.)

La figura 9, presenta imágenes de las tecnologías más utilizadas:

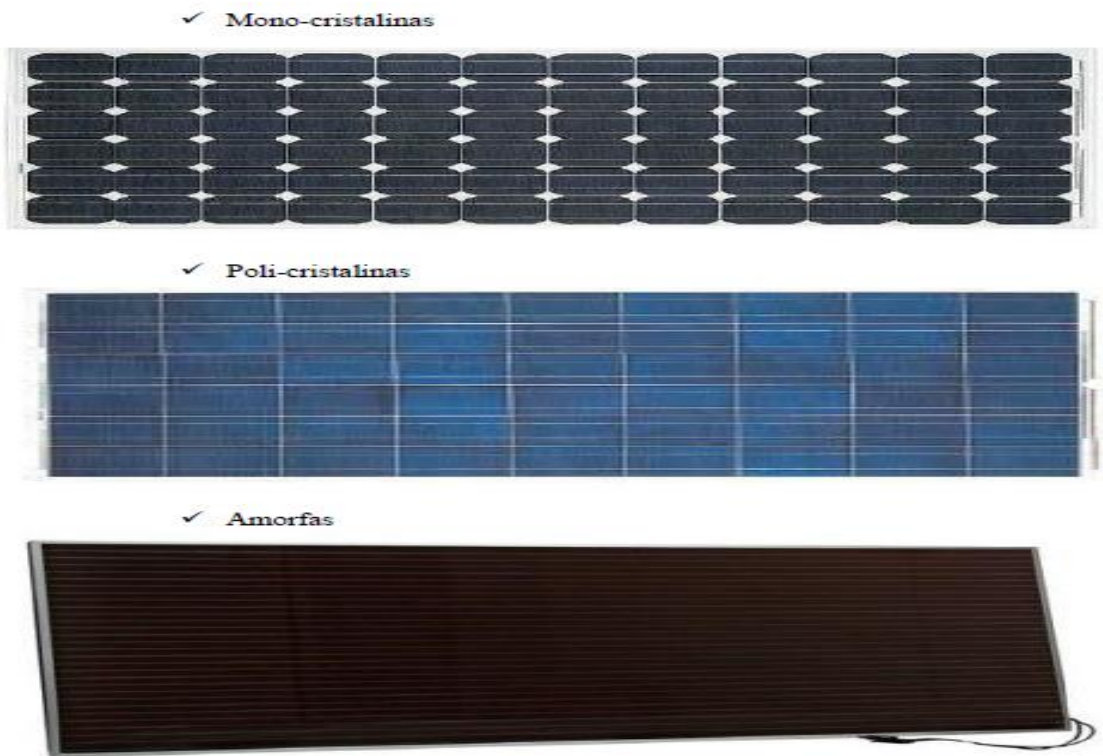


Figura 9. Tecnologías fotovoltaicas más comunes
Fuente. Colonna y Medina (2013)

Podemos notar que en la figura 10 que nos muestra eficiencias de células fotovoltaicas, que la célula de Silicio mono-cristalina es la más elevada, pero su desventaja es que su alta pureza eleva los costos de producción y la incrementan. Por estas razones lo mejor sería utilizar la tecnología policristalina, ya que es la superior en el balance rendimiento/costo. (Valdiviezo, 2014)

Tecnología	Eficiencia del módulo
Mono-crystalline silicon	12,5 – 15 %
Poly-crystalline silicon	11 – 14 %
Copper indium gallium selenide (CIGS)	10 – 13 %
Cadmium telluride (CdTe)	9 – 12 %
Amorphous silicon (a-Si)	5 – 7 %

Figura 10. Eficiencia de células fotovoltaicas
Fuente. Kian y Tan (2010)

b) Parámetros característicos

Todo panel fotovoltaico lleva una ficha técnica donde muestran los datos de la eficiencia, voltaje y amperaje en condiciones estándares, esos datos son denominados como STC (Standard Testing Condition/condición de prueba estándar). Estos criterios son los siguientes: (Valdiviezo, 2014)

- Irradiación 1000 W/m^2
- Temperatura del módulo 25°C
- AM 1,5

Existen diferentes factores que dependen del voltaje y el amperaje que es producida por los paneles fotovoltaicos, entre todos los más importantes es la irradiación y la temperatura con lo cual se encuentre el módulo. (Valdiviezo, 2014)

c) Curvas características

Todo panel fotovoltaico tiene curvas características donde se muestra el funcionamiento de los paneles y cuál es el efecto ante cambios de la temperatura o radiación.

- **Curvas Intensidad vs Tensión y Potencia vs Tensión**

La figura 11 muestra puntos característicos en los catálogos de paneles, usualmente se expresa la potencia del panel en el Punto de Máxima Potencia (PMP), aunque para el cálculo del cableado es recomendable utilizar el punto de corto circuito (I_{cc}). (Valdiviezo, 2014)

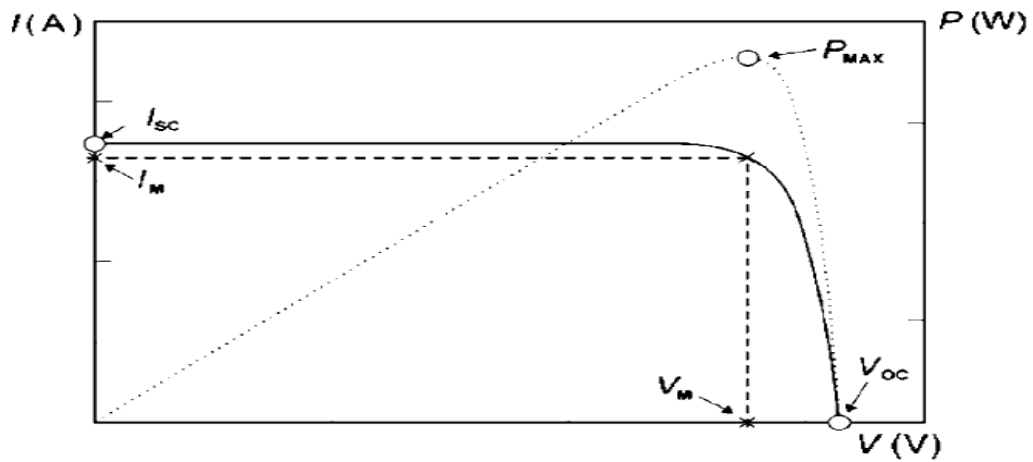


Figura 11. Curva corriente Vs voltaje y potencia Vs voltaje
Fuente. Papadopoulou (2011)

- **Efecto de la temperatura**

La figura 12 notamos que conforme disminuye la temperatura, va aumentando la tensión (similarmente la potencia), y la corriente permanece constante. Esto ocurre porque las propiedades del silicio varían con la temperatura. (Valdiviezo, 2014)

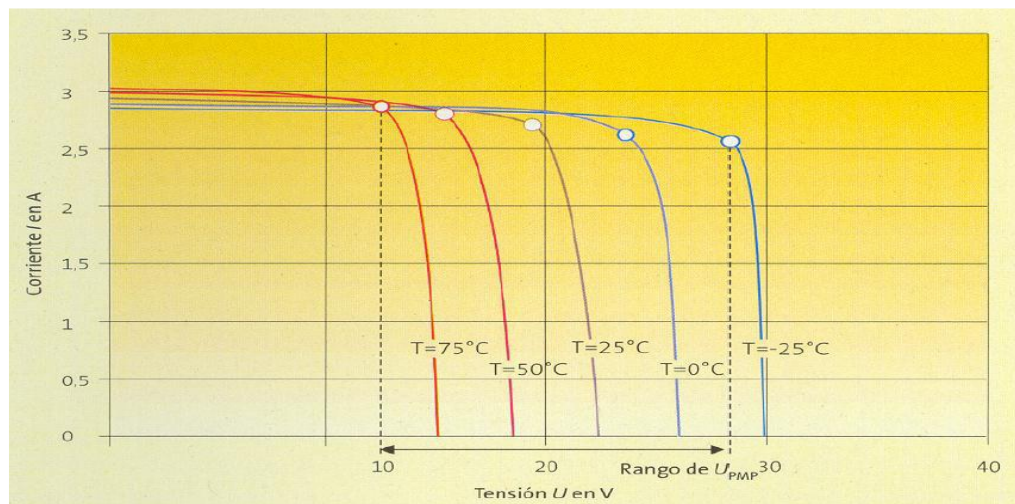


Figura 12. Efecto de la temperatura
Fuente. Guardiola (2008)

- **Efecto de la radiación**

Está claro que, a mayor radiación, el panel fotovoltaico produzca una potencia mayor. Este efecto se va a mostrar en la figura 13.

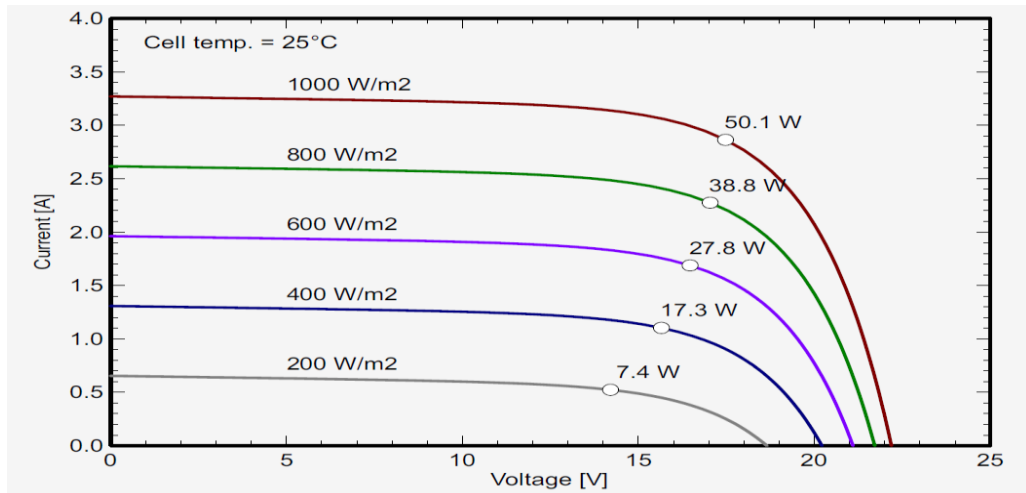


Figura 13. Efecto de radiación en panel 50 Wp EverExceed
Fuente. Valdiviezo (2014)

d) Efecto sombras

Es muy recomendable evitar las sombras en los paneles fotovoltaicos porque pueden ser perjudiciales tanto para la potencia entregada como para la vida útil de los paneles. Como sugerencia la distancia mínima que debe existir entre un muro, árbol o panel y un panel fotovoltaico debe ser la siguiente:

$$d_{min} = \frac{h}{\text{tang}(61 - \text{latitud})}$$

Donde:

- d_{min} : Distancia entre el panel fotovoltaico y cualquier objeto causante de sombra.
- h : Altura de objeto causante de sombra sobre el panel fotovoltaico.

Lo cual garantiza que los paneles se encuentren libres de sombras durante por lo menos 8 horas diarias, centradas al mediodía, y a lo largo de todo el año. (Minem, 2005).

En la siguiente figura 14 muestra el distanciamiento entre filas de módulos fotovoltaicos.

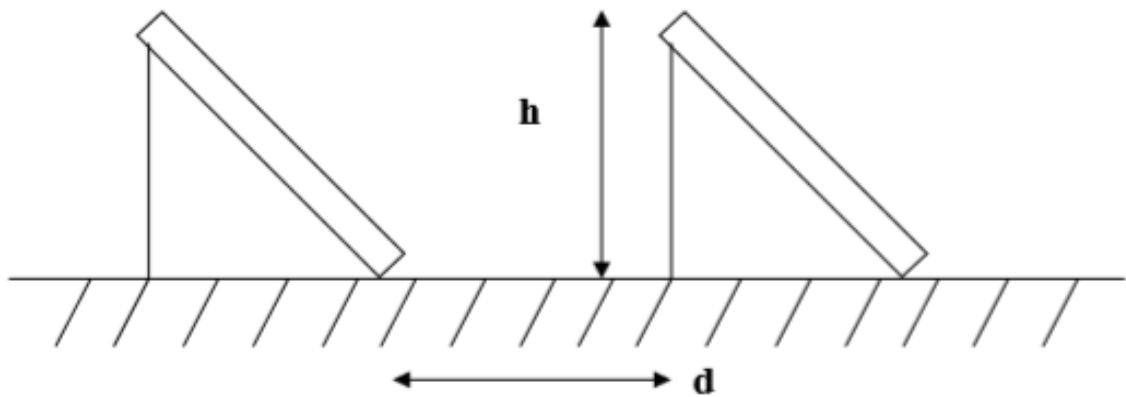


Figura 14. Distanciamiento entre filas de módulos fotovoltaicos
Fuente. Guardiola (2008)

2.3. Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo

2.3.1. La batería

Las baterías son muy importantes, porque cuando están en el día, los módulos fotovoltaicos generan electricidad es ahí cuando el consumo suele ser más bajo. Y en cambio en la noche cuando no se produce electricidad, el consumo puede ser más elevado.

Son consideradas el talón de Aquiles de los sistemas autónomos, estos sistemas que no son conectadas a la red. Representan gran parte de la inversión, pero tienen frecuentemente la vida más corta de toda la instalación.

En resumen, no hay más remedio que acumularlo, y las baterías son una manera más eficiente de hacerlo. La batería utilizada en aplicaciones fotovoltaicas es la recargable. En la figura 15 muestra las partes de una batería. (Gutiérrez, 2002)

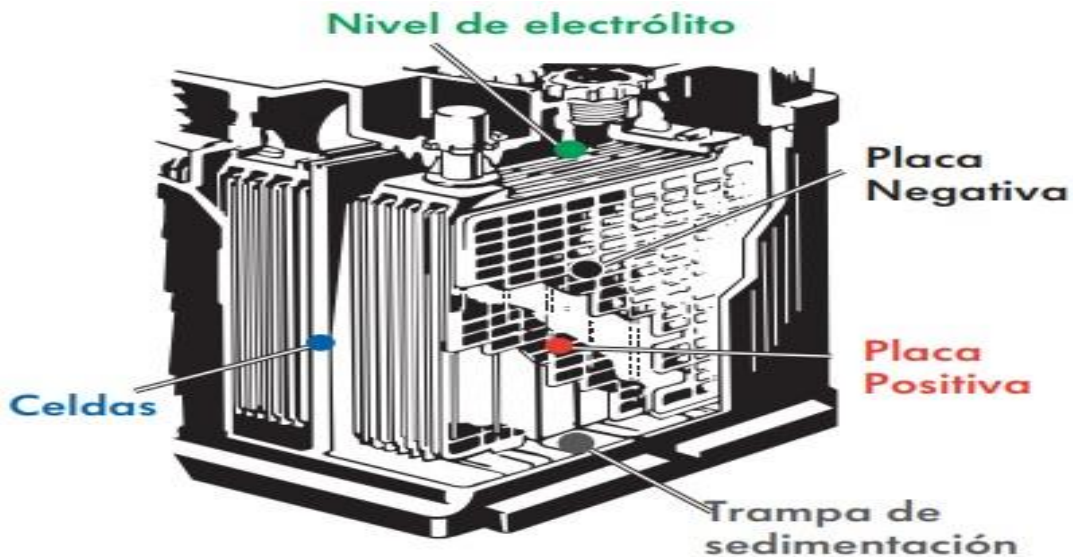


Figura 15. Partes de una batería
Fuente. Baterías Hella, 2008

Hay tres aspectos fundamentales que brindan las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:

- Almacena energía durante un determinado número de días.
- Proporcionar una potencia instantánea elevada.
- Fijar la tensión de trabajo de la instalación.

Otros parámetros a la hora de elegir un acumulador o batería es la capacidad, que es la cantidad de electricidad que se logra en una descarga completa de la batería partiendo de un estado de carga total del mismo. (Días y Carmona, 2010).

A parte de la capacidad tenemos que considerar otros parámetros que utilizaremos en las instalaciones fotovoltaicas:

- Eficiencia de carga (Ah). Es la relación entre la energía empleada para recargar la batería y la energía almacenada. Si la temperatura es mayor a la indicada en el catálogo, la capacidad disminuye y si la temperatura es menor afecta la vida útil de la batería.
- Auto-descarga. Es cuando la batería, sin estar en uso, comienza a desgastarse. Esto depende del espesor de las placas, la concentración del electrolito y primordial en la profundidad de descarga.

- Profundidad de descarga. Es la cantidad de energía, en tanto por ciento, que se obtiene de la batería durante una determinada descarga. Para aplicaciones fotovoltaicas es muy común utilizar baterías de descarga profunda, es decir, descargas entre 75% – 80%. (Días y Carmona, 2010).

Todas las baterías se clasifican en función de la tecnología de fabricación y de los electrolitos utilizados. En la figura 16 podemos comparar los distintos tipos de baterías en relación con sus características básicas. (Días y Carmona, 2010).

Tipo de bacteria	Tensión por vaso (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	Nº de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-ácido	2	8-16 horas	< 5 %	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1,2	1 hora	20 %	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (níquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	20 %	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ión (ión litio)	3,6	2-4 horas	6 %	Medio-bajo	110-160 Wh/kg	Alto

Figura 16. Características de los principales tipos de baterías.
Fuente. Días y Carmona (2010)

La nomenclatura usual es $XX Ah C_{yy}$, donde XX es la capacidad de la batería e yy es el tiempo de descarga de la misma. Estos parámetros deben ser indicados por el fabricante. (Valdiviezo, 2014).

2.3.2. El inversor o convertidor

Su principal función es alterar la tensión y de la intensidad que reciben, transformándolo a la adecuada para los usos que necesiten (suministro). La clase cc/ca es el más utilizado en una instalación fotovoltaica autónoma que convierte la tensión del banco de batería a consumos de 220 voltios de corriente alterna. (Pareja, 2010).

Existen dos tipos de inversores:

- Inversor de conmutación natural: También conocidos como inversores conmutados por la red. Su aplicación solo es para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.
- Inversor de conmutación forzada: También llamados autoconmutados, son usados en sistemas fotovoltaicos asilados a la red, es decir, sistemas fotovoltaicos autónomos. (Colonna y Medina, 2013).

De acuerdo al Reglamento técnico “Especificaciones técnicas y ensayos de los componentes de sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp ”, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- La distorsión armónica total en tensión del inversor debe ser inferior a 5 % en relación a la tensión fundamental RMS (Raíz cuadrada media).
- La frecuencia nominal se debe mantener entre ± 5 % del valor nominal.
- La caja del inversor debe cumplir con un índice de protección de $IP 54$. (Minem, 2005).

El inversor se debe proteger ante los siguientes pormenores:

- Tensión de entrada fuera del rango de operación.
- Desconexión de las baterías.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos. (Valdiviezo, 2014).

La superficie del inversor tiene que ser de material inoxidable o en otras palabras arenado y pintados al horno, con doble base anticorrosiva (epóxica) o similar. La figura 17 muestra la curva típica de eficiencia del inversor.

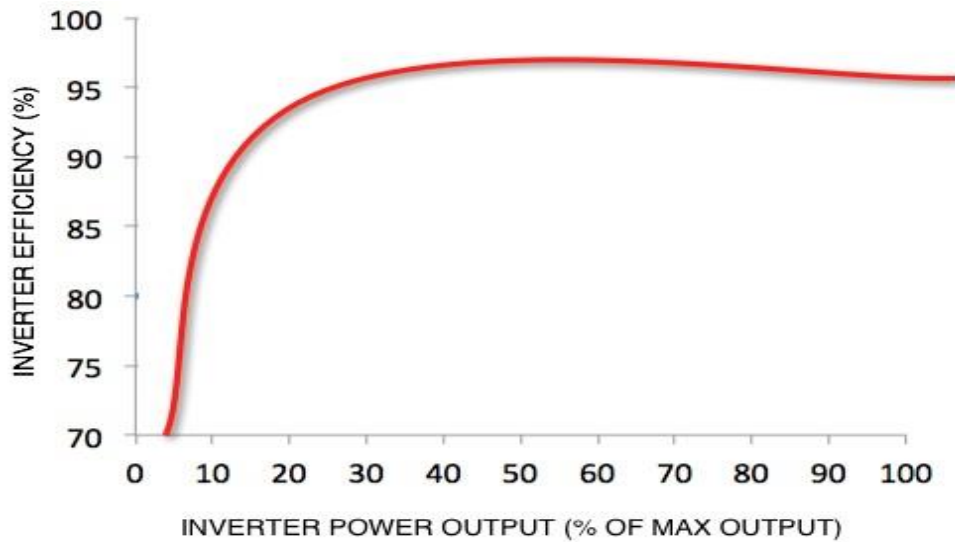


Figura 17. Curva típica de eficiencia del inversor
Fuente. Papadopoulou (2011)

2.3.3. Unidad de control o regulador

Para evitar la sobrecarga y la descarga excesiva de una batería o acumulador cuando este alcanza su punto máximo. Ahí interviene un equipo electrónico llamado unidad de control o regulador. Determinados generalmente por la tensión en bornes de la batería. (Perpiñán, 2013).

El regulador desconecta al generador del acumulador cuando este ve que hay una sobrecarga (regulador serie) o también puede desviar la corriente del generador hacia otro lugar, ya sea este un cortocircuito o un disipador (regulador shunt o paralelo). En esta última alternativa se debe integrar un diodo de bloqueo entre la batería y el generador para eludir descargas de esta sobre el camino alternativo que nos ofrece el generador. La figura 18 nos muestra el esquema eléctrico de un regulador. (Perpiñán, 2013).

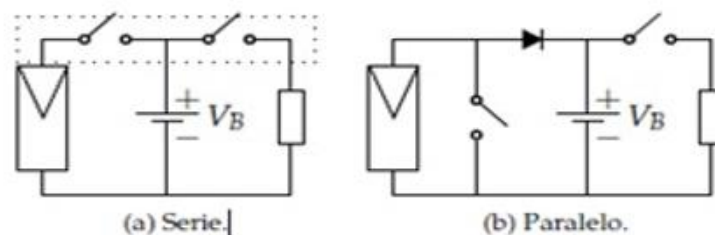


Figura 18. Esquema eléctrico de un generador
Fuente. Perpiñán (2013)

La figura 19 muestra la tensión en la batería de 12V, observamos que si llega a 14,8 V se desconecta y cuando llega al valor de 10,8 V se debe recargar.

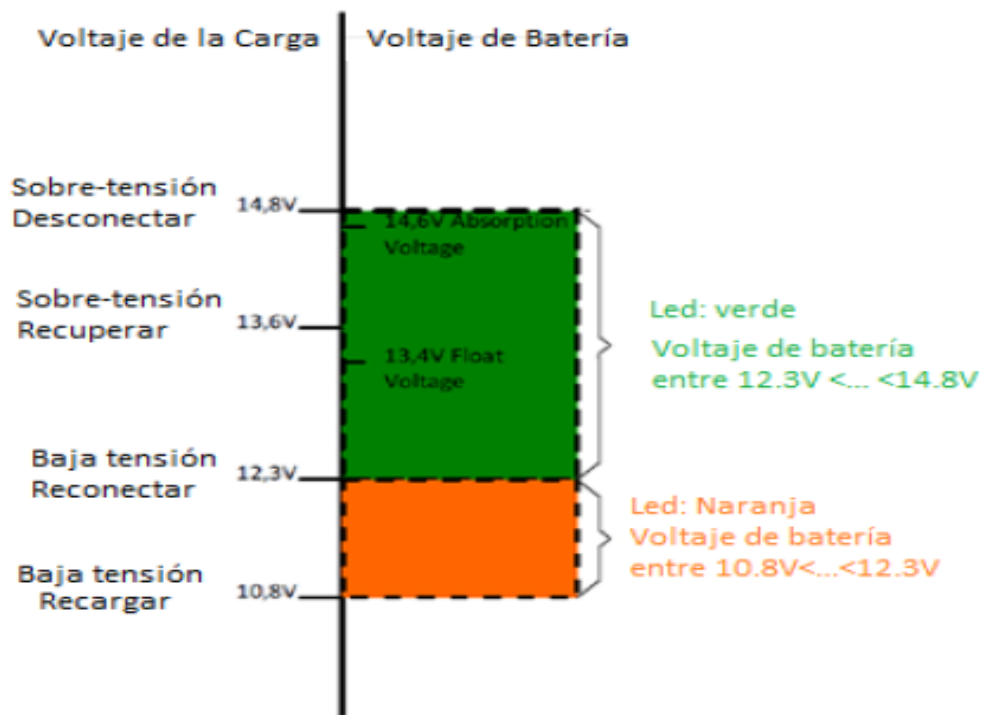


Figura 19. Tensión en la batería de 12 V
Fuente. Zedano (2016)

2.3.4. Elementos de protección

Se pueden contar con sistemas de protección externos, que pueden ser desconectores térmicos (fusibles o relés), que protegen de las altas tensiones tanto para corriente alterna o corriente continua. (Valdiviezo, 2014).

2.3.5. Conductores

Todo cable en una instalación tiene que contar con el aislamiento adecuado. Para su selección depende de la aplicación y del tipo de canales utilizados. Para los cálculos se tiene que seguir las indicaciones de la Norma Técnica Peruana (NTP) y del Código Nacional de Electricidad (CNE). (Valdiviezo, 2014).

Para la selección de conductores debemos ser muy precisos, de modo que:

- Entre el generador fotovoltaico y el regulador la caída de tensión sea inferior al 3%.
 - Entre la batería y el regulador la caída de tensión sea inferior al 1%.
 - Entre el regulador y las cargas la caída de tensión sea inferior al 5%.
- (Zedano, 2016)

Los cables expuestos a la intemperie deberán cumplir la norma internacional IEC 60811: Métodos de ensayo comunes para materiales de aislamiento y cubierta de cables eléctricos. (Minem, 2005)

2.3.6. Estructura de soporte

Existen diferentes tipos de estructuras de soporte para paneles solares, estas estructuras dependen de las condiciones climatológicas, la aplicación y los requerimientos específicos de cada proyecto. En nuestro proyecto, analizaremos si se debe utilizar sistemas fijos o seguidores solares.

- Sistema fijo

Este sistema está fijo y para ello se debe realizar un estudio de determinación de la inclinación adecuada. El mantenimiento es mínimo, es la estructura que genera menor eficiencia, pero es la más económica.

El sistema fijo tiene mayor duración y casi no requiere mantenimiento. Debido a que no puede variar la inclinación, se debe considerar la lluvia y efecto de sombras en la elección de la inclinación. (Valdiviezo, 2014).

La elección de la posición se realizará en función de las características y posibilidades del lugar, teniendo siempre en cuenta la facilidad de acceso para eventuales reparaciones y operaciones de mantenimiento.



Figura 20. Estructura Fija
Fuente. Valdiviezo (2014)

- Seguidores solares

Especialmente en cielos despejados, con alto efecto de radiación directa (nubosidad baja), se suele utilizar seguidores solares. Estos incrementan los costos iniciales, ya que se necesitan sistemas de control para modificar la inclinación (seguir al sol), un motor, engranajes y demás elementos mecánicos. Además, se necesitan realizar un mantenimiento a estos equipos mecánicos. Sin embargo, al seguir al sol en su trayectoria, suelen incrementar las potencias generadas. Existen diversos tipos de seguidores solares en la actualidad. (Valdiviezo Salas, 2014)

Como por ejemplo hay seguidores de un solo eje que pueden ser: Horizontales, verticales, polar. Y seguidores de doble eje.



Figura 21. Instalación de seguidor solar
Fuente. Valdiviezo (2014)

III. MATERIALES Y METÓDOS

3.1. Materiales

a) Davis Vantage Pro 2

Equipo que nos permitió obtener los datos climatológicos, todos estos datos los efectúa de una manera que muestra los resultados de fácil interpretación para el usuario.

b) Excel

Es un programa informático que nos permitió analizar los diferentes tipos de radiación solar (Irradiancia e Irradiación).

c) Nasa Surface Meteorology and Solar Energy

En el caso de la NASA, ellos registran información promediada de la radiación solar incidente durante los últimos 22 años.

d) Atlas solar del Perú

Contienen datos registrados de la radiación solar por departamentos, tienen datos por meses y por años.

3.2. Metodología

Para el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén, los datos del recurso solar se obtuvieron de la herramienta principal la consola Davis Vantage pro 2, está ubicada en el tercer piso de la escuela profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental. Luego con el programa informático Excel hicimos un análisis de la radiación solar (Irradiancia e Irradiación).

Y finalmente hacer una comparación de fuentes reconocidas internacionalmente, como el caso de la Nasa Surface Meteorology and Solar Energy (Meteorología de superficie y energía solar).

Una vez obtenido dichos análisis, dimensionamos el sistema fotovoltaico con los siguientes pasos:

Se estimó el consumo energético con la potencia de todos los equipos de la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén, así como el tiempo de uso, luego calculamos el ángulo óptimo de inclinación de los paneles, se dimensiono el generador fotovoltaico, se dimensiono el sistema de acumulación, se dimensiono el regulador o controlador, se dimensiono el inversor, se dimensiono los conductores, se dimensiono el sistema de protección y por ultimo evaluamos el presupuesto con el cual servirá para realizar comparaciones en el gasto económico de energía consumida por la sala de cómputo con y sin la implementación de un sistema fotovoltaico autónomo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condiciones del sitio

Jaén está ubicado en la provincia de Jaén departamento de Cajamarca. Tiene un relieve bastante variado y accidentado; aptas para el desarrollo de agricultura y ganadería. Su producción económica está basada en la agricultura, el comercio, la exportación de cafés especiales, cacao, entre otros. La provincia de Jaén es una ciudad amazónica, que cuenta con muchos lugares turísticos, con su naturaleza encantadora, rica gastronomía y su ruta milenaria.

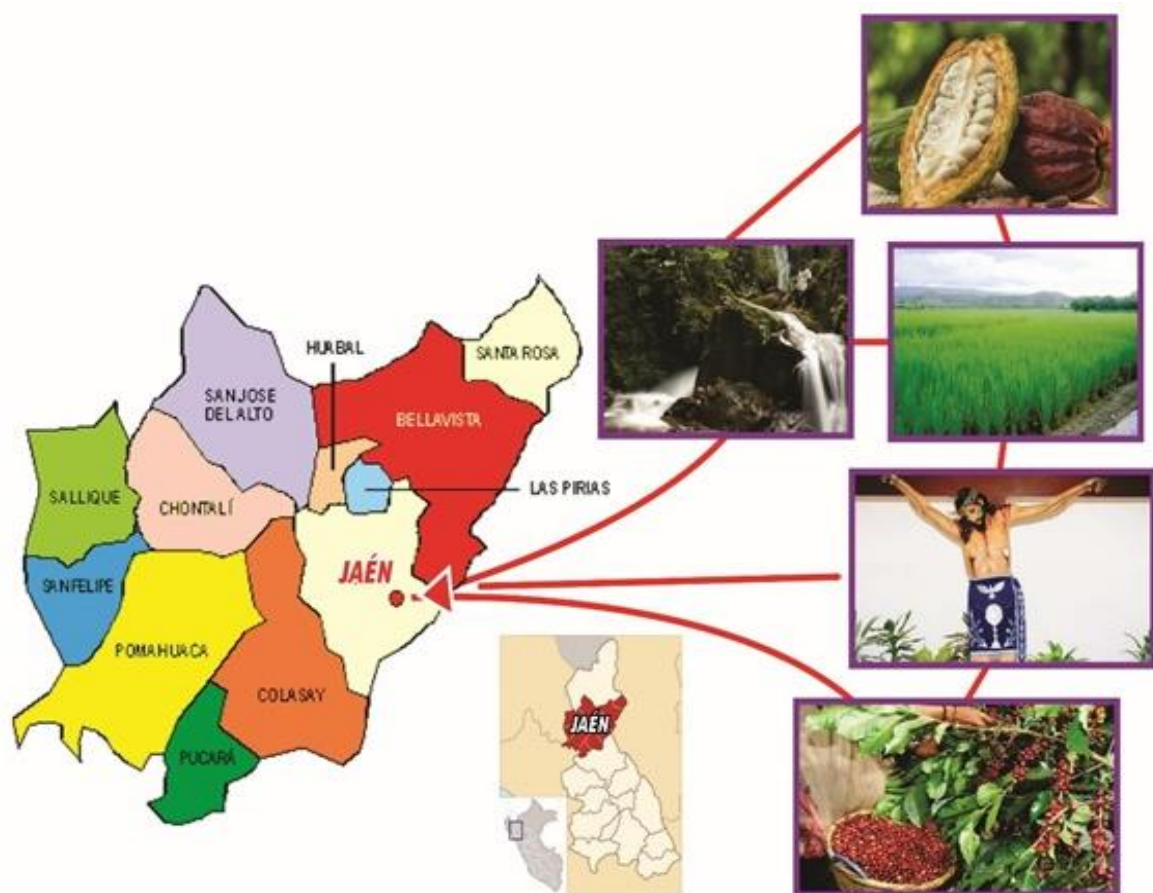


Figura 22. Mapa político de la provincia de Jaén

4.1.1. Ubicación

El sistema fotovoltaico se ubicará en la Universidad Nacional de Jaén, la cual se encuentra en la calle Jr. Cuzco N° 250 – Pueblo Libre, Jaén – Cajamarca – Perú.

4.2. Equipos empleados en las mediciones

La variable obtenida para el análisis de los datos climatológicos, está ubicada en el tercer piso (escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental), se tiene como herramienta principal la consola Davis Vantage pro 2. Este equipo efectúa los cálculos para mostrar resultados de fácil interpretación para el usuario. (Ver figura 38, Anexo 1)

4.2.1. Características de la estación Vantage pro 2 y sus sensores

a) Base receptora

Tiene un monitor de $150 \times 90 \text{ mm}$, el módulo de sensores integrados para Vantage Pro 2 mide las siguientes variables: (León, 2015)

- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Precipitación
- Temperatura exterior
- Humedad exterior
- Radiación ultravioleta (UV)
- Radiación solar

b) Evapotranspiración

- Mediciones diarias hasta 999 [mm] y anual hasta 1999,9 [mm]
- Precisión: +/- 5%
- Resolución: 25 (mm)
- Alarma programable
- Memoria mensual y anual

c) Índice de temperatura, humedad, sol y viento

- Rango de medición desde -68 °C a 64 °C
- Precisión de +/- 2%
- Resolución 1 °C
- Sistema Celsius y Fahrenheit
- Memoria de valores máximos en periodos de un día o mes

d) Irradiancia solar

- Rango de 0 a 1600 (W/m²)
- Precisión del 5%
- Resolución 1 (W/m²)
- Memoria de valores máximos en periodos de un día o mes

4.3. Rangos

- Temperatura: -40 °C a +65 °C ($\pm 0, 5^\circ$)
- Humedad: 0 a 100% ($\pm 3\%$)
- Presión: 540 a 110 (± 1 hPa)
- Velocidad del viento: 0,83 a 66,94 (m/s) ($\pm 5\%$)
- Dirección: 0 °C a 360 °C ($\pm 4^\circ$)
- Pluviometría: 0 a 9999 (mm/d)

4.4. SOFTWARE WEATHERLINK

WeatherLink para Vantage Pro2 consta de un software WeatherLink y un datalogger especializado que conecta la Vantage Pro2 o el Weather Envoy a una toma Ethernet. El software y el datalogger transfieren los datos meteorológicos en Vantage Pro2 al PC, permitiéndole crear una base de datos meteorológicos permanente. Una vez almacenados en la base de datos, la información meteorológica puede usarse para generar un gran número de informes y gráficos de visualización.

El intervalo de archivo puede configurarse a 1, 5, 10, 15, 30, 60 o 120 minutos (hasta 213 días de datos dependiendo del intervalo seleccionado).

La descarga de datos puede realizarse de forma manual o bien configurar el software para que la efectúe automáticamente cada día a las horas seleccionadas. (León, 2015)

4.5. Análisis de la radiación solar

4.5.1. Radiación solar

La radiación solar es muy importante para el diseño de sistemas fotovoltaicos, ya que nos ayudara a dimensionar todos los componentes que necesitamos para nuestro proyecto. A pesar que algunos días exista nubosidad y lluvias, eso no quiere decir que no haya radiación solar y por ende no sea posible implementar dicho sistema fotovoltaico.

4.5.2. Medición de la radiación solar

Nuestro sistema fotovoltaico para utilizarlo como un medio con el cual generar energía eléctrica a nuestra sala de cómputo, lo primero que debemos conocer e investigar son los niveles de incidencia de la radiación solar en el mundo, así como también en nuestro país y región. Observamos la influencia de los rayos solares en el mundo (Ver figura 39, Anexo2). (Bravo y Gamarra, 2016)

Observamos que el departamento de Cajamarca hay una radiación diaria media anual de $6,0 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$ y $6,5 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$. (Ver figura 40, Anexo 2)

Y la radiación diaria media anual en la provincia de Jaén está entre $5,0 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$ y $5,5 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$. (Ver figura 41, Anexo 2)

(León, 2015) propone una metodología para la evaluación de la radiación solar que es utilizada en este proyecto de investigación. Cuando se analizó las variables, se tomaron los meses de enero hasta diciembre de los promedios de los años 2016 y 2017.

Tabla 2
Cuadro de irradiancia de los años 2016-2017

Cuadro Irradiancia 2016-2017 (W/m^2 / día)	
Enero	359,3
Febrero	361,3
Marzo	339
Abril	412,39
Mayo	381,7
Junio	358,11
Julio	384,57
Agosto	415,57
Septiembre	421,36
Octubre	462,63
Noviembre	434,81
Diciembre	384,48

Como se pudo notar la radiación solar es una de las más abundantes para poder aprovecharlo al máximo y quizás la más rentable en nuestro proyecto, ya que puede ser recolectada en paneles solares o en cualquier sistema que influya la energía del sol. (León, 2015)

El análisis se realizó durante el promedio de 12 meses, usando las hojas de cálculo Excel que ayudan a determinar el potencial energético de los días involucrados. Y teniendo en consecuencia una irradiancia promedio total de 392,96 W/m^2 .



Figura 23. Datos de irradiancia promedio, periodo 2016-2017

4.5.3. Cálculo de la potencia y energía

Para el análisis de como pasar la irradiancia ($W/m^2/día$) a irradiación ($Wh/m^2/día$), fue necesario el estudio de las áreas bajo la curva generada en los gráficos de irradiancia vs tiempo. La figura 24, presenta como modelo de los datos capturados de un día cualquiera del año 2016, y en este caso hemos elegido el día 10 de septiembre.

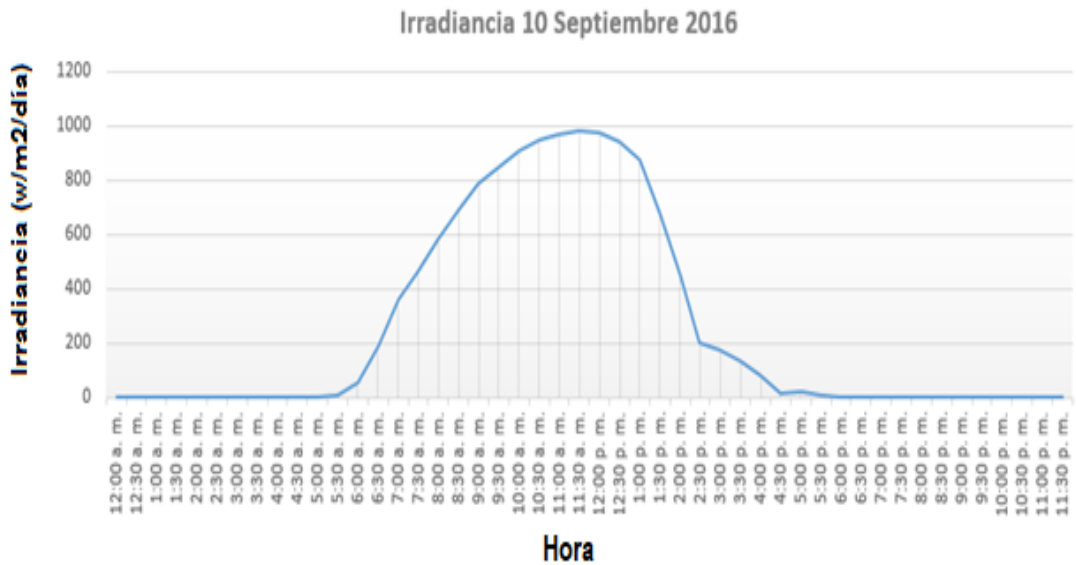


Figura 24. Datos obtenidos de irradiancia ($W/m^2/día$)

Por lo tanto, para la obtención del valor energético diario es necesario calcular el área bajo la curva. Para ello, se utilizó aproximaciones de áreas trapezoidales punto a punto tal como se muestra en la figura 25. (León, 2015)

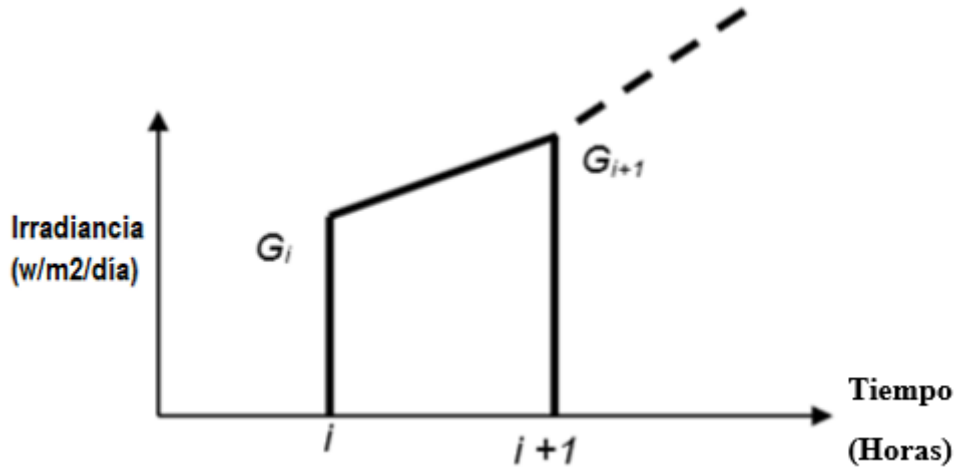


Figura 25. Determinación de la irradiación diaria ($Wh/m^2/día$)
Fuente. León (2015)

Según León (2015) la irradiación en H ($Wh/m^2/día$), o energía disponible es determinada mediante el área bajo la curva, con la siguiente ecuación :

$$H = \sum_1^{n-1} \left(\frac{G_i + G_{i+1}}{2} \right) * (t_{i+1} - t_i)$$

Donde:

- G_i : Dato de la irradiancia de la unidad meteorológica en el tiempo i
- G_{i+1} : Dato de la irradiancia de la unidad meteorológica en el tiempo $i + 1$
- t_{i+1} : Tiempo (horas) para la medición $i + 1$
- t_i : Tiempo (horas) para la medición i

En la figura 26, los datos registrados corresponden a promedios diarios, semanales y mensuales, estos datos se tomaron cada 30 minutos (0,5 horas), donde se muestran los valores de enero hasta diciembre de los años 2016-2017:

Promedios de Irradiación 2016-2017 (Kwh/m²/día)

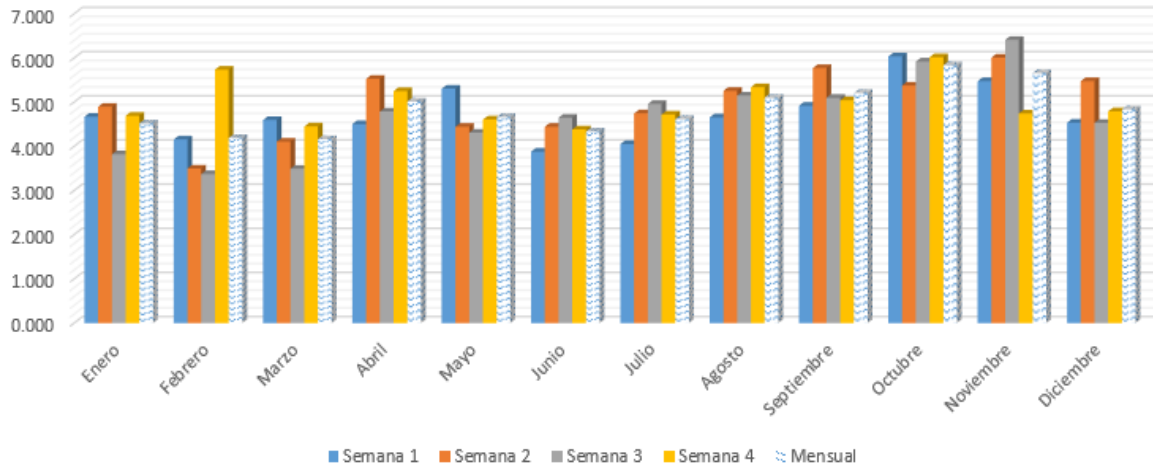


Figura 26. Irradiación promedio diaria, semanal y mensual

Sin embargo, hemos utilizado los valores de fuentes reconocidas internacionalmente, como el caso de la Nasa Surface Meteorology and Solar Energy, quienes registran información promediada durante los últimos 22 años. La tabla 3, nos brinda la información de la radiación en la provincia de Jaén (latitud: $-5,7^\circ$ y longitud: $-78,8^\circ$).

Tabla 3

Datos registrados a través de mediciones hechas por NASA

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m ² /day)													
Lat -5,7 Lon -78,8	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	4,16	3,93	4,25	4,24	4,30	4,22	4,30	4,62	4,95	4,93	5,15	4,63	4,47
K	0,39	0,36	0,40	0,42	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,46	0,48	0,44	0,45
Diffuse	2,28	2,32	2,32	2,13	1,90	1,77	1,81	1,99	2,20	2,34	2,27	2,26	3,47
Direct	2,75	2,29	2,72	3,07	3,72	3,93	3,93	3,92	3,92	3,68	4,19	3,51	3,47
Tilt 0	4,09	3,87	4,19	4,19	4,26	4,18	4,26	4,57	4,89	4,87	5,07	4,55	4,42
Tilt 5	4,13	3,88	4,19	4,24	4,37	4,31	4,39	4,65	4,91	4,88	5,12	4,61	4,48
Tilt 20	4,13	3,81	4,06	4,26	4,56	4,59	4,63	4,76	4,83	4,76	5,13	4,65	4,52
Tilt 90	2,09	1,78	1,66	2,15	2,74	3,01	2,93	2,57	1,99	1,90	2,40	2,38	2,30
OPT	4,15	3,88	4,19	4,27	4,57	4,65	4,67	4,76	4,91	4,88	5,15	4,66	4,57
OPT ANG	12	6	2	14	25	31	29	20	7	5	13	15	14,9

Fuente. NASA (2018)

Por lo tanto, en los datos registrados en la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén (figura 26) , presento una irradiación promedio de 4,845 (Kwh/m²/día), asemejándose a los datos obtenidos por la NASA (Tabla 3), con un promedio de 4,42 (Kwh/m²/día) con un ángulo de 0° que es igual a la ubicación donde está instalado el sensor.

Concluyendo del mismo modo que la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén, arroja medidas que se ajusta a los datos de los centros de investigación internacionales.

En conclusión, para seleccionar la radiación optima se tomará en cuenta los ángulos de inclinación 5° y 20° de los datos de la Nasa Surface Meteorology and Solar Energy (Meteorología superficial de la NASA y energía solar). Y se verificara la radiación solar más desfavorable durante los meses de enero a diciembre, siendo el mes más desfavorable febrero con una radiación solar de 3,88 (Kwh/m²/día) para una inclinación de 5° y de 3,81 (Kwh/m²/día) para una inclinación 20°. Ahora se tomará como criterio el ángulo que ofrezca mayor radiación de las dos anteriores que sería 3,88 (Kwh/m²/día) con un ángulo de 5°.

Tabla 4
Variable meteorológica radiación horizontal

Mes	Radiación horizontal (kWh/m²/día)
Enero	4,13
Febrero	3,88
Marzo	4,19
Abril	4,24
Mayo	4,37
Junio	4,31
Julio	4,39
Agosto	4,65
Septiembre	4,91
Octubre	4,88
Noviembre	5,12
Diciembre	4,61

Fuente. NASA (2018)

4.6. Ubicación

El lugar donde se ubicará el sistema fotovoltaico será en el tercer piso (azotea) ya que se ha concluido por motivos de espacio y que no cuenta con sombras a su alrededor, áreas verdes, etc.

4.7. Inclinación de los paneles

Determinar la inclinación es vital para optimizar la generación de los paneles solares y, por lo tanto, del sistema fotovoltaico en general. Está influenciado este parámetro por la latitud del sitio.

El ángulo de los paneles solares para una instalación independiente, teniendo en cuenta que la latitud de la provincia de Jaén es 5° , que puede estimarse utilizando las siguientes expresiones: (Ruiz y Silva, 2005)

- Inclinación verano: $L + 15 = 20^\circ$
- Inclinación Invierno: $L - 20 = -15^\circ$
- Inclinación óptima: $3,7 + (L * 0,69) = 7^\circ$

Donde:

L: Latitud

4.8. Determinación de la carga

Las cargas descritas son de 1 ventilador eléctrico para mesa o de pie, 2 ventiladores eléctricos para techo, 1 switch (24 puertos), 7 luminarias, 31 computadoras de escritorio y 1 proyector. Las potencias de los equipos son obtenidas por sus especificaciones técnicas:

Tabla 5

Cargas de los equipos en la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén

Cálculo de la demanda de energía						
Cargas individuales	Cantidad	Potencia (W)	Uso (horas/día)	Potencia (W)	Energía consumida (kWh/día)	Voltaje de operación (AC)
1. Ventilador eléctrico para mesa o de pie.	1	75	8	75	0,6	220
2. Ventilador eléctrico para techo.	2	150	8	300	2,4	220
3. Switch (24 puertos).	1	40	24	40	0,96	220
4. Luminarias.	7	85	8	595	4,76	220
5. Computadora de escritorio.	31	200	8	6200	49,6	220
6. Proyector.	1	150	8	150	1,2	220
Total				7360	59,52	

Otra consideración a tener en cuenta es el posible incremento de la potencia requerida del sistema en el futuro. Se debe escoger un voltaje que trabajará con el futuro sistema ampliado. En nuestro caso elegimos una tensión de 48 V. En la tabla 6 se muestra el criterio de selección del voltaje de operación en CC del sistema.

Tabla 6
Criterio de selección del voltaje de operación en CC del sistema.

Demanda de potencia en CA	Voltaje de entrada del inversor en CC
$D \leq 1500$	12
$1500 < D < 5000$	24 o 48
$D \geq 5000$	48 o 120

Fuente. León (2015)

Para el dimensionamiento de nuestro sistema fotovoltaico, se utilizarán las formulas establecidas por (Valdiviezo, 2014). Con lo cual me permite hacer el diseño de mi tesis que vengo investigando.

Por lo tanto, el consumo total diario (Q_m), en Ah/día, viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_m = \frac{E_{Consumida}}{V_{sistema} \times F_{conversión}}$$

$$Q_m = \frac{59,52}{48 \times 0,85}$$

$$Q_m = 1458,82 \text{ Ah/día}$$

Donde:

- $E_{Consumida}$: Energía consumida, (kWh/día).
- $V_{sistema}$: Es la tensión del sistema, para nuestro proyecto será de 48 V.
- $F_{conversión}$: Es el coeficiente para convertir DC/AC, el mínimo es 0,85.

Y por consecuencia a factores de rendimiento de cableado y de baterías comunes en la industria, el cálculo inicial es:

$$Qm_{\text{corregido}} = \frac{Q_m}{F_{\text{cableado}} \times F_{\text{batería}}}$$

$$Qm_{\text{corregido}} = \frac{1458,82}{0,98 \times 0,9}$$

$$Qm_{\text{corregido}} = 1653,99 \text{ Ah/día}$$

Donde:

- F_{cableado} : Es el rendimiento necesario para el cableado, este valor no debes ser menor a 0,98.
- $F_{\text{batería}}$: Es el rendimiento debido a las baterías, este valor no debe ser menor a 0,9.

4.9. Dimensionamiento fotovoltaico

En este capítulo se dimensionarán los equipos primordiales que conformarán al sistema fotovoltaico.

4.9.1. Inclinación y radiación

A lo largo de los días la variación se altera, como también lo hace la altura (α) y orientación (ψ) del sol, de acuerdo a la latitud del punto ubicado. Se evaluará la radiación global sobre superficies inclinadas en base al conocimiento de la radiación global sobre superficies planas.

En la siguiente tabla 7 se muestra el detalle mes a mes para el ángulo seleccionado (7°):

Tabla 7
Detalle mes a mes para inclinación óptima

Mes	Consumo total corregido (Ah/día)	Horas sol pico día (Hrs/día)	Intensidad de diseño (A)
Enero	1653.99	4,13	400,48
Febrero	1653.99	3,88	426,28
Marzo	1653.99	4,19	394,74
Abril	1653.99	4,24	390,09

Mayo	1653.99	4,37	378,48
Junio	1653.99	4,31	383,75
Julio	1653.99	4,39	376,76
Agosto	1653.99	4,65	355,69
Septiembre	1653.99	4,91	336,86
Octubre	1653.99	4,88	338,93
Noviembre	1653.99	5,12	323,04
Diciembre	1653.99	4,61	358,78
Horas sol pico totales		53,68	

Percibimos que el mes más crítico es febrero. Y es por ello, que se dimensionarán los siguientes elementos con los datos de este mes.

4.9.2. Dimensionamiento de las baterías

Las baterías si se sub-dimensiona, los ciclos de vida se pueden reducir radicalmente; es por eso que se deber tener bastante cuidado con el dimensionado de las baterías. Esto se debe a un parámetro muy importante en la batería denominada profundidad de descarga, lo cual se observa en la figura 27:

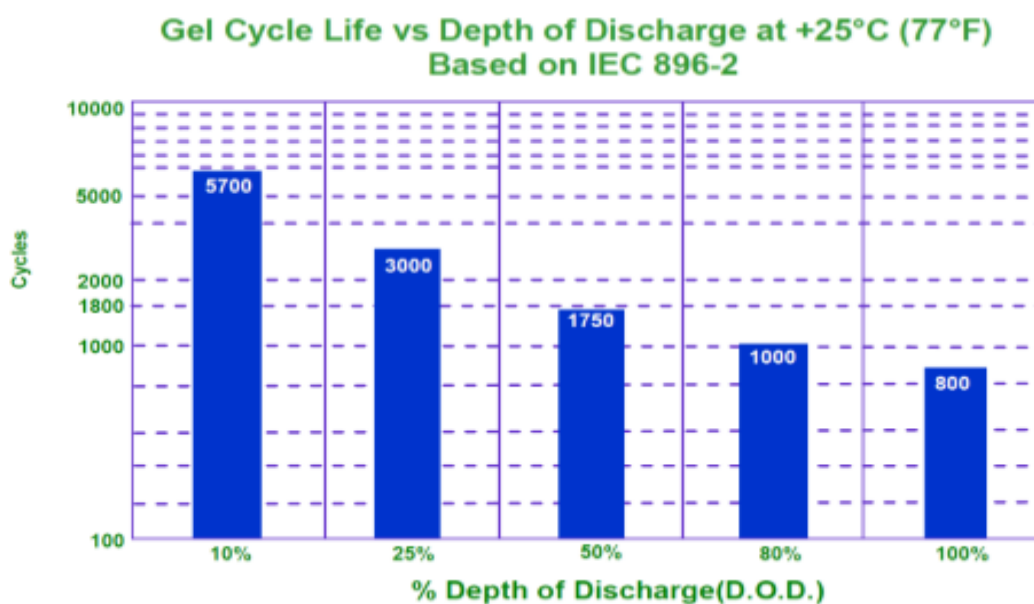


Figura 27. Catálogo de batería Gel EverExceed
Fuente. Valdiviezo (2014)

En la figura 27 seleccionamos una descarga máxima de 80%, con lo cual se cumplirán 1000 ciclos. (Minem, 2005).

Para dimensionar el banco de baterías se debe conocer la capacidad necesaria del banco (C_{banco}):

$$C_{banco} = \frac{Qm_{corregido} \times DA}{PD_{m\acute{a}x} \times F_{temp}}$$

$$C_{banco} = \frac{1653,99 \times 2}{0,8 \times 0,9}$$

$$C_{banco} = 4594,42 \text{ Ah}$$

Donde:

- DA : Son los días de autonomía
- $PD_{m\acute{a}x}$: Es la profundidad máxima de descarga, es decir, 80%
- F_{temp} : Es el factor de temperatura es de 0,9

Los días de autonomía es recomendable mayor a 3 días, pero en nuestro caso por ser una zona calurosa elegimos 2.

Por lo tanto, el número de baterías debe satisfacer la capacidad necesaria, es por ello, que se tiene que calcular cuantas baterías hay en serie y en paralelo:

$$N^{\circ}_{bp} = \frac{C_{banco}}{C_{bater\acute{a}}}$$

$$N^{\circ}_{bp} = 18$$

$$N^{\circ}_{bs} = \frac{V_{sistema}}{V_{bater\acute{a}}}$$

$$N^{\circ}_{bs} = 4$$

Donde:

- N°_{bp} : Cantidad de baterías en paralelo.
- N°_{bs} : Cantidad de baterías en serie.
- $C_{bater\acute{a}}$: Capacidad de la batería, en este caso, es de 250 Ah.
- $V_{bater\acute{a}}$: Voltaje de operación nominal de la batería, en este caso, 12 V.

El número de baterías en paralelo define el nuevo valor de la capacidad del banco:

$$C_{banco} = N^{\circ}_{bp} \times C_{batería}$$

$$C_{banco} = 4500 \text{ Ah}$$

Finalmente, el banco de baterías debe estar compuesto por 18 batería en paralelo y 4 baterías en serie, dando un total de 72 baterías. El modelo elegido es la batería TFS U-Power 12 V y 250 Ah de 555 mm x 125 mm x 320 mm, con un peso de 57,3 kg. (Ver figura 42, Anexo 4)

Pero como las baterías no se puede descargar por completo, es necesario definir el siguiente concepto de la capacidad útil de la batería, dado por la siguiente ecuación:

$$C_{útil} = C_{banco} \times (1 - PD_{máx})$$

$$C_{útil} = 3600 \text{ Ah}$$

Donde:

✓ $PD_{máx}$: Profundidad de descarga real máxima, es de 20%.

4.9.3. Dimensionamiento de los paneles

Se ha comprobado que los paneles del tipo policristalino, su relación de $W_p/\$$ es la mayor, es por esto que nuestro panel será del tipo policristalino. Ya que actualmente son los más económicos.

Un panel disponible comercialmente y de alta relación $W_p/\$$ es el panel AE PowerPlus Module de 335 W_p policristalino, cuyas medidas son 1956 x 992 x 40 mm y con un peso de 26 Kg. (Ver figura 43, Anexo 4)

Cuyos datos más fundamentales son los siguientes:

- V_{mp} : Voltaje máximo pico, es la tensión en la cual opera en su punto de máxima potencia, cuyo valor es de 38 V.
- V_{oc} : Tensión de circuito abierto, es la máxima tensión alcanzada por el panel, cuyo valor es de 47,2 V

- I_{mp} : Corriente máxima pico, el valor para el panel seleccionado es de 8,82 A
- I_{sc} : Corriente de corto-circuito, cuyo valor para el panel seleccionado es de 9,18 A

Pero, así como los paneles entregan potencia a las cargas, también lo harán las baterías. Por lo tanto, para obtener la intensidad requerida de los paneles, es necesario restarle una intensidad proveniente de las baterías:

$$I_{baterías} = \frac{C_{útil}}{HSP \times F_d}$$

$$I_{baterías} = 71,37 A$$

Donde:

- HSP : Son las horas de sol pico, para el mes más crítico (febrero), cuyo valor es 3,88.
- F_d : Factor de diseño recomendado, el recomendado por el fabricante es 13.

Por lo tanto, la intensidad requerida por el generador fotovoltaico está dada por la siguiente ecuación:

$$I_{generador} = I_{mes} - I_{batería}$$

$$I_{generador} = 354,91 A$$

Donde:

- I_{mes} : Corriente de diseño para el mes crítico (febrero), cuyo valor es 426,28 A.

Es una buena práctica, utilizar factores de diseño ya sea para paneles cristalinos, paneles policristalinos o amorfos, utilizando la siguiente ecuación:

$$I_{generador.d} = \frac{I_{generador}}{F_d}$$

$$I_{generador.d} = 507,01 A$$

Donde:

- F_d : Factor de diseño recomendado para paneles, en el caso de policristalinos es 0,7.

Por último, el número de paneles puede estimarse con la siguiente ecuación:

$$N^{\circ}_{pp} = \frac{I_{generador.d}}{I_{mp}}$$

$$N^{\circ}_{pp} = 58$$

$$N^{\circ}_{ps} = \frac{V_{sistema}}{V_{mp}}$$

$$N^{\circ}_{ps} = 2$$

Donde:

- N°_{pp} : Cantidad de paneles en paralelo.
- N°_{ps} : Cantidad de paneles en serie.

El número total de paneles es de 116, que se calculó por medio de la siguiente formula:

$$N_{tp} = N_{pp} \times N_{ps}$$

$$N_{tp} = 116$$

Donde:

- N°_{tp} : Número total de paneles.

Generando una potencia de 38860 W_p , que se calculó por medio de la siguiente formula:

$$P_g = N_{tp} \times P_{mp}$$

Donde:

- P_{mp} : Potencia pico del panel.
- P_g : Potencia generada de los paneles.

4.9.4. Dimensionamiento del controlador o regulador

La energía generada por los paneles debe pasar por el controlador, se debe considerar el peor escenario, y este es el de la intensidad de corto circuito para todos los paneles.

$$I_{controlador} \geq I_{sc} \times N_{pp} \times 1,25$$

$$I_{controlador} \geq 665,6 A$$

Es decir, la corriente es de 700 A. Por lo tanto, se requieren 7 controladores de 100 A. Con estos datos se elige el regulador MPPT- Victron Energy con un voltaje de 48 V y una corriente de 100 A, cuyas dimensiones son 216 mm x 295 mm x 103 mm y un peso de 4,5 kg. (Ver figura 45, Anexo 4)

4.9.5. Dimensionamiento del inversor

Para transformar la corriente DC en AC, el inversor es el equipo indicado para nuestro sistema, por lo cual el parámetro que define a este equipo es la potencia mínima a convertir.

Es muy poco probable que todas las cargas estén funcionando al mismo tiempo. Por esa razón, asumiendo el caso crítico, es sensato colocar un coeficiente de simultaneidad de 100%.

$$W_{mín_{inversor}} = P_c \times f_s$$

$$W_{mín_{inversor}} = 7360 W$$

Donde:

- P_c : Potencia del sistema. Cuyo valor es de 7360 W
- f_s : Es el coeficiente de simultaneidad, el coeficiente escogido es 1.

El inversor cargador escogido tiene las siguientes características:

- 48 V (DC)– 220 V (AC)
- Frecuencia: 60 Hz
- Potencia nominal: 8000 W
- Potencia pico máxima: 16000 W

$$N_{inversores} = \frac{W_{mín_{inversor}}}{P_{nominal}}$$

$$N_{inversores} = 0,92$$

Donde:

- $W_{mín_{inversor}}$: Potencia del sistema. Cuyo valor es de 7360 *W*.
- $P_{nominal}$: Potencia nominal del inversor seleccionado. Cuyo valor es de 8000 *W*.

Por lo tanto, al dividir la potencia del sistema más la potencia del inversor el producto que se obtiene es de 0,92 es decir, el número de inversores seleccionado es 1 con las características ya mencionadas anteriormente. El modelo elegido es el inversor/cargador Quattro Victron Energy de 362 *mm* x 258 *mm* x 218 *mm*, con un peso de 19 *kg*. (Ver figura 46, Anexo 4)

4.9.6. Dimensionamiento de los conductores

Potencia o intensidades, y tensiones y longitudes de los diferentes tramos de la instalación según el plano del proyecto. El método utilizado se basa en el código nacional de electricidad-suministro 2011. Parte 5-52, selección y utilización del material eléctrico-canalizaciones.

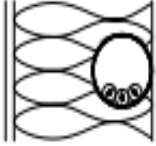


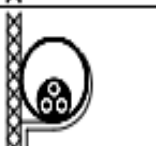
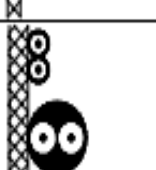
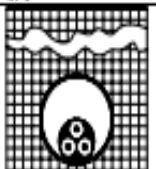
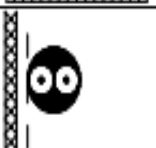
Para nuestro proyecto, es conveniente utilizar cables del tipo multipolar. Por lo tanto, los tramos en donde encontraremos las corrientes y caídas de tensión son:

- Tramo 1: Conexión del generador fotovoltaico al regulador de carga.
- Tramo 2: Conexión del regulador de carga con los acumuladores.
- Tramo 3: Conexión del regulador de carga con el inversor.
- Tramo 4: Conexión del inversor con la caja general de mando (tablero de distribución).

Y los conductores de los alimentadores deben ser dimensionados para que la caída de tensión no sea mayor del 2,5 %. Código Nacional de Electricidad (2011)

Los cuadros a utilizar para el dimensionado de los conductores serán los siguientes:

Tabla 8
Métodos de instalación referenciales

Método referencial de instalación		Tabla y columna						Factor de temperatura ambiente	Factor de reducción por agrupamiento
		Capacidades de corriente nominal para circuitos simples				Factor de temperatura ambiente	Factor de reducción por agrupamiento		
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE / EPR					
		Número de conductores		2	3	2	3		
1	2	3	4	5	6	7	8		
	Conductores aislados dentro de un tubo empotrado en una pared	A1	Tabla 2 Col. 2	Tabla 2 Col. 3	Tabla 2 Col. 14	Tabla 2 Col. 15	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cable multipolar en un tubo empotrado dentro de una pared	A2	Tabla 2 Col. 4	Tabla 2 Col. 5	Tabla 2 Col. 16	Tabla 2 Col. 17	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Conductores aislados dentro de un tubo sobre una pared de madera	B1	Tabla 2 Col. 6	Tabla 2 Col. 7	Tabla 2 Col. 18	Tabla 2 Col. 19	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cable multipolar dentro de un tubo sobre una pared de madera	B2	Tabla 2 Col. 8	Tabla 2 Col. 9	Tabla 2 Col. 20	Tabla 2 Col. 21	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cable unipolar o multipolar sobre una pared de madera	C	Tabla 2 Col. 10	Tabla 2 Col. 11	Tabla 2 Col. 22	Tabla 2 Col. 23	Tabla 5A	Tabla 5C	
	Cable multipolar en ductos enterrados	D	Tabla 2 Col. 12	Tabla 2 Col. 13	Tabla 2 Col. 24	Tabla 2 Col. 25	Tabla 5A	Tabla 5D	
	Cable multipolar al aire libre	E	Cobre Tabla 1		Cobre Tabla 1		Tabla 5A	Tabla 5C	

Fuente. Código Nacional de Electricidad (2011)

Tabla 9:

Instrucciones por métodos de instalación para obtener la capacidad de corriente nominal

Temperatura ambiente [°C]	PVC		XLPE o EPR		MI - Mineral * (al aire)	
	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cubierta de PVC o desnudo y expuesto al contacto 70°C	Desnudo no expuesto al contacto 105 °C
10	1,22	1,10	1,15	1,07	1,26	1,14
15	1,17	1,05	1,12	1,04	1,20	1,11
20	1,12	1,00	1,08	1,00	1,14	1,07
25	1,06	0,95	1,04	0,96	1,07	1,04
30	1,00	0,89	1,00	0,93	1,00	1,00
35	0,94	0,84	0,96	0,89	0,93	0,96
40	0,87	0,77	0,91	0,85	0,85	0,92
45	0,79	0,71	0,87	0,80	0,87	0,88
50	0,71	0,63	0,85	0,76	0,67	0,84
55	0,61	0,55	0,76	0,71	0,57	0,80
60	0,50	0,45	0,71	0,65	0,45	0,75
65	-	-	0,65	0,60	-	0,70
70	-	-	0,58	0,53	-	0,65
75	-	-	0,50	0,46	-	0,60
80	-	-	0,41	0,38	-	0,54
85	-	-	-	-	-	0,47
90	-	-	-	-	-	0,40
95	-	-	-	-	-	0,32

Fuente. Código Nacional de Electricidad (2011)

Tabla 10:

Factor de agrupación

Ítem	Disposición (en cuanto a cables)	Número de circuitos o cables multipolar												A usarse con capacidades de corriente nominal, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie empotrados o encerrados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	4 a 8 Métodos A a F
2	En una capa sobre una pared, piso o bandeja no perforada	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No más factores de reducción para más de nueve circuitos o cables multipolares			4 a 7 Método C
3	En una capa fijado directamente bajo un techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	En una capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	En una capa sobre un soporte de bandeja de escaleras, o listones, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				8 a 9 Métodos E y F

Fuente. Código Nacional de Electricidad (2011)

Tabla 11:
Capacidad de corriente de conductores aislados-al aire libre

Sección nominal del conductor [mm ²]	Cables unipolares									
	Método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)						Conductores con aislamiento mineral a 85 °C y conductores con aislamiento a temperaturas mayores a 90 °C			
	Tres conductores de carga, en un plano									
	Al contacto		Espaciado							
Método F		Horizontal		Vertical		Método G		Método G		
Aislamiento /Tipo	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR	Aislamiento mineral MI	AI AIA	A, AA FEP, FEPB	TFE *
Temperatura	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	70 °C	90 °C	85 °C	125 °C	200 °C	250 °C
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1,5	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-
2,5	-	-	-	-	-	-	34	43	498	67
4	-	-	-	-	-	-	46	57	63	93
6	-	-	-	-	-	-	60	75	80	120
10	-	-	-	-	-	-	83	105	115	170
16	-	-	-	-	-	-	115	140	150	235
25	114	141	146	182	130	161	150	185	200	320
35	143	176	181	226	162	201	185	230	250	400
50	174	216	219	275	197	246	230	290	310	500
70	225	279	281	353	254	318	290	360	390	625
95	275	342	341	430	311	389	355	435	470	770
120	321	400	396	500	362	454	405	500	545	905
150	372	464	456	577	419	527	480	590	-	-
185	427	533	521	661	480	605	540	655	-	-
240	507	634	615	781	569	719	635	785	-	-
300	587	736	709	902	659	833	740	910	-	-
400	689	868	852	1085	795	1008	880	1090	-	-
500	789	998	982	1253	920	1169	1000	1235	-	-
630	905	1151	1138	1454	1070	1362	-	-	-	-

* Solamente Níquel y Níquel con recubrimiento de Cobre.

Fuente. Código Nacional de Electricidad (2011)

Tabla 12:
Capacidad de corriente $I_{sección}$

Sección nominal del conductor [mm ²]	Método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
Aislamiento	XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR	
Temperatura	90 °C		90 °C		90 °C		90 °C		90 °C		90 °C	
Cantidad de conductores	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Cobre												
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	68	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	69	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	-	-	-	-	441	371	324	271
185	362	324	329	295	-	-	-	-	506	424	363	304
240	424	380	386	346	-	-	-	-	599	500	419	351
300	486	435	442	39	-	-	-	-	693	576	474	396

Fuente. Código Nacional de Electricidad (2011)

En consecuencia, en nuestro sistema los cálculos de dimensionamiento del cableado son:

1. Tramo1: Conexión del generador fotovoltaico al regulador de carga.

- $V_{mp} = 38 V$
- $I_{mp} = 8,82 A$
- $I_{sc} = 9,18 A$
- $N_{pp} = 58$
- $N_{ps} = 2$

$$P_{pg} = P_{pm} \times N_T$$

$$P_{pg} = 335 \times 116$$

$$P_{pg} = 38860 W$$

Donde:

- V_{mp} : Voltaje máximo pico
- I_{mp} : Corriente máxima
- I_{sc} : Corriente de cortocircuito
- N_{pp} : Numero de paneles en paralelo
- N_{ps} : Numero de paneles en serie
- P_{pg} : Potencia generada por los módulos
- P_{pm} : Potencia pico del módulo
- N_T : Número total de módulos

Tensión generación:

$$V_g = N_{ps} \times V_{mp}$$

$$V_g = 2 \times 38$$

$$V_g = 76 V$$

Corriente generación:

$$I_g = N_{pp} \times I_{mp}$$

$$I_g = 58 \times 8,82$$

$$I_g = 511,56 A$$

Método referencial de la instalación: Conductores aislados dentro de un tubo empotrado en una pared.

Cuadro 8: Método A1

Número de conductores: 2 (Tabla 12, columna 2)

Temperatura ambiente: Tabla 9

Factor de agrupación por agrupamiento: Tabla 10

Aislamiento: XLPE

Temperatura de operación: 70°C

Como la temperatura ambiente de la provincia de Jaén alcanza aproximadamente los 40°C:

$$F_{CT} = 0,77$$

Donde:

- F_{CT} : Factor de corrección para temperatura ambiente

Factor de reducción por grupo de más de 1 circuito, cuadro 10.

Ítem 1: Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrado o encerrado.

Números de circuitos o cable multipolar: 2

$$F_R = 1$$

Donde:

- F_R : Factor de reducción

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{I_g}{F_{CT} \times F_R}$$

$$I_{m\acute{a}x} = 664,36 \text{ A}$$

Por lo tanto de la tabla 12, el conductor de cobre de aislamiento XLPE, el calibre del cable seleccionado es de 240 mm^2 .

Se usará la configuración 2-2x240 mm².

Ahora la caída de tensión es:

$$\Delta V = \frac{2 \times \delta \times L \times I}{S}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 0,01786 \times 20 \times 332,18}{240}$$

$$\Delta V = 0,98 \text{ V}$$

Para calcular la caída de tensión porcentual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_g} \times 100$$

$$\% \Delta V = 1,29 \%$$

Donde:

- ΔV : Caída de tensión (V)
- δ : Resistividad del material. El cobre es $0,01786 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- L : Longitud del conductor (m)
- I : Intensidad en el circuito (A)
- S : Sección del cable (mm^2)

Según sección 050-100 del Código Nacional de Electrificación – Utilización, la caída de tensión no debe ser mayor del 2,5 % en los conductores de los alimentadores. Para la Conexión del generador fotovoltaico al regulador de carga la caída de tensión es de 1,29 %.

2. Tramo 2: Conexión del regulador de carga con los acumuladores.

$$I_{controlador} = 1,25 \times N_{pp} \times I_{sc}$$

$$I_{controlador} = 1,25 \times 58 \times 9,18$$

$$I_{controlador} = 665,56 A$$

$$I_{M\acute{a}x.controlador} = 700 A$$

Método de instalación: Cable multipolar al aire libre

Cuadro 8: Letra E

Ítem 4: Sobre bandeja perforada

Factor de temperatura: Cuadro 9

Temperatura ambiente: 40 °C

$$F_{CT} = 0,87$$

Factor de reducción por grupos de más de un circuito

Números del circuito: 3

$$F_R = 0,7$$

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{I_{M\acute{a}x.controlador}}{F_{CT} \times F_R}$$

$$I_{m\acute{a}x} = 1149,4 A$$

Por lo tanto del tabla 11, el conductor de cobre de aislamiento XLPE, el calibre del cable seleccionado es de 240 mm².

Se usará la configuración 3-2x240 mm².

Ahora la caída de tensión es:

$$\Delta V = \frac{2 \times \delta \times L \times I}{S}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 0,01786 \times 15 \times 383,1}{240}$$

$$\Delta V = 0,85 V$$

Para calcular la caída de tensión porcentual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_g} \times 100$$

$$\% \Delta V = \frac{0,85}{76} \times 100$$

$$\% \Delta V = 1,12 \%$$

Para la conexión del regulador de carga con los acumuladores la caída de tensión es de 1,12 %.

3. Tramo 3: Conexión del regulador de carga con el inversor.

$$I_{controlador} = 1,25 \times N_{pp} \times I_{sc}$$

$$I_{controlador} = 1,25 \times 58 \times 9,18$$

$$I_{controlador} = 665,56 A$$

$$I_{M\acute{a}x.controlador} = 700 A$$

Método de instalación: Cable multipolar al aire libre

Cuadro 8: Letra E

Ítem 4: Sobre bandeja perforada

Factor de temperatura: Cuadro 9

Temperatura ambiente: 40 °C

$$F_{CT} = 0,87$$

Factor de reducción por grupos de más de un circuito

Números del circuito: 3

$$F_R = 0,7$$

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{I_{M\acute{a}x.controlador}}{F_{CT} \times F_R}$$

$$I_{m\acute{a}x} = 1149,4 A$$

Por lo tanto de la tabla 11, el conductor de cobre de aislamiento XLPE, el calibre del cable seleccionado es de 240 mm^2 .

Se usará la configuración 3-2x240 mm^2 .

Ahora la caída de tensión es:

$$\Delta V = \frac{2 \times \delta \times L \times I}{S}$$
$$\Delta V = \frac{2 \times 0,01786 \times 15 \times 383,1}{240}$$
$$\Delta V = 0,85 \text{ V}$$

Para calcular la caída de tensión porcentual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_g} \times 100$$
$$\% \Delta V = \frac{0,85}{76} \times 100$$
$$\% \Delta V = 1,12 \%$$

Para la conexión del regulador de carga con el inversor la caída de tensión es de 1,12 %.

4. Tramo 4: Conexión del inversor con la caja general de mando (tablero de distribución).

$$P_{pg} = 38860 \text{ W}$$

$$V_g = 76 \text{ V}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$FP = 0,90$$

Donde:

✓ *FP*: Factor de potencia

$$I_g = \frac{P_{pg}}{V_g \times \cos\phi}$$

$$I_g = \frac{38860}{76 \times 0,90}$$

$$I_g = 568,13 \text{ A}$$

Método de instalación: A1

Cuadro 12

Ítem 4: Sobre bandeja perforada

Conductor asilado dentro de tubo y de pared

$$F_{CT} = 0,77$$

Factor de reducción por grupos de más de un circuito

Números del circuito: 2

$$F_R = 1$$

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{568,13}{0,77 \times 0,8}$$

$$I_{m\acute{a}x} = 737,8 \text{ A}$$

Por lo tanto del cuadro 12, el conductor de cobre de aislamiento XLPE, el calibre del cable seleccionado es de 300 mm^2 .

Se usará la configuración 2-2x300 mm².

Ahora la caída de tensión es:

$$\Delta V = \frac{2 \times \delta \times L \times I}{S}$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 0,01786 \times 50 \times 368,9}{300}$$

$$\Delta V = 2,19 \text{ V}$$

Para calcular la caída de tensión porcentual se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{220} \times 100$$

$$\% \Delta V = \frac{2,19}{220} \times 100$$

$$\% \Delta V = 0,99 \%$$

Para la conexión del inversor con la caja general de mando (tablero de distribución) la caída de tensión es de 1,25 %.

Tabla 13
Resultados del cálculo de cableado

Selección del tramo de línea	I_{adm} (A)	Sección (mm^2)	L (m)	$\Delta V_{\%}$
1. Conexión del generador fotovoltaico al regulador de carga.	332,18	240	20	1,29
2. Conexión del regulador de carga con los acumuladores.	383,1	240	15	1,12
3. Conexión del regulador de carga con el inversor.	383,1	240	15	1,12
4. Conexión del inversor con la caja general de mando (Tablero).	368,9	300	50	0,99

4.9.7. Elementos de protección

Los componentes del sistema fotovoltaico y de cualquier sistema eléctrico en general pueden generar o transmitir sobrecorrientes que pueden reducir la vida del componente o este podría fallar.

Los componentes se seleccionarán de acuerdo a la corriente que circula por los conductores. Los elementos de protección a emplear se muestran en la tabla 14.

Tabla 14
Resultados del cálculo de los elementos de protección

Selección del tramo de línea	Iadm (A)	Interruptor	Interruptor termomagnético	Interruptor diferencial	Marca
T_1	332,18	350			NZM2 Eaton-Moeller
T_2	383,1	410			
T_3	383,1	410			
T_4	368,9		380	380	Schneider Electric

4.10. Planos de la instalación solar fotovoltaica

a) Símbolos utilizados en el diseño

Las simbologías son muy importantes ya que nos sirve para comunicar, sin necesidad de grandes textos y palabras. (ver figura 48, anexo 5)

b) Esquema de conexión de los paneles con el controlador

Los paneles de nuestro sistema fotovoltaico autónomo van estar conectados en paralelo y en serie, para después ser conectados a los controladores. (Ver figura 49, anexo 5)

c) Esquema de conexión de las baterías

Las baterías de nuestro sistema fotovoltaico autónomo van estar conectados en paralelo y en serie. (Ver figura 50, anexo 5)

d) Esquema de conexión del regulador-controlador

El regulador-controlador de nuestro sistema fotovoltaico va hacia el inversor de cc/ca. (Ver figura 51, anexo 5)

e) Esquema de conexión del inversor

El inversor de nuestro sistema fotovoltaico va hacia la caja general de mando y protección de la instalación de utilización (Tablero de distribución). (Ver figura 52, anexo 5)

4.11. Estructura del soporte

La estructura estará empotrada sobre la losa existente y los perfiles a diseñar serán los tipos comerciales. La estructura soportará el peso de los paneles solares, efectos de viento y sismo.

Se propondrá un diseño de acuerdo a la distribución de los paneles. Las conexiones serán consideradas como empernadas. La única unión soldada será entre los perfiles verticales (columnas) y la placa base. Se verificará la estructura mediante el análisis de elementos finitos evaluados en el *SAP2000* obteniendo esfuerzos y desplazamientos. Para la revisión del diseño de la estructura se consideran las siguientes normas:

- Reglamento Nacional de Edificaciones R.N.E.
- Norma Técnica de Edificaciones E.0.20 Cargas
- Norma Técnica de Edificaciones E.0.30 Diseño Sismorresistente
- Norma Técnica de Edificaciones E.0.90 Estructuras Metálicas
- Manual of Steel Construction “Load & Resistance Factor Design”
- Normas Técnicas de Diseño AISC - LRFD

4.11.1. Especificaciones de materiales empleados

Tabla 15
Propiedades de los materiales empleados

Acero	ASTM A-36
	$F_y = 2,530 \text{ kg/cm}^2$
	$\lambda = 7,85 \text{ Tn/m}^3$
	$E_c = 2,1 \text{ kg/cm}^2$
	$F_u = 4,060 \text{ kg/cm}^2$
	$u = 0,30$
Soldadura	Electrodos
	$F_{exx} = 60 \text{ KSI}$, según AWS
	$F_{exx} = 60 \text{ KSI}$, según AWS
Pernos	ASTM A-325
	$F_y = 120 \text{ KSI}$ $\emptyset 1/4'' < \emptyset 1''$

4.11.2. Estados de carga

- Cargas por peso propio (D)

Corresponden a este grupo el peso propio de los elementos estructurales (estructura metálica) y las cargas muertas adicionales como las debidas al peso de los paneles solares, pernos, y demás accesorios.

- Paneles Solares (1956 x 992 x 40mm): 13,66 kg/m²
- Estructura metálica (estimado a verificar): 6 kg/m²
- Carga total a considerar: **19,66 kg/m²**

- Cargas variables (L)

Las cargas variables incluyen los pesos de las personas, así como los correspondientes efectos de vibración y dinámicos. Debido a que se considerará como una estructura estática y siendo una estructura liviana se asumirá el 20% de la carga muerta para establecer la carga viva.

- Carga Viva: **3,93 kg/m²**

- **Cargas de viento (W)**

La expresión usada para determinar la carga de viento en la estructura de acero es la indicada en la Norma E.020 Cargas.

Datos:

- $V_h = 40 \text{ km/h}$... Velocidad del viento según Mapa Eólico del Perú
- $\theta = 7^\circ$... Pendiente de la Superficie

Carga exterior de viento:

$$P_h = 0,005 * C * V_h^2$$

Donde:

- P_h : Presión o succión del viento a una altura h, en kg/m²
- C: Factor de forma adimensional
- V_h : Velocidad de diseño a una altura h, en km/h

Barlovento (Considerando a presión y succión, C= +0.3, -0.7):

$$P_h = +2,40 \text{ kg/m}^2$$

$$P_h = -5,60 \text{ kg/m}^2$$

Sotavento (Considerando a succión, C= -0.6)

$$P_h = -4,80 \text{ kg/m}^2$$

- **Cargas de sismo (E)**

Los parámetros sísmicos que estipula la norma de diseño sismorresistente (E.030) considerados para este análisis son los siguientes:

Tabla 16
Sistema dinámico

Factor	Nomenclatura	Clasificación categoría tipo	Valor	Indicación
Zona	Z	2	0.25	Zona Sísmica 2: Jaén
Uso	U	-	1	Edificaciones comunes
Suelo	S	1	1	Se asume que la estructura se encuentra emplazada en un suelo rocoso
	Tp		0.4	
Coeficiente de reducción	Rx	Pórticos de Acero	6	Pórticos ordinarios
	Ry	Pórticos de Acero	6	Pórticos ordinarios

Se define el factor de amplificación sísmica “C” con lo siguiente:

$$T < T_p \quad C = 2.50$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.50 * \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} * g$$

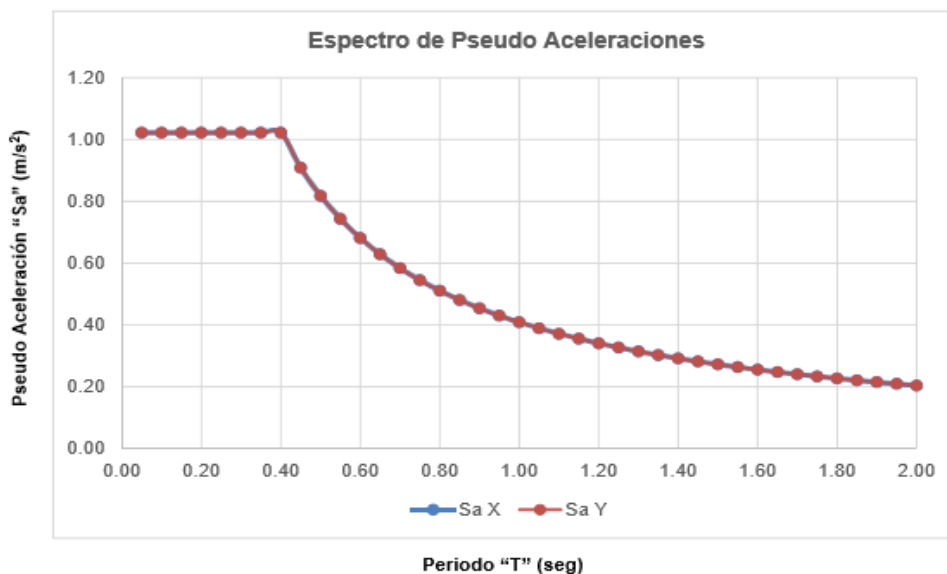


Figura 28. Espectro de Pseudo Aceleraciones

4.11.3. Metrados de carga

Calculando las cargas concentradas sobre los nudos, según el caso más crítico en cada dirección:

Datos:

- A= ancho tributario entre perfiles longitudinales (m) = 1,361 m
- B= ancho tributario entre perfiles de apoyo (m) = 0,670 m

$$\text{Carga muerta (D)} = D \times A \times B = 19.66 \times 1.361 \times 0.670 = \mathbf{17,93 \text{ kg}}$$

$$\text{Carga Viva (L)} = L \times A \times B = 3.93 \times 1.361 \times 0.670 = \mathbf{3,58 \text{ kg}}$$

Carga de viento (W)

- **Barlovento (Presión)**

$$W_{B-x} = AxBxP_h \times \sin\theta \dots W_{B-X} = \mathbf{+0,27 \text{ kg}}$$

$$W_{B-y} = AxBxP_h \times \cos\theta \dots W_{B-Y} = \mathbf{+2,17 \text{ kg}}$$

- **Barlovento (Succión)**

$$W_{B-x} = AxBxP_h \times \sin\theta \dots W_{B-X} = \mathbf{-0,62 \text{ kg}}$$

$$W_{B-y} = AxBxP_h \times \cos\theta \dots W_{B-Y} = \mathbf{-5,07 \text{ kg}}$$

- **Barlovento (Succión)**

$$W_{S-x} = AxBxP_h \times \sin\theta \dots W_{S-X} = \mathbf{-0,53 \text{ kg}}$$

$$W_{S-y} = AxBxP_h \times \cos\theta \dots W_{S-Y} = \mathbf{-4,34 \text{ kg}}$$

4.11.4. Combinación de cargas

Se tienen las siguientes combinaciones:

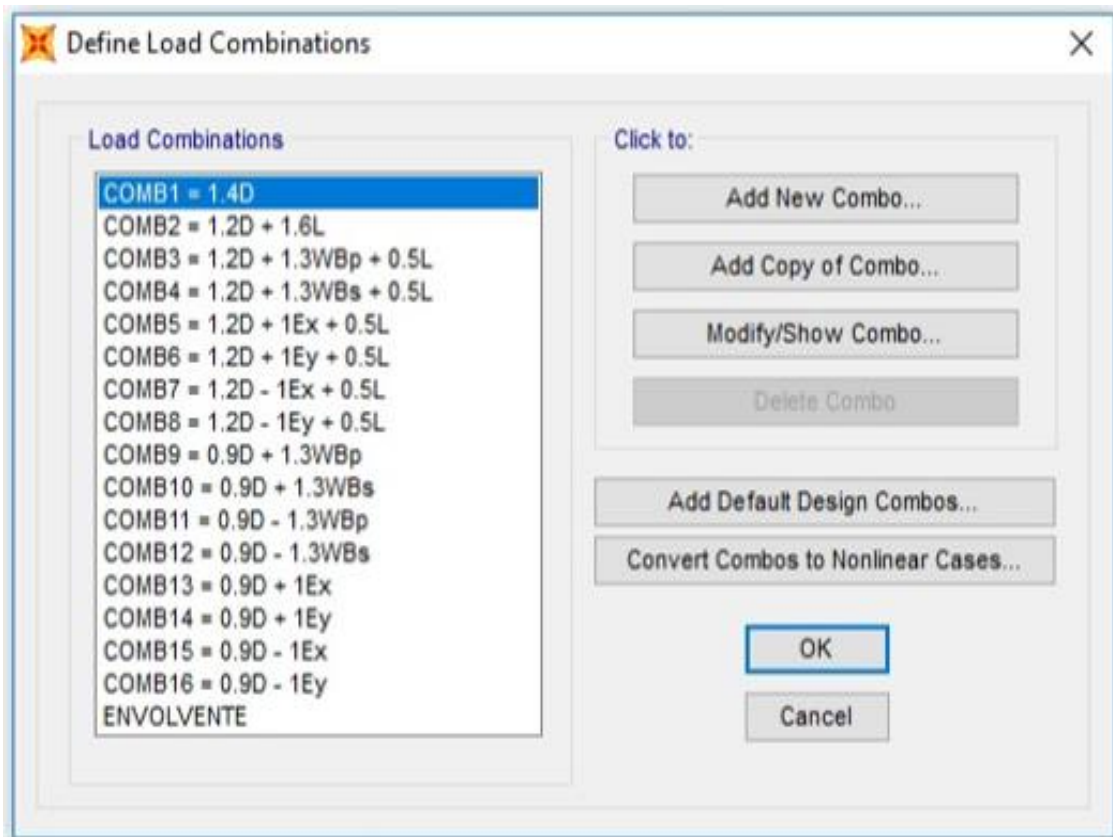


Figura 29. Combinaciones de carga

4.11.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

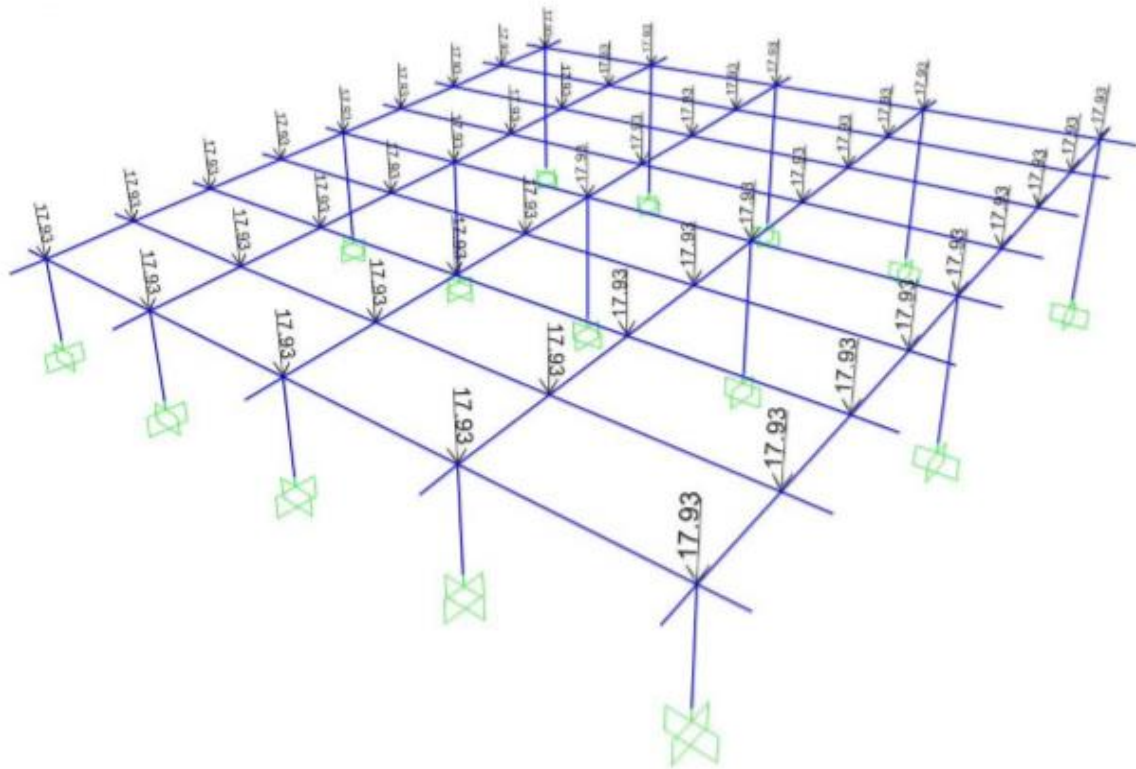


Figura 30. Estado - Carga Muerta "D"

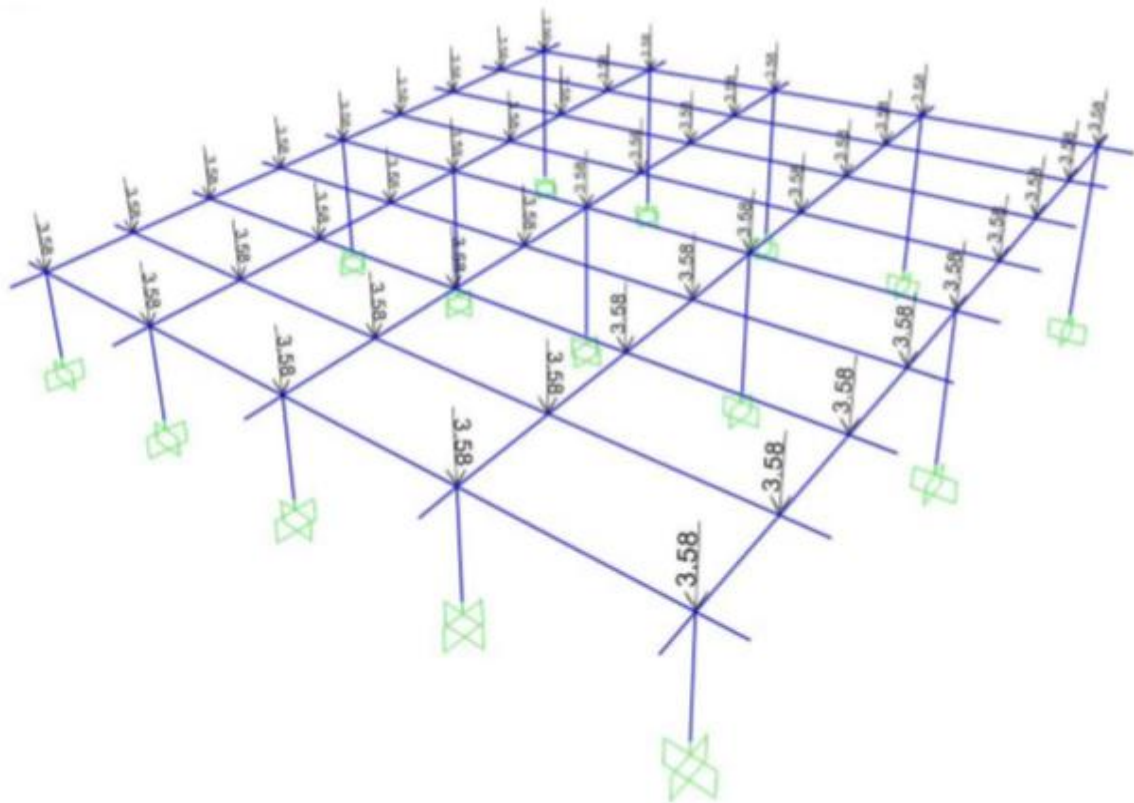


Figura 31. Estado - Carga Viva "L"

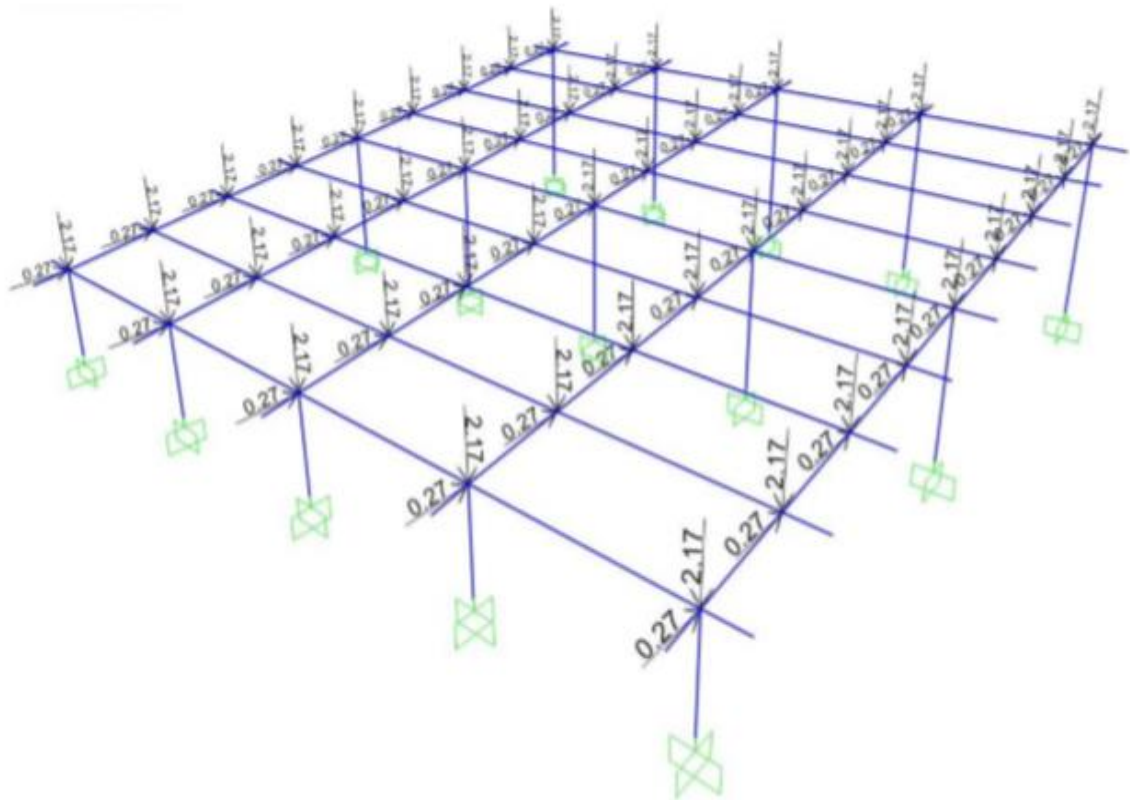


Figura 32. Estado - Carga de Viento "WBp"

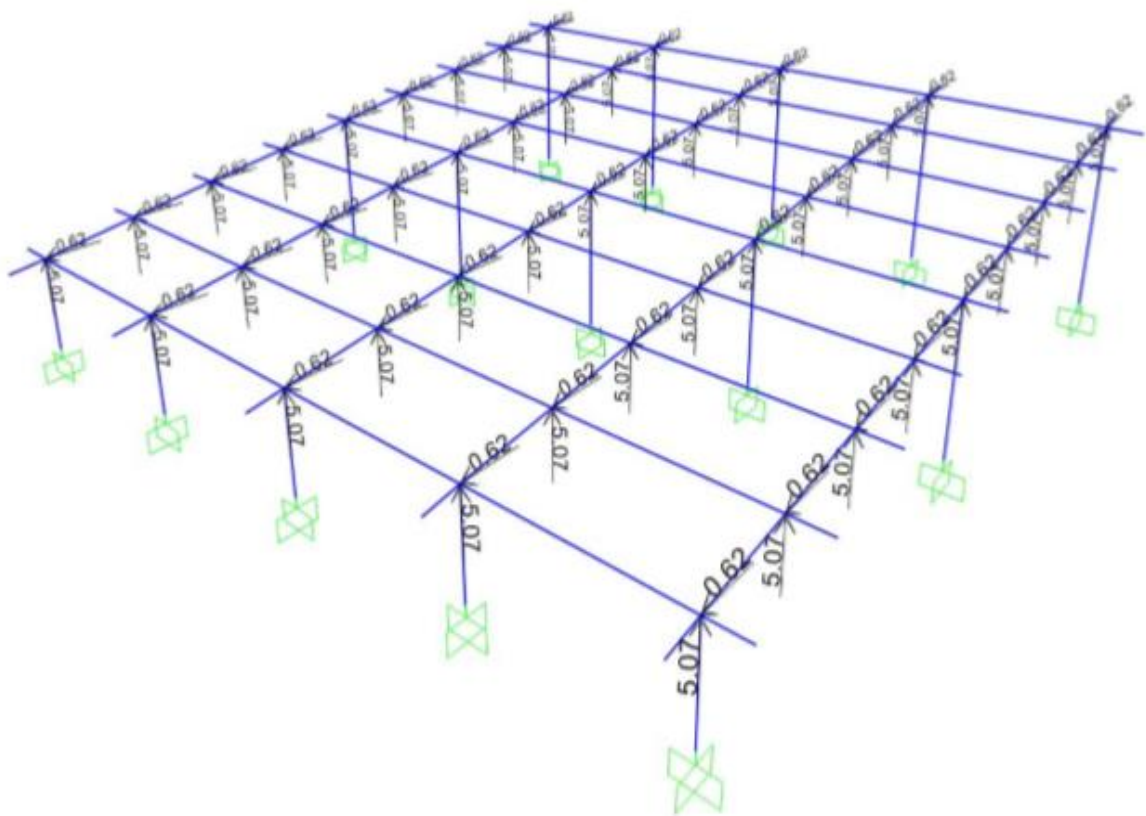


Figura 33. Estado - Carga de Viento "WBs"

Diagrama de Deformaciones y Desplazamientos Máximos

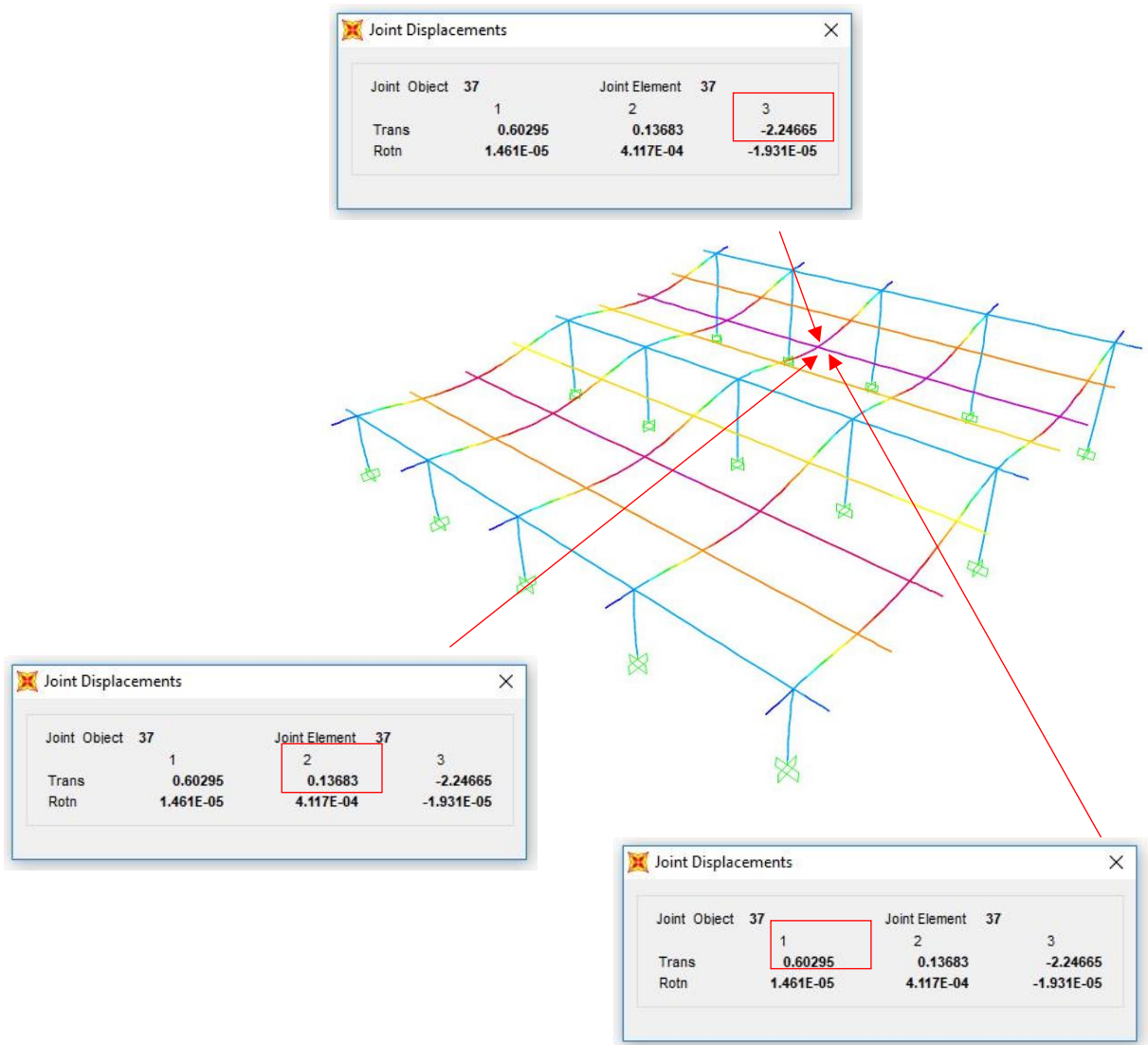


Figura 34: Deformaciones y desplazamientos máximos

Se observa los siguientes desplazamientos máximos:

- ✓ Eje X = 0,60 mm
- ✓ Eje Y = 0,14 mm
- ✓ Eje Z = 2,25 mm

Estos desplazamientos están dentro de lo aceptable.

4.11.6. Diseño de elementos de acero

Para el diseño de secciones se han propuesto las siguientes dimensiones, las cuales se verificarán su capacidad resistente.

Tabla 17
Propiedades del perfil cuadrangular

Sección	A_s (cm^2)	Momento de Inercia (cm^4)		Modulo Resistente (cm^3)		Radio de giro (cm)	
		I_x	I_y	S_x	S_y	R_x	R_y
HSS 40x60x2,5 mm	4,75	23,45	12,35	7,83	6,17	2,22	1,61

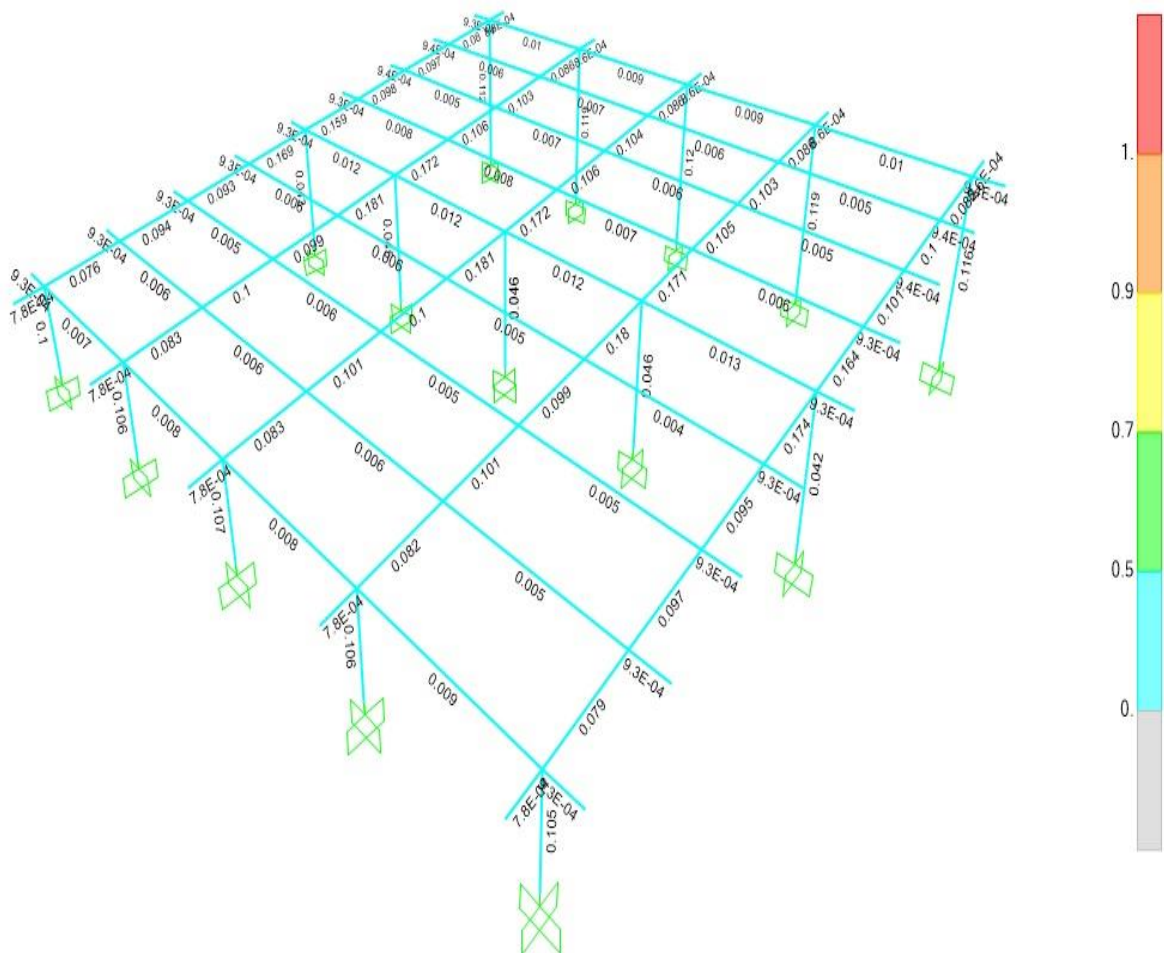


Figura 35. Diseño automatizado de miembros de acero según AISC – LRFD
Detalles de verificación de esfuerzos en miembros más críticos de cada componente

Diseño de elementos a compresión (perfil crítico):

- $\phi_c \times P_n = A_g \times F_{cr} \quad \dots \quad \phi = 0,85$
- Para $\lambda_c \leq 1,5 \quad \dots \quad F_{cr} = (0,658\lambda_c^2) \times F_y$
- Para $\lambda_c > 1,5 \quad \dots \quad F_{cr} = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2}\right) \times F_y$

Donde:

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

- A_g = Área total del miembro
- F_y = Esfuerzo de fluencia especificada
- E = Módulo de elasticidad
- K = Factor de longitud efectiva
- l = Longitud lateralmente no arriostrada
- r = Radio de giro respecto del eje de pandeo

Área requerida:

$$A_r = \frac{P_u}{0,85 \times F_y}$$

Donde:

$$P_u = 21,52 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad A_r = 0,010 \text{ cm}^2 < 4,75 \text{ cm}^2$$

Se obtiene:

$$\lambda_c = 0,34 \quad \longrightarrow \quad F_{cr} = 2411,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{adm} = 0,85 \times 2411,55 \times 4,75 = 9736,62 \text{ kg} > P_u$$

Por lo tanto, el perfil seleccionado es correcto y cumple las condiciones de diseño.

Cálculo espesor placa base:

De los datos obtenidos del diseño se tiene:

$$P_u = 164,45 \text{ kg} \dots\dots \text{carga axial en la columna}$$

Asumiendo una placa base de 6 cm x 8 cm, se tiene:

$$\Delta = \frac{0,95d - 0,8b_f}{2} = \frac{0,95 \times 6 - 0,8 \times 4}{2} = 1,25$$

$$N = \sqrt{A} + \Delta = 8,17 \text{ cm} \approx 9 \text{ cm} \longrightarrow B = 5,88 \text{ cm} \approx 6 \text{ cm}$$

Se usará placa de 9 cm x 7 cm.

$$m = \frac{9 - 0,95 \times 6}{2} = 1,65 \text{ cm} \quad , \quad m = \frac{7 - 0,8 \times 4}{2} = 1,90 \text{ cm}$$

$$\therefore t_p = m \sqrt{\frac{2 \times P_u}{\phi_f \times F_y \times B \times N}} = 0,10 \text{ cm}$$

Se usará placa de 3/16".

Por lo tanto la placa base será de 90 x 70 mm x 3/16".

En conclusión, teniendo en cuenta los resultados, estos están aceptables en cuanto a deformación, esfuerzos y desplazamientos cumpliendo así con las normas establecidas. La estructura analizada es liviana, por ello se consideraron perfiles cuadrados de 40 x 60 x 2,50 mm, cumpliendo así con lo solicitado. La estructura ha sido calculada cada 6m, esto debido a que los perfiles se comercializan a esa longitud y así originamos menos uniones que pueden debilitar la estructura. En total habrá 6 estructuras, más 2 estructuras de 2 m., según diseño.

4.11.7. Presupuesto referencial

Para realizar el presupuesto del sistema fotovoltaico aislado detallamos los precios de los materiales, mano de obra en el programa S₁₀ presupuestos.

Presupuesto

Presupuesto **1101001** **DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA A LA SALA DE COMPUTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN**
 Cliente **UNIVERSIDAD NACIONAL JAEN** Costo al **25/12/2018**
 Lugar **CAJAMARCA - JAEN - JAEN**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				2,123.42
01.01	CASETA DE ALMACEN, GUARDIANA Y OFICINA	mes	1.00	900.00	900.00
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60Mx2.40M	und	1.00	223.42	223.42
01.03	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD	glb	1.00	1,000.00	1,000.00
02	TRABAJOS PRELIMINARES				2,000.00
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	2.00	1,000.00	2,000.00
03	INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS				58,321.71
03.01	INSTALACION DE SOPORTE PARA MODULO	pza	6.00	2.22	13.32
03.02	INSTALACION DE MODULOS	pza	116.00	494.64	57,378.24
03.03	TUBERIA CONDUIT 1/2", HABRAZADERA Y SOPORTE	pza	30.00	13.87	416.10
03.04	INSTALACION Y EQUIPAMIENTO DE TABLERO DE CONEXION	pza	1.00	3.55	3.55
03.05	CABLEADO Y CONEXION	m	50.00	10.21	510.50
04	INSTALACION DEL CUADRO REGULADOR INVERSO				112,086.51
04.01	BANDEJA PERFORADA	m	50.00	34.04	1,702.00
04.02	INSTALACIÓN DEL REGULADOR	pza	7.00	1,389.17	9,724.19
04.03	INSTALACIÓN DEL INVERSOR	pza	1.00	11,502.24	11,502.24
04.04	INSTALACION DE LA BATERIA	pza	72.00	1,234.24	88,865.28
04.05	CABLEADO Y CONEXION DE INVERSOR	m	40.00	7.32	292.80
05	INSTALACION DE TABLERO GENERAL				2,333.28
05.01	INSTALACION DE SOPORTE DE CANALETAS	pza	48.00	33.77	1,620.96
05.02	INSTALACION Y EQUIPAMIENTO DE TABLERO	pza	1.00	222.24	222.24
05.03	CABLEADO Y CONEXION	m	48.00	10.21	490.08
	COSTO DIRECTO				176,864.92
	GASTOS GENERALES				12,380.54
	UTILIDAD 10%				17,686.49

	SUBTOTAL				206,931.95
	IMPUESTO (IGV 18%)				39,317.07
					=====
	TOTAL PRESUPUESTO				246,249.02

4.12. Impacto económico

Los principales factores para determinar la viabilidad financiera de instalar un sistema de energía renovable son:

- El costo inicial de la instalación como se estableció en el capítulo anterior, para este proyecto sería de S/. 246249,02.
- La producción neta de energía anual del sistema la cual se halla de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Producción anual} = \text{HPS} \times \text{N} \times \text{P}_p \times n$$

$$\text{Producción anual} = 3,88 \text{ h} \times 116 \times 335 \text{ W} \times 0,98 \times 0,9 \times 0,85 \times 365$$

$$\text{Producción anual} = 41258,64 \text{ Kwh/año}$$

Donde:

- HPS = Horas Pico Solar.
- N = Número de paneles.
- P_p = Potencia del panel solar bajo las condiciones a las que será sometido (teniendo en cuenta la eficiencia cables, batería, inversor, etc.)
- n = Número de días del año.

Buendía (2014), afirma que los costos de mantenimiento anuales de sistemas fotovoltaicos es de \$ 27,75 USD/Kw-año que en soles sería 91,90 S/./Kw-año. Por lo tanto, al convertirlo a soles-año el resultado será de:

$$\text{M} = 91,90 \text{ S/./Kw-año} \times 116 \times 0,335 \text{ Kw} \times 0,98 \times 0,9 \times 0,85$$

$$\text{M} = 2678 \frac{\text{S/}}{\text{año}}$$

Donde:

- M = Costos de mantenimiento anuales.

El análisis económico se enfocará entonces en el análisis de los siguientes aspectos:

1. Retorno de la inversión.
2. Costo de la energía.
3. Ahorro monetario.

▪ **Retorno de la inversión**

Este da un juicio preliminar de la viabilidad económica del sistema de energía renovable. Compara los costos iniciales del sistema fotovoltaico con la producción anual de energía generada por el mismo.

$$\text{Retorno simple de la inversión} = \frac{CI}{(PAE \times PE) - M}$$

$$\text{Retorno simple de la inversión} = \frac{S/. 246249,02}{(41258,64 \frac{\text{Kwh}}{\text{año}} \times 0,5262 \text{ S/.}/\text{Kwh}) - 2678}$$

$$\text{Retorno simple de la inversión} = 12,9$$

$$\text{Retorno simple de la inversión} = 13 \text{ años}$$

Donde:

- CI = Costo inicial del sistema fotovoltaico. Equivalente a S/. 246249,02.
- PAE = Producción anual de energía. Equivalente a 41258,64 Kwh/año.
- PE = Precio de la energía (S./Kwh): 0,5262 S./Kwh (teniendo en cuenta la suma de cargo de energía en punta y cargo de energía en horas fuera de punta - Tarifa BT3).
- M = Costos de mantenimiento anuales. Equivalente a S/. 2678

De acuerdo a esta ecuación se obtiene que en 13 años aproximadamente, se recuperaría la inversión hecha en este proyecto considerando un costo por mantenimiento para asegurar la mayor vida útil posible de los paneles. El mantenimiento depende de diversos factores como la complejidad de la instalación o la climatología de la localización donde su ubica.

Sin embargo, la anterior ecuación no tiene en cuenta el porcentaje de incremento del precio de la energía, factor importante a tener en cuenta en este cálculo. Por esto, se decide realizar la proyección de retorno de inversión anual, teniendo en cuenta dicho incremento anual.

▪ **Costo de la energía**

Es el valor de la energía producida por el sistema de energía renovable. Es la relación entre los costos anuales y la producción de energía anual.

$$CE = \frac{M}{PAE}$$
$$CE = \frac{S/. 2678}{41258,64 \text{ Kwh/año}}$$
$$CE = 0,0649 \text{ S/. Kwh}$$

Donde:

- CE = Costo de la energía anual.
- M = Costos de mantenimiento anuales.
- PAE = Producción anual de energías.

Como se observa el costo de la energía solar para el sistema fotovoltaico es de 0,0649 S./Kwh, es decir el costo de la energía generada por el sistema fotovoltaico es más económico que el precio de la energía de la red eléctrica que suministra la energía en la universidad. Con lo cual se observa que, a mayor magnitud del sistema fotovoltaico, menor será el costo de la energía producida, la cual se reduce considerablemente, esto es debido a que básicamente los costos de generar energía eléctrica mediante los paneles fotovoltaicos están sujetos a los costos fijos de mantenimiento, por tanto, entre mayor sea la producción se obtendrá gran reducción en el costo final de la energía.

▪ **Ahorro monetario**

Con el uso del sistema fotovoltaico en la zona seleccionada, se estaría dejando de consumir una cantidad de energía suministrada por la red eléctrica de la universidad. Esto implicaría un ahorro monetario para la Universidad como se mostrará a continuación.

$$\text{Ahorro monetario anual} = DA * PE = S/. 21710.30$$

Donde:

- *DA* = Demanda energética anual en la zona seleccionada (Kwh). Equivalente a 41258,64 Kwh/año
- *PE* = Precio de la energía (S/. /Kwh). Equivalente a 0,5262 S/./Kwh

De lo anterior, se obtiene que con este sistema fotovoltaico se puede ahorrar S/.21710.30 de los gastos en energía eléctrica durante su primer año de funcionamiento. Durante los años siguientes se proyectaría un incremento del 2% anual, debido a que este se considera como porcentaje legal de incremento del precio de la energía en Perú.

4.13. Resultados finales presentados en las tablas

Tabla 18

Resultados del diseño para el dimensionamiento de los paneles

Especificaciones técnicas de diseño	Energía consumida (kWh/día)	Voltaje nominal del SFA (V)	Numero de paneles fotovoltaicos		
			Serie	Paralelo	Total
Panel policristalino AE PowerPlus de 335 Wp, voltaje nominal de operación 24 V, tensión de circuito abierto 47,2 V, corriente máxima pico 8,82 A y corriente de corto circuito 9,18 A	59,52	48	2	58	116

Tabla 19
Resultados del diseño para el dimensionamiento de las baterías

Especificaciones técnicas de diseño	Baterías			
	2 días de autonomía			
Batería TFS U-Power 12 V CD, 250 Ah. Estacionaria y de descarga profunda	Capacidad banco de baterías (Ah)	Serie	Paralelo	Total
	4500	4	18	72

Tabla 20
Resultados del diseño para el dimensionamiento del controlador e inversor

Especificaciones técnicas de diseño	Reguladores		
	Corriente de salida calculado (A)	Cantidad de controladores	Cantidad de inversores
Regulador o controlador de carga MPPT Victron Energy con un voltaje de 48 V y una corriente de 100 A; e inversor / Cargador Quattro Victron Energy 48 V DC, potencia nominal de 8000 W y una frecuencia de 60 Hz.	663,7	7	1

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se efectuó el presente trabajo de investigación, de acuerdo a los resultados obtenidos se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo con los datos encontrados para la zona de la provincia de Jaén, con el equipo Vantage Pro 2, la irradiación máxima fue 5,836 Kwh/m²/día en el mes de octubre y la mínima fue 4,190 Kwh/m²/día en el mes de febrero, comparando con los datos de la NASA la irradiación máxima fue 5,12 Kwh/m²/día en el mes de noviembre y la mínima fue 3,88 Kwh/m²/día en el mes de febrero. Luego de la evaluación solar se determinó que la radiación solar en el mes más desfavorable para un ángulo de 5° es de 3, 88 Kwh/m²/día.
2. Se determinó que el consumo energético instalada en la sala de computo de la Universidad Nacional de Jaén fue de 7360 W, con un consumo de energía de 59,52 Kwh/día.
3. De acuerdo al dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo se necesitan 116 paneles solares de 335 W_p , 7 controladores MPPT de 100 A, 1 inversor de 48 V y 8000 W, 72 baterías estacionarias con capacidad total de 250 Ah y 6 estructuras con capacidad para 18 módulos, más 2 estructuras de 2 m.
4. En el análisis de la comparación de la energía eléctrica convencional con la energía fotovoltaica calculamos que el costo de inversión fue de 246249,02 soles, mientras que el ahorro económico en 1 año sería de 21710,30 soles. Además, tiempo de recuperación del sistema fotovoltaico será dentro del treceavo año de haber instalado el sistema.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para asegurar la autonomía energética del sistema fotovoltaico autónomo, lo más recomendable es trabajar con el periodo de diseño del mes de menor radiación solar, siendo el más desfavorable el mes de febrero.
2. Para obtener resultados aún más favorables, se recomienda hacer un análisis detallado de las cargas de consumo, como también ser muy precisos en los tiempos de uso, para obtener con mucha más certeza la implementación de sistemas solares fotovoltaicos y eficiente de la energía eléctrica.
3. A la Universidad Nacional de Jaén, promover este tipo de sistemas ya que en estos tiempos se ha comenzado a dar una mayor importancia a las energías limpias, siendo éstas obtenidas mediante la utilización de recursos renovables; además se debe implementar cursos sobre este tipo de sistemas ya que obtendremos beneficios para la sociedad y paralelamente en muchas investigaciones en nuestra casa superior de estudios.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Garcés, F. (2016). *Diseño de una instalación fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional abierta y a distancia, Bogotá.
- Buendía Yáñez, A. (2014). *Caracterización y evaluación económica para la inversión en plantas menores a 20 MW conectadas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia a partir de fuentes de energías renovables eólica y solar*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Bravo Damián , V. y Gamarra Vílchez, D. (2016). *Diseño de un sistema fotovoltaico para satisfacer la demanda de energía de los laboratorios de ingeniería electrónica en la universidad nacional pedro ruiz gallo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
- Celemín Cuellar, M. (2016). Estudio para la implementación de un sistema fotovoltaico como alternativa rural sostenible de la vereda San Roque en el municipio de Ortega-Tolima. (tesis de pregrado). Universidad de Manizales, Manizales.
- Colonna Pertuz, J. y Medina Barraza, F. (2013). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico para dos aulas móviles del sena*. (tesis de pregrado). Universidad de la Costa, Barranquilla.
- Delta Volt (2017). *Energía Renovable – Solar, Eólica e Hidráulica*. Recuperado de <http://deltavolt.pe/atlas/atlassolar/radiacion-mes>
- Días Corcobado, T. y Carmona Rubio, G. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid, España: McGraw Hill.
- EnerAgen (2007). *Energía solar térmica y fotovoltaica en el marco del Código Técnico de la Edificación*. Pamplona, España: Ayuntamiento de Pamplona.

- Enriquez Fuertez, E. (2013). *Diseño y cálculo de un sistema fotovoltaico autónomo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Focer (2002). *Manual sobre energía renovable : Solar fotovoltaica*. San José, Costa Rica: Bun-Cas
- Gálviz, G. y Gutiérrez, G. (2014). *Proyecto para la implementación de un sistema de generación fotovoltaica para la población wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribia, departamento de la guajira – Colombia* (tesis de pregrado). Universidad Nacional abierta y a distancia, Bogota.
- Guardiola Parera, R. (2008). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica de 1.1 MW* (Tesis de pregrado). Universidad de Valencia, España.
- Hella (marzo, 2012). *Baterías Hella: Funcionamiento y sistema de carga*. 14
- León Álvarez, S. (2015). *Análisis del potencial natural de viento, radiación solar y precipitación pluvial en la universidad tecnológica de pereira* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Méndez Muñiz, J. y Cuervo García, R. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=GZh1DGUQoOUC&oi=fnd&pg=PA13&dq=componentes+de+una+instalación+fotovoltaica&ots=m6ltIYM_He&sig=H8agqunADyCD76O7RZzqzEqSYxw#v=onepage&q&f=false
- Ministerio de Energía y Minas. *Código Nacional de Electricidad* (Suministro 2011). Presentación Foro Regional. MINEM. 2011. Disponible en: <http://www.pqsperu.com/Descargas/NORMAS%20LEGALES/CNE.PDF>
- Ministerio de Energía y Minas (2005). *Especificaciones técnicas y ensayos de los componentes de sistemas fotovoltaicos domésticos hasta 500 Wp* (Informe N° 030-2005). Lima, Perú.
- Nasa (2017). *NASA Surface Meteorology and Solar Energy*. Recuperado de <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets>
- Papadopoulou, E. (2011). *Photovoltaic Industrial Systems*. Berlin, Alemania: Springer.

- Pareja Aparicio, M. (2010). *Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada*. España: Marcombo.
- Perpiñán Lamigueiro , O. (2013). *Energía solar fotovoltaica*. España: Creative Commons.
- Ruiz Hernández, V. y Silva Pérez, M. (2005). *Radiación solar: Medidas y cálculos*. Sevilla, España.
- Santa García, S. (2014). *Diseño de una instalación fotovoltaica autónoma para la finca mis delirio en Pereira_Colombia* (tesis de posgrado). Universidad Pública de Navarra, Pamplona.
- Tan, D. y Kian Seng, A. (2010). *Handbook for Solar Photovoltaic (PV) Systems*. Estados Unidos.
- Valdiviezo Salas, P. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Zedano Quispe, Y. (2016). *Diseño de un sistema fotovoltaico de 150 kw para el suministro de energía eléctrica del distrito de Cocharcas* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Equipos utilizados en las mediciones de la radiación solar

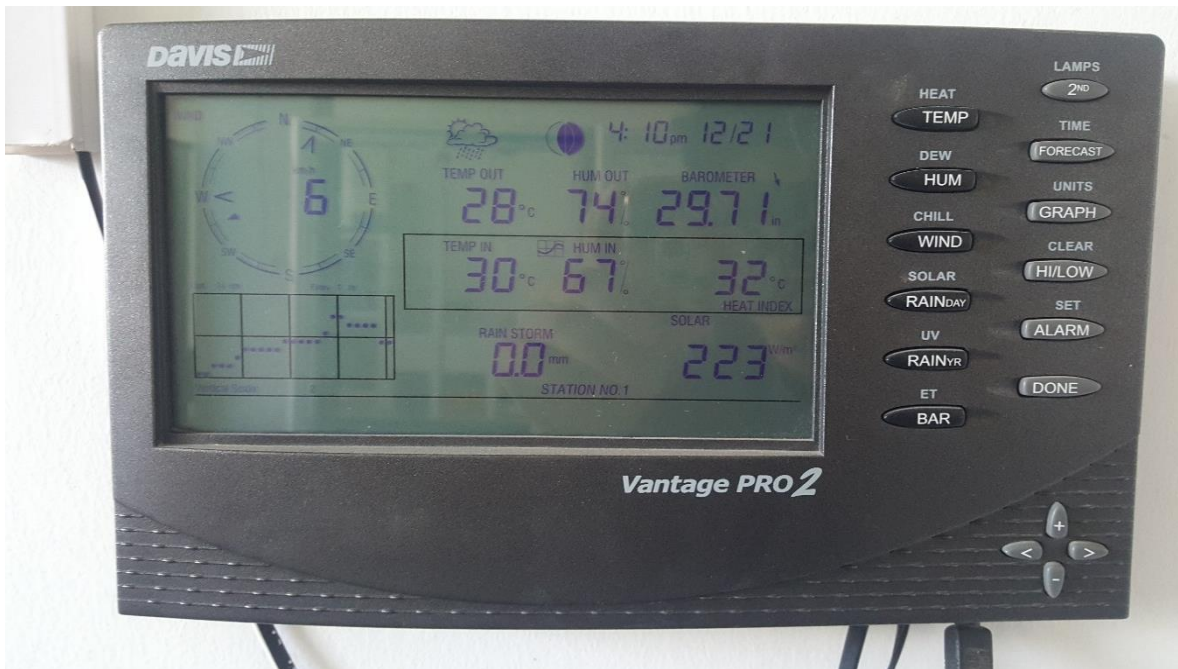


Figura 36. Consola Davis Pro 2

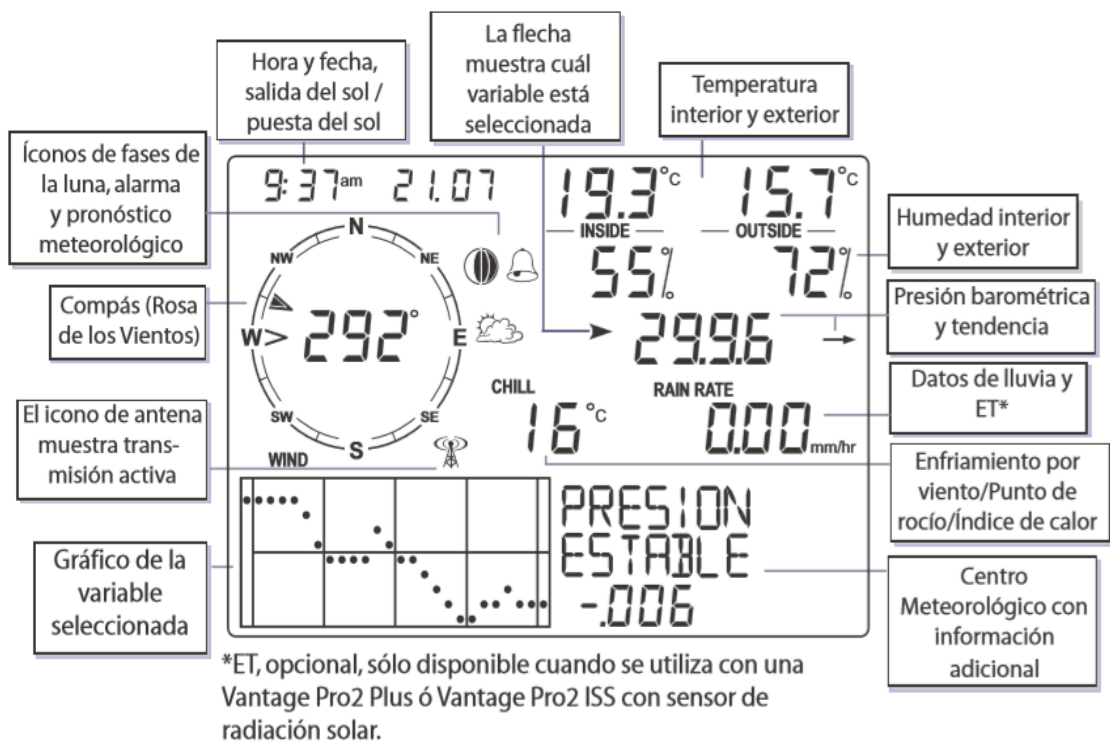


Figura 37. Panel principal



Figura 38. Estación meteorológica de la Universidad Nacional de Jaén

Anexo 2: Mapas solares

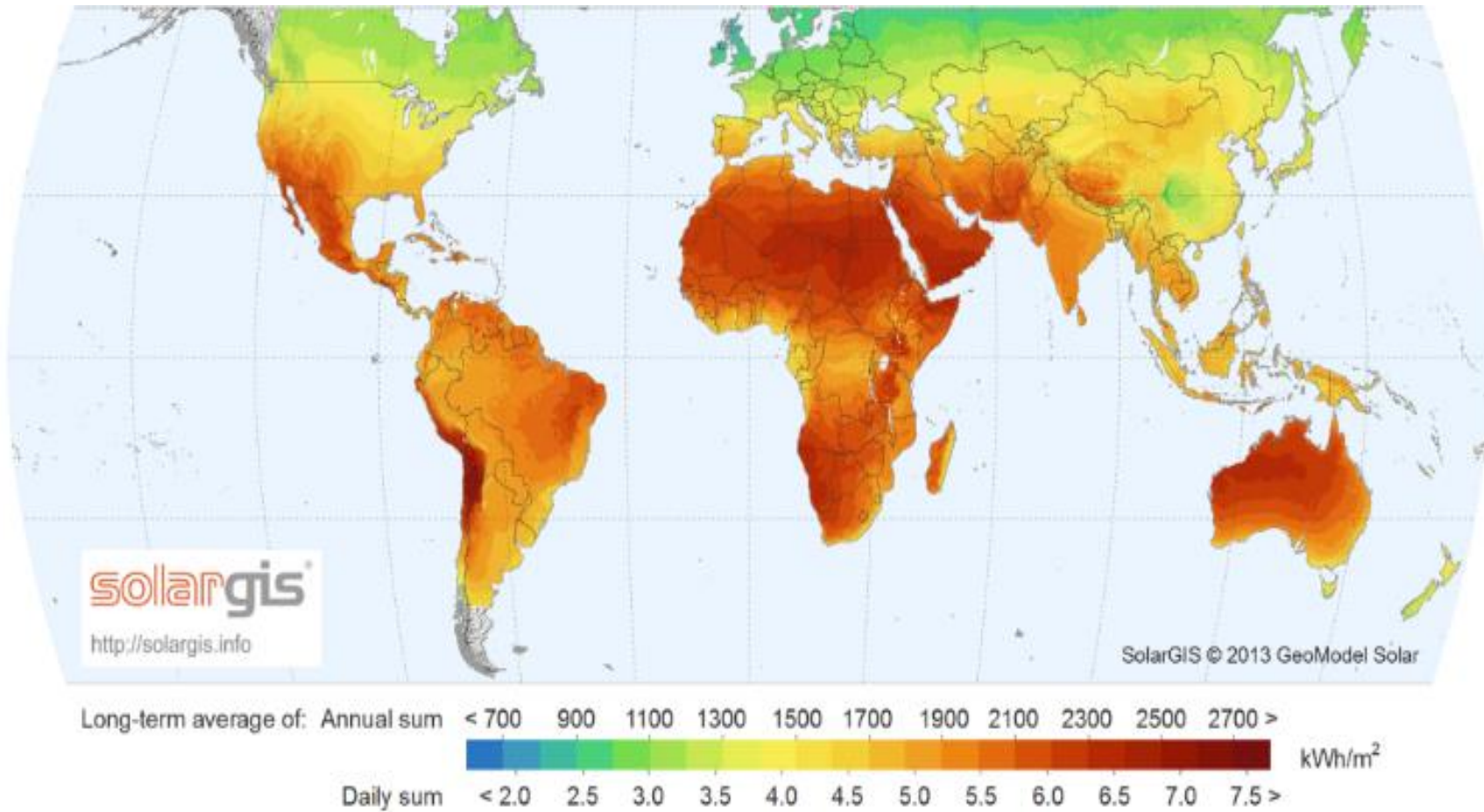


Figura 39. Influencia de los rayos solares en el mundo
Fuente. Bravo y Gamarra, 2016



Figura 40. Influencia de los rayos solares en el Perú
Fuente. Delta Volt, 2018

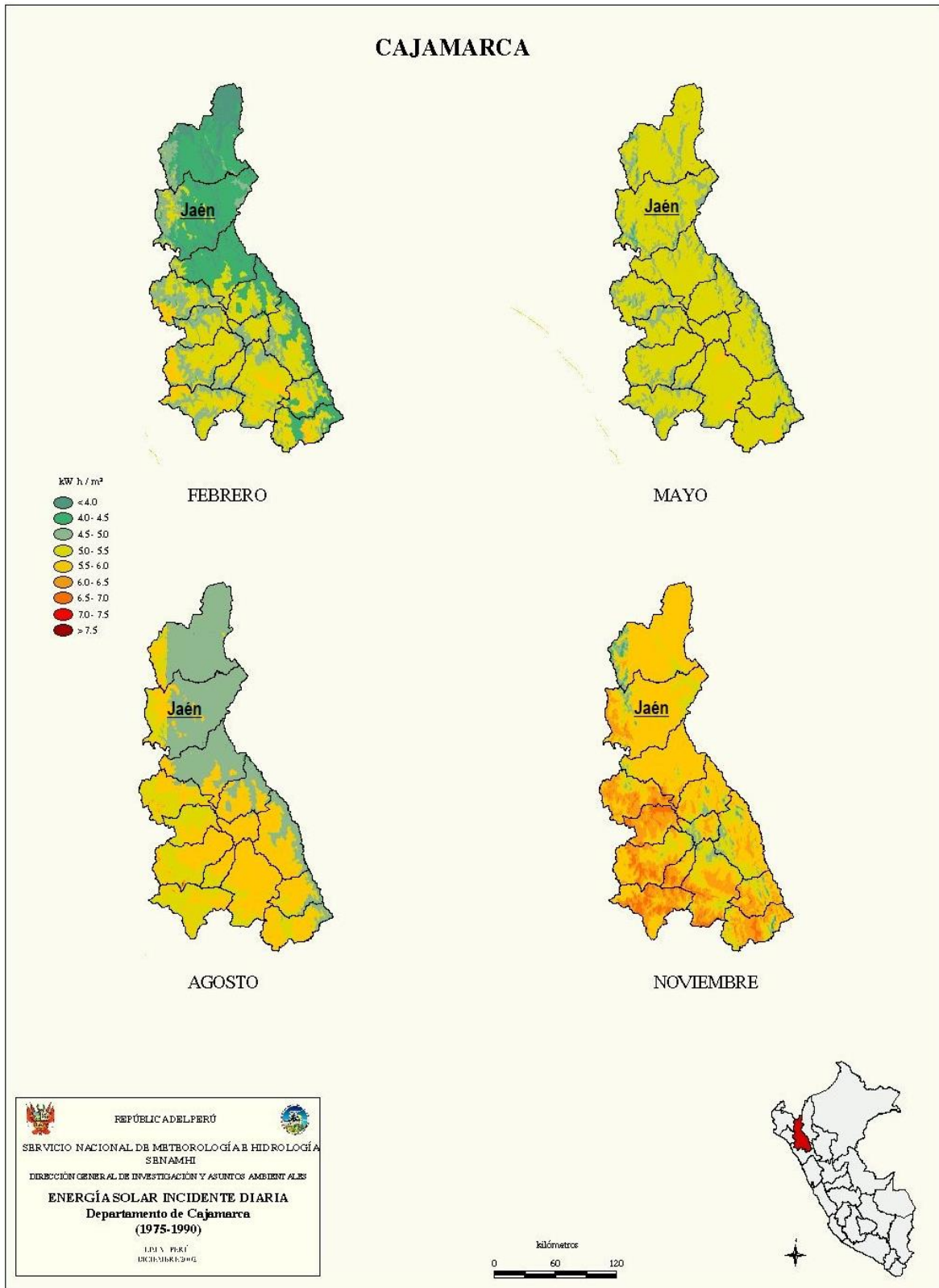


Figura 41. Incidencia del sol en el departamento de Cajamarca
Fuente. Delta Volt, 2018

Anexo 3: Análisis de gastos generales y costos unitarios

Gastos generales

Presupuesto	0501002	DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA A LA SALA DE COMPUTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN
Fecha	19/07/2018	
Moneda	01 NUEVOS SOLES	

GASTOS VARIABLES

12,750.00

PERSONAL PROFESIONAL Y AUXILIAR

Código	Descripción	Unidad	Personas	%Particip.	Tiempo	Sueldo/Jornal	Parcial
01012	Residente de obra	mes	1.00	100.00	1.50	2,500.00	3,750.00
01013	Supervisor de Obra	mes	1.00	100.00	1.50	4,000.00	6,000.00
Subtotal							9,750.00

PERSONAL TECNICO

Código	Descripción	Unidad	Personas	%Particip.	Tiempo	Sueldo/Jornal	Parcial
02003	Almacenero	mes	1.00	100.00	1.50	1,100.00	1,650.00
02006	Guardianes	mes	1.00	100.00	1.50	900.00	1,350.00
Subtotal							3,000.00

Total gastos generales 12,750.00

Precios y cantidades de recursos requeridos (con incidencia)

Obra **1101001 DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA A LA SALA DE COMPUTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN**
 Fecha **01/12/2018**
 Lugar **060801 CAJAMARCA - JAEN - JAEN**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Parcial S/.	% Inc.	
0101010003	OPERARIO	hh	36.7700	805.24	0.0000	
0101010005	PEON	hh	128.1500	2,027.31	0.0000	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	0.1000	0.15	0.0000	
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	0.1000	0.25	0.0000	
0204240030	ABRAZADERA DE ACERO 1/2"	und	30.0000	105.00	0.0000	
0219180002	TUBERIA CUNDUIT DE 1/2" DE DIAMETRO	m	30.0000	255.00	0.0000	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	15.0000	127.50	0.0000	
02310500010001	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 4 mm	pln	6.0000	60.00	0.0000	
0231220002	PANEL SOLAR POLICRISTALINO 335Wp	pza	116.0000	57,251.80	0.0000	
02410200010005	CINTA AISLANTE 3/4" x 20 m	und	288.0000	2,304.00	0.0000	
02461200030005	REGULADOR - CONTROLADOR MPPT - VICTRON ENERGY	pza	7.0000	9,708.51	0.0000	
0251010002	TORNILLOS DE 6mm X 1"	pza	38.4000	153.60	0.0000	
02620400010016	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SCHNEIDER ELECTRIC 445 A.	und	1.0000	220.00	0.0000	
0270120027	INVERSOR CARGADOR QUATTRO VICTRON ENERGY 48/8000 - 220V	pza	1.0000	11,500.00	0.0000	
0272010087	CANAleta PLASTICA DE 1" X 2m	pza	48.0000	144.00	0.0000	
0272040053	CABLE DE COBRE XLPE, 300mm ²	m	98.0000	784.00	0.0000	
0272040054	CABLE DE COBRE XLPE, 240mm ²	m	40.0000	200.00	0.0000	
0290040004	BATERIA TFS U - POWER 12V y 250 Ah	pza	72.0000	86,400.00	0.0000	
02902400040006	BANDEJA DE ACERO PERFORADA 1/2"	pza	50.0000	822.00	0.0000	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		95.70	0.0000	
04000100010015	SC MANTENIMIENTO DE TRANSITO PEATONAL Y SEGURIDAD	glb	2.0000	1,000.00	0.0000	
04020100020004	CASETA DE ALMACEN, GUARDIANIA Y OFICINA	mes	1.0000	900.00	0.0000	
04240100010001	SC MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb	4.0000	2,000.00	0.0000	
TOTAL				S/.	176,864.06	

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1101001 DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA A LA SALA DE COMPUTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN	Fecha presupuesto	25/12/2018			
Subpresupuesto	001 DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO					
Partida	01.01 CASETA DE ALMACEN, GUARDIANIA Y OFICINA					
Rendimiento	mes/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : mes	900.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Subcontratos					
04020100020004	CASETA DE ALMACEN, GUARDIANIA Y OFICINA	mes		1.0000	900.00	900.00
					900.00	
Partida	01.02 CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60Mx2.40M					
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000		EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und	223.42
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh		0.0125	0.1000	21.90
0101010005	PEON	hh		0.2500	2.0000	15.82
						33.83
	Materiales					
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg			0.1000	1.50
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg			0.1000	2.50
0231010001	MADERA TORNILLO	p2			15.0000	8.50
02310500010001	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 4 mm	pln			6.0000	10.00
						187.90
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			5.0000	33.83
						1.69
Partida	01.03 MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.0000		EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb	1,000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Subcontratos					
04000100010015	SC MANTENIMIENTO DE TRANSITO PEATONAL Y SEGURIDAD	glb			2.0000	500.00
						1,000.00
Partida	02.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS					
Rendimiento	glb/DIA	MO. 1.0000		EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb	1,000.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Subcontratos					
04240100010001	SC MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb			2.0000	500.00
						1,000.00
Partida	03.01 INSTALACION DE SOPORTE PARA MODULO					
Rendimiento	pza/DIA	MO. 80.0000		EQ. 80.0000	Costo unitario directo por : pza	2.22
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh		0.2500	0.0250	21.90
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.1000	15.82
						2.13
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4.0000	2.13
						0.09

Partida	03.02	INSTALACION DE MODULOS				Costo unitario directo por : pza	494.64
Rendimiento	pza/DIA	MO. 80.0000	EQ. 80.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		0.1250	0.0125	21.90	0.27
0101010005	PEON	hh		0.5000	0.0500	15.82	0.79
						1.06	
	Materiales						
0231220002	PANEL SOLAR POLICRISTALINO 335Wp	pza			1.0000	493.55	493.55
						493.55	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	1.06	0.03
						0.03	
Partida	03.03	TUBERIA CONDUIT 1/2", HABRAZADERA Y SOPORTE				Costo unitario directo por : pza	13.87
Rendimiento	pza/DIA	MO. 85.0000	EQ. 85.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		0.1063	0.0100	21.90	0.22
0101010005	PEON	hh		1.0625	0.1000	15.82	1.58
						1.80	
	Materiales						
0204240030	ABRAZADERA DE ACERO 1/2"	und			1.0000	3.50	3.50
0219180002	TUBERIA CUNDUIT DE 1/2" DE DIAMETRO	m			1.0000	8.50	8.50
						12.00	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4.0000	1.80	0.07
						0.07	
Partida	03.04	INSTALACION Y EQUIPAMIENTO DE TABLERO DE CONEXION				Costo unitario directo por : pza	3.55
Rendimiento	pza/DIA	MO. 50.0000	EQ. 50.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		0.2500	0.0400	21.90	0.88
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.1600	15.82	2.53
						3.41	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4.0000	3.41	0.14
						0.14	
Partida	03.05	CABLEADO Y CONEXION				Costo unitario directo por : m	10.21
Rendimiento	m/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		0.5000	0.0400	21.90	0.88
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.0800	15.82	1.27
						2.15	
	Materiales						
0272040053	CABLE DE COBRE XLPE, 300mm2	m			1.0000	8.00	8.00
						8.00	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	2.15	0.06
						0.06	

Partida	04.01	BANDEJA PERFORADA						
Rendimiento	m/DIA	MO. 16.0000	EQ. 16.0000			Costo unitario directo por : m	34.04	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh		0.1000	0.0500	21.90	1.10	
0101010005	PEON	hh		2.0000	1.0000	15.82	15.82	
						16.92		
	Materiales							
02902400040006	BANDEJA DE ACERO PERFORADA 1/2"	pza			1.0000	16.44	16.44	
						16.44		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4.0000	16.92	0.68	
						0.68		
Partida	04.02	INSTALACIÓN DEL REGULADOR						
Rendimiento	pza/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000			Costo unitario directo por : pza	1,389.17	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh		0.5000	0.0400	21.90	0.88	
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.0800	15.82	1.27	
						2.15		
	Materiales							
02461200030005	REGULADOR - CONTROLADOR MPPT - VICTRON ENERGY	pza			1.0000	1,386.93	1,386.93	
						1,386.93		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4.0000	2.15	0.09	
						0.09		
Partida	04.03	INSTALACIÓN DEL INVERSOR						
Rendimiento	pza/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000			Costo unitario directo por : pza	11,502.24	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh		0.5000	0.0400	21.90	0.88	
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.0800	15.82	1.27	
						2.15		
	Materiales							
0270120027	INVERSOR CARGADOR QUATTRO VICTRON ENERGY 48/8000 - 220V	pza			1.0000	11,500.00	11,500.00	
						11,500.00		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4.0000	2.15	0.09	
						0.09		
Partida	04.04	INSTALACION DE LA BATERIA						
Rendimiento	pza/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000			Costo unitario directo por : pza	1,234.24	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh		0.5000	0.0400	21.90	0.88	
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.0800	15.82	1.27	
						2.15		
	Materiales							
02410200010005	CINTA AISLANTE 3/4" x 20 m	und			4.0000	8.00	32.00	
0290040004	BATERIA TFS U - POWER 12V y 250 Ah	pza			1.0000	1,200.00	1,200.00	
						1,232.00		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4.0000	2.15	0.09	
						0.09		

Partida	04.05	CABLEADO Y CONEXION DE INVERSOR					
Rendimiento	m/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000		Costo unitario directo por : m	7.32	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		0.5000	0.0267	21.90	0.58
0101010005	PEON	hh		2.0000	0.1067	15.82	1.69
						2.27	
	Materiales						
0272040054	CABLE DE COBRE XLPE, 240mm2	m			1.0000	5.00	5.00
						5.00	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			2.0000	2.27	0.05
						0.05	
Partida	05.01	INSTALACION DE SOPORTE DE CANALETAS					
Rendimiento	pza/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : pza	33.77	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		0.0625	0.5000	21.90	10.95
0101010005	PEON	hh		0.1250	1.0000	15.82	15.82
						26.77	
	Materiales						
0251010002	TORNILLOS DE 6mm X 1"	pza			0.8000	4.00	3.20
0272010087	CANAleta PLASTICA DE 1" X 2m	pza			1.0000	3.00	3.00
						6.20	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	26.77	0.80
						0.80	
Partida	05.02	INSTALACION Y EQUIPAMIENTO DE TABLERO					
Rendimiento	pza/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000		Costo unitario directo por : pza	222.24	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		0.5000	0.0400	21.90	0.88
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.0800	15.82	1.27
						2.15	
	Materiales						
02620400010016	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SCHNEIDER ELECTRIC 445 A.	und			1.0000	220.00	220.00
						220.00	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4.0000	2.15	0.09
						0.09	
Partida	05.03	CABLEADO Y CONEXION					
Rendimiento	m/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000		Costo unitario directo por : m	10.21	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh		0.5000	0.0400	21.90	0.88
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.0800	15.82	1.27
						2.15	
	Materiales						
0272040053	CABLE DE COBRE XLPE, 300mm2	m			1.0000	8.00	8.00
						8.00	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	2.15	0.06
						0.06	

Anexo 4: Especificaciones técnicas de los equipos del sistema fotovoltaico

Fabricación europea

Made in Europe

SERIE TFS & RS

AGM CICLO PROFUNDO

Características

- Tecnología AGM.
- Diseño de vida extremadamente alto en uso cíclico.
- Clasificación EUROBAT: 12 + Larga Vida.
- Baterías VRLA, sin mantenimiento, 99% eficiencia en la recombinación interna de gases.
- Fácil instalación y comprobación.
- Carcasa de ABS V0, retardante de llama.
- Batería 100% reciclable.

Aplicaciones

Energía fotovoltaica, auto caravanas, caravanas, barcos, carretillas elevadoras, plataformas elevadoras, vehículos eléctricos, barredoras, fregadoras, elevadores, apiladores, luminarias de carretera.

DEEP CYCLE AGM

Main Features

- AGM technology.
- Extremely high cyclic life.
- EUROBAT classification; 12+ years design life, Long Life.
- VRLA batteries, maintenance free, internal gas recombination efficiency 99%.
- Easy installation and commissioning.
- ABS V0 (flame retardant) container and lid.
- Battery 100% recyclable.

Main uses

Solar energy systems, mobile homes, street solar lighting, vessels, fork lifts, lifting platforms, electrical vehicles, sweepers, scrubbing machines, electric stackers, etc.

Model	Nominal Voltage (V)	Rated Capacity (AH) 10HR	Dimension								Weight kg	I.R.	Terminal type
			Length		Width		Height		Total Height				
			mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.			
UP-TFS250-12	12	250	555	21.8	125	4.9	320	12.6	320	12.6	57.3	4.03	1+1 FA
UP-RS250-6	6	255	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	35.0	1.4	1+1 TA
UP-RS388-4	4	388	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	36.0	0.81	1+1 TA
UP-RS500-2	2	500	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	28.5	0.39	2+2 FA
UP-RS625-2	2	625	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	32.0	0.35	2+2 FA
UP-RS775-2	2	775	386	15.3	168	6.7	232	9.1	232	9.1	36.0	0.31	2+2 TA

* Las medidas y especificaciones están sujetas a modificaciones sin previo

* Technical specifications may be change without any notice,



Figura 42. Batería TFS U-Power

Eagle 1500V 72

315-335 Watos

MÓDULO POLICRISTALINO

Tolerancia positiva 0/+3%

Fabrica con certificación ISO9001:2008,
ISO14001:2004, OHSAS18001

Productos con certificación IEC61215, IEC61730









(4BB)





Principales características

- 
Tensión del sistema:
 Permite una tensión máxima del sistema de 1500V e incrementar hasta en un 50% el número de módulos por string reduciendo el BOS.
- 
Célula solar 4 bus bar:
 La célula solar 4 bus bar adopta una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de los módulos, ofrece un mejor aspecto estético, lo que es perfecto para su instalación en los tejados.
- 
Potencia Elevada:
 Los módulos de 72 células policristalinos alcanzan potencias de hasta 335Wp.
- 
Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):
 El módulo Eagle resiste satisfactoriamente el test de PID para una tensión del sistema de 1500V bajo condiciones de 60°C/85%RH asegurando su funcionamiento en condiciones extremas y la generación de energía a través de una tecnología resistente a la alta tensión.
- 
Rendimiento con baja irradiación lumínica:
 El avance cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permite un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.
- 
Resistencia en condiciones climáticas adversas:
 Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (5.400 Pascal).
- 
Resistencia en condiciones ambientales extremas:
 Alta resistencia a la brisa marina y al amoníaco, certificado por TÜV NORD.
- 
Coefficiente de Temperatura:
 El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía de producto • 25 Años de garantía de potencia lineal

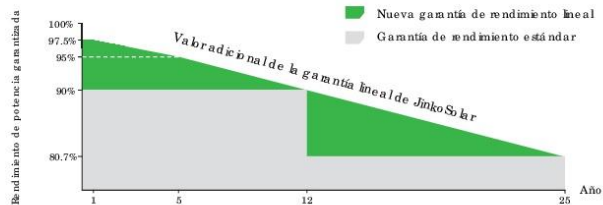
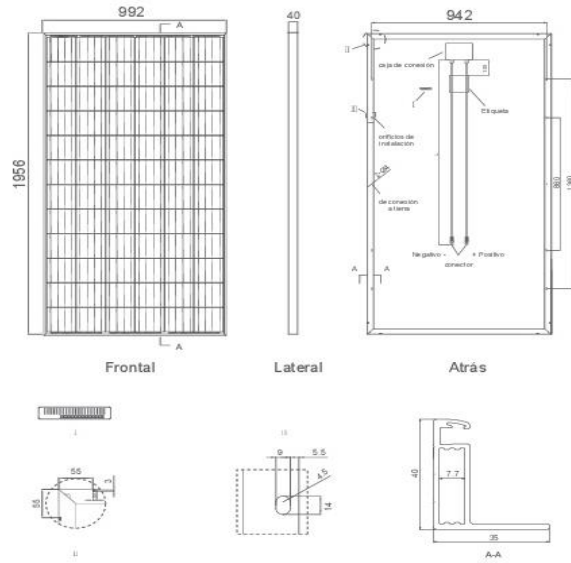


Figura 43. AE PowerPlus Module de 335 Wp policristalino

Dibujos técnicos

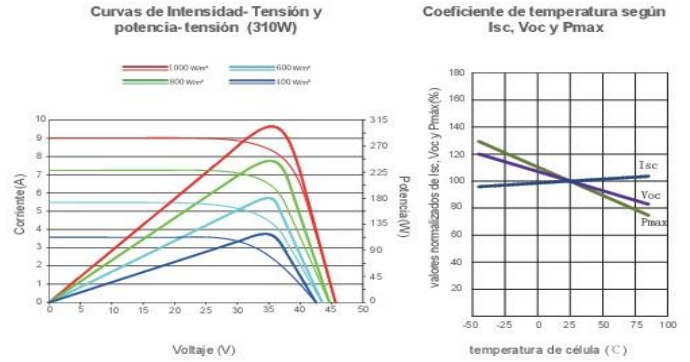


Embalaje

(Dos cajas = un palet)

26 pzs./caja, 52 pzs./caja, 624 pzs./40 'HQ contenedores

Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



Características mecánicas

Tipo de célula	Policristalina 156×156 mm (6 pulgadas)
Nº de células	72 (6×12)
Dimensiones	1956×992×40mm (77,01×39,05×1,57 pulgadas)
Peso	26,5 kg (58,4 libras.)
Vidrio frontal	4,0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1×4,0 mm ² , longitud:900 mm o Longitud personalizada

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	JKM315PP-72-V		JKM320PP-72-V		JKM325PP-72-V		JKM330PP-72-V		JKM335PP-72-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (P _{máx})	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp	325Wp	242Wp	330Wp	246Wp	335Wp	250Wp
Tensión en el punto P _{máx} -VMPP (V)	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V
Corriente en el punto P _{máx} -IMPP (A)	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A	8.66A	6.91A	8.74A	6.97A	8.82A	7.02A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V	46.7V	44.0V	46.9V	44.2V	47.2V	44.4V
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A	9.14A	7.38A	9.18A	7.43A
Eficiencia del módulo (%)	16.23%		16.49%		16.75%		17.01%		17.26%	
Temperatura de funcionamiento (°C)	-40°C~+85°C									
Tensión máxima del sistema	1500VDC (IEC)									
VALORES máximos recomendados de los fusibles	15A									
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+3%									
Coefficiente de temperatura de P _{MÁX}	-0.40%/°C									
Coefficiente de temperatura de VOC	-0.30%/°C									
Coefficiente de temperatura de ISC	0.06%/°C									
TEMPERATURA operacional nominal de célula	45±2°C									

STC: Radiación 1000 W/m² Célula módulo 25°C AM=1.5

NOCT: Radiación 800 W/m² Ambiente módulo 20°C AM=1.5 Velocidad del viento 1m/s

* TOLERANCIA de medición de potencia: ± 3%

Figura 44. Especificaciones técnicas del panel AE PowerPlus

SmartSolar Charge Controllers with screw- or MC4 PV connection MPPT 150/85 & MPPT 150/100

www.victronenergy.com

Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Especially in case of a clouded sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30% compared to PWM charge controllers and by up to 10% compared to slower MPPT controllers.

Advanced Maximum Power Point Detection In case of partial shading conditions

If partial shading occurs, two or more maximum power points may be present on the power-voltage curve. Conventional MPPTs tend to lock to a local MPP, which may not be the optimum MPP. The innovative SmartSolar algorithm will always maximize energy harvest by locking to the optimum MPP.

Outstanding conversion efficiency

No cooling fan. Maximum efficiency exceeds 98%.

Flexible charge algorithm

Fully programmable charge algorithm (see the software page on our website), and eight pre-programmed algorithms, selectable with a rotary switch (see manual for details).

Extensive electronic protection

Over-temperature protection and power derating when temperature is high.

PV short circuit and PV reverse polarity protection.

PV reverse current protection.

Internal temperature sensor

Compensates absorption and float charge voltage for temperature.

Bluetooth Smart built-in: dongle not needed

The wireless solution to set-up, monitor and update the controller using Apple and Android smartphones, tablets or other devices.

VE.Direct

For a wired data connection to a Color Control panel, Venus GX, PC or other devices

Remote on-off

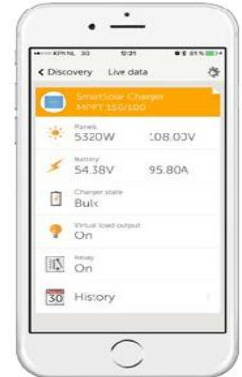
To connect for example to a VE.BUS BMS.

Programmable relay

Can be programmed (a.o. with a smartphone) to trip on an alarm, or other events.

Optional: pluggable LCD display

Simply remove the rubber seal that protects the plug on the front of the controller, and plug-in the display.



**SmartSolar Charge Controller
MPPT 150/100-Tr
with pluggable display**



**SmartSolar Charge Controller
MPPT 150/100-MC4
without display**

SmartSolar Charge Controller	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Battery voltage	12 / 24 / 48V Auto Select (software tool needed to select 36V)	
Rated charge current	85A	100A
Maximum PV power, 12V 1 a,b)	1200W	1450W
Maximum PV power, 24V 1 a,b)	2400W	2900W
Maximum PV power, 48V 1 a,b)	4900W	5800W
Max. PV short circuit current 2)	70A	70A
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum	
Maximum efficiency	98%	
Self-consumption	Less than 35 mA @ 12V / 20mA @ 48V	
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (adjustable with: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)	
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (adjustable: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)	
Charge algorithm	multi-stage adaptive	
Temperature compensation	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C	
Protection	Battery reverse polarity (fuse, not user accessible) PV reverse polarity / Output short circuit / Over temperature	
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)	
Humidity	95%, non-condensing	
Data communication port	VE.Direct or Bluetooth	
Remote on/off	Yes (2 pole connector)	
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC	
Parallel operation	Yes (not synchronized)	

ENCLOSURE

Colour	Blue (RAL 5012)	
PV terminals 3)	35 mm ² / AWG2 (Tr models)	Three sets of MC4 connectors (MC4 models)
Battery terminals	35 mm ² / AWG2	
Protection category	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)	
Weight	4,5kg	
Dimensions (h x w x d) in mm	Tr models: 216 x 295 x 103 MC4 models: 246 x 295 x 103	

STANDARDS

Safety	EN/IEC 62109	
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power to the stated maximum.		
1b) The PV voltage must exceed Vbat + 5V for the controller to start.		
Thereafter the minimum PV voltage is Vbat + 1V.		
2) A PV array with a higher short circuit current may damage the controller in case of reverse polarity connection of the PV array.		
3) MC4 models: several splitter pairs may be needed to parallel the strings of solar panels.		
Maximum current per MC4 connector: 30A (the MC4 connectors are parallel connected to one MPPT tracker)		

Figura 45. Controlador MPPT-Victron Energy

Inversor/cargador Quattro

3kVA - 15kVA

compatible con baterías de Lítio-Ion

www.victronenergy.com



Quattro
48/5000/70-100/100



Quattro
48/15000/200-100/100

Dos entradas CA con conmutador de transferencia integrado

El Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, por ejemplo a la toma de puerto o a un generador, o a dos generadores. Se conectará automáticamente a la fuente de alimentación activa.

Dos salidas CA

La salida principal dispone de la funcionalidad "no-break" (sin interrupción). El Quattro se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la toma de puerto/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando una de las entradas del Quattro tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 unidades Quattro pueden funcionar en paralelo. Seis unidades 48/10000/140, por ejemplo, darán una potencia de salida de 48kW / 60kVA y una capacidad de carga de 840 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico

Se pueden configurar tres unidades para salida trifásica. Pero eso no es todo: hasta 6 grupos de tres unidades pueden conectarse en paralelo para lograr una potencia del inversor de 144 kW/180 kVA y más de 2500 A de capacidad de carga.

PowerControl - En caso de potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red

El Quattro es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la toma de puerto (hasta 16 A por cada Quattro de 5 kVA a 230 VCA). Se puede establecer un límite de corriente para cada una de las entradas CA. Entonces, el Quattro tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga de baterías, evitando así sobrecargar el generador o la red eléctrica.

PowerAssist - Refuerzo de la potencia del generador o de la toma de puerto

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión, permitiendo que Quattro complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el Quattro compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón

El Quattro puede utilizarse en sistemas FV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos.

Hay disponible software de detección de falta de suministro.

Configuración del sistema

- En el caso de una aplicación autónoma, si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP.
- Las aplicaciones en paralelo o trifásicas pueden configurarse con el software VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator.
- Las aplicaciones no conectadas a la red, que interactúan con la red y de autoconsumo que impliquen inversores conectados a la red y/o cargadores solares MPPT pueden configurarse con Asistentes (software específico para aplicaciones concretas).

Seguimiento y control in situ

Hay varias opciones disponibles: Monitor de baterías, panel Multi Control, panel Ve.Net Blue Power, panel Color Control smartphone o tableta (Bluetooth Smart), portátil u ordenador (USB o RS232).

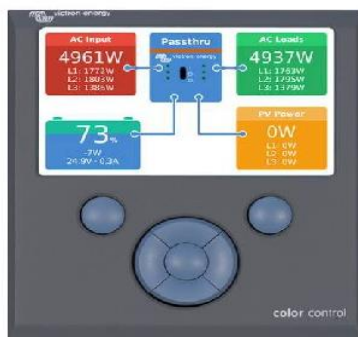
Seguimiento y control a distancia

Victron Ethernet Remote, Venus GX y panel Color Control.

Los datos se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).

Configuración a distancia

Se puede acceder a los datos y cambiar los ajustes de los sistemas con un panel Color Control si está conectado a Ethernet.



Panel Color Control con una aplicación FV

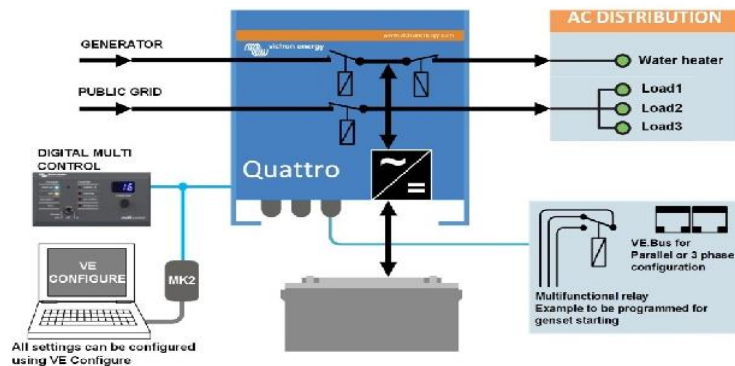


Figura 46. Inversor/Cargador Quattro

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Sí				
Conmutador de transferencia integrado	Sí				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	45 / 50	55	80
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	30 / 30	35	50
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	10 / 20	20	30
CARGADOR					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
GENERAL					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 VCA	Bornes de tornillo de 13 mm. ² (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	45	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
		444 x 328 x 240 444 x 328 x 240			
NORMATIVAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emisiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antiisla	Visite nuestra página web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V 60 Hz si se solicita	3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 4) A 25 ° C de temperatura ambiente 5) Se desconecta sin hay fuente CA externa disponible 6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como función de alarma general, subtensión CC o arranque del generador Capacidad nominal CA 230 V/4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC				
2) Claves de protección:					
a) cortocircuito de salida					
b) sobrecarga					
c) tensión de la batería demasiado alta					
d) tensión de la batería demasiado baja					
e) temperatura demasiado alta					
f) 230 VCA en la salida del inversor					
g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta					

Figura 47. Especificaciones técnicas del Inversor/Cargador Quattro

Anexo 5: Planos de la instalación solar fotovoltaica

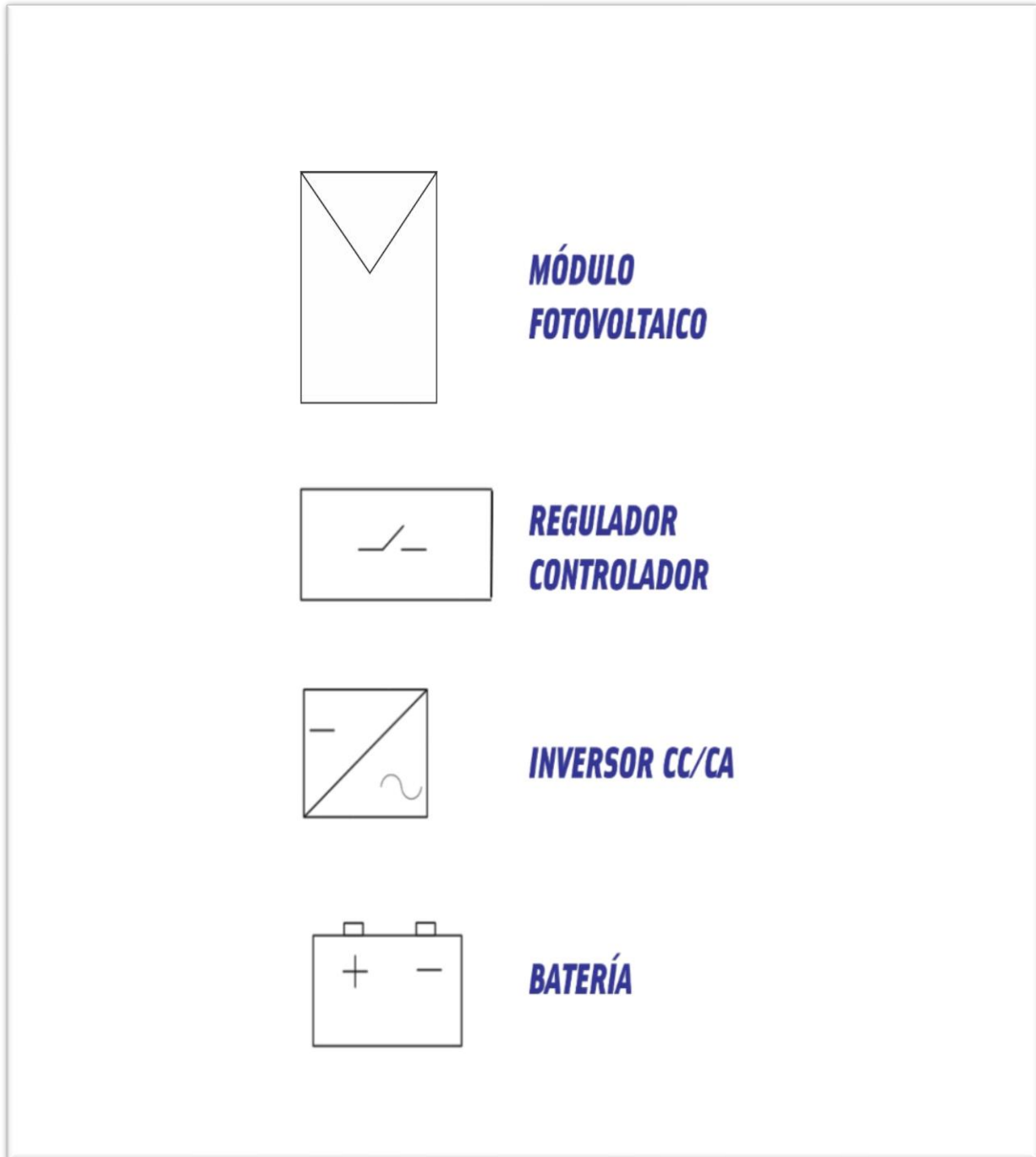


Figura 48. Símbolos utilizados en el diseño
Fuente. Acevedo, 2016

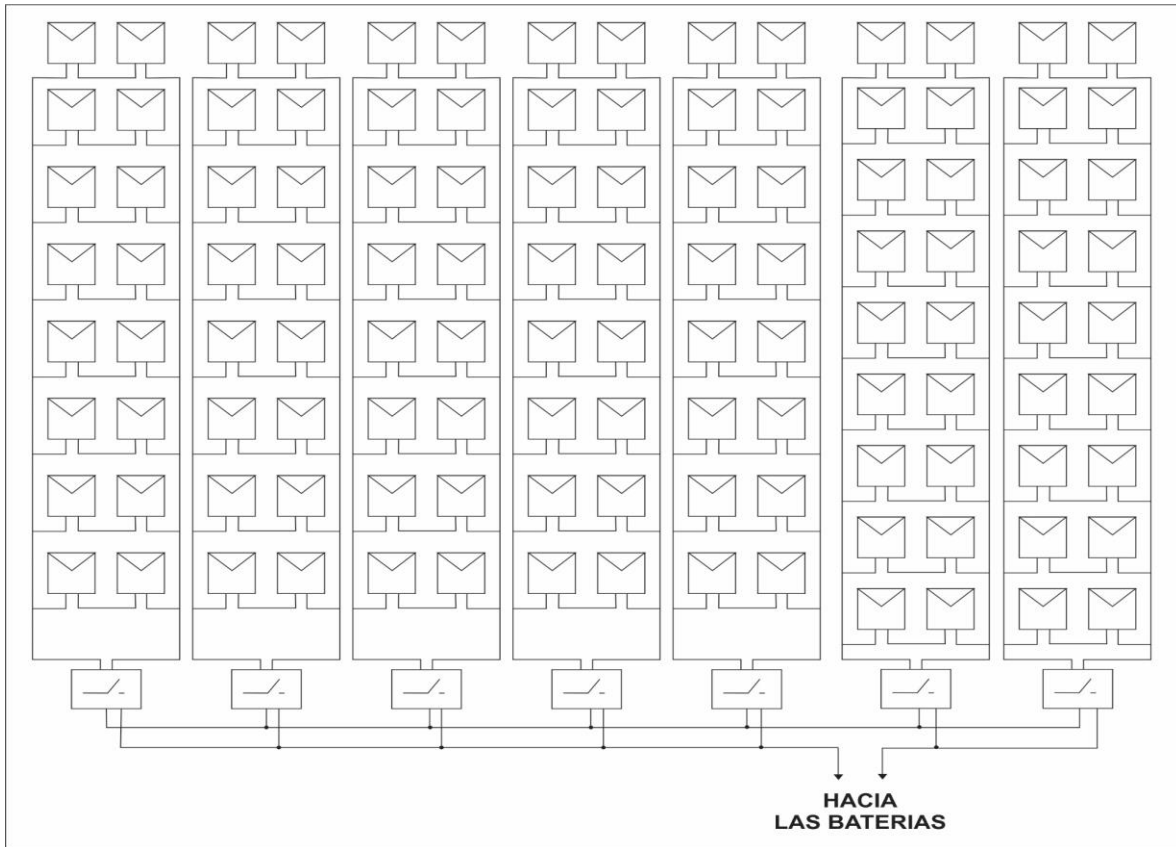


Figura 49. Esquema de conexión de los paneles y el controlador

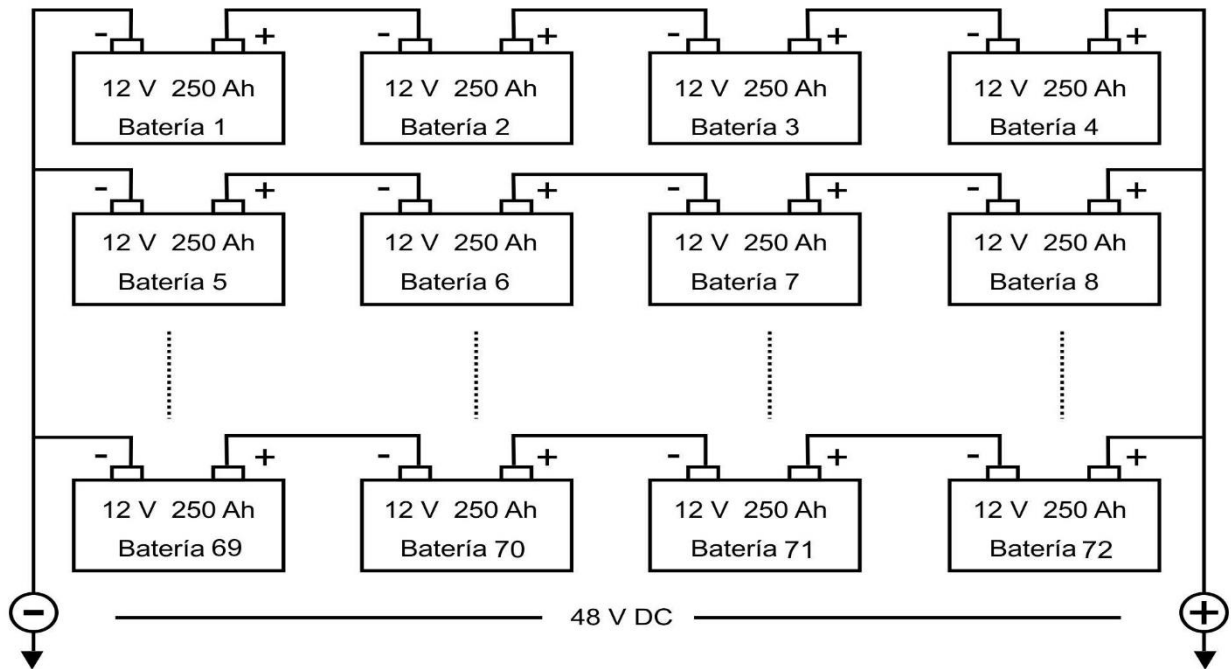


Figura 50. Esquema de conexión de las baterías

CONEXIÓN REGULADOR - CONTROLADOR

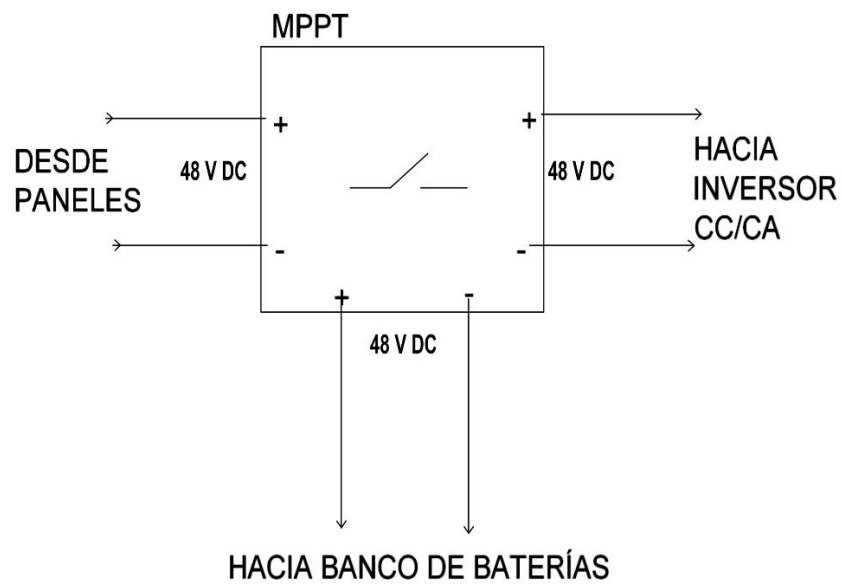


Figura 51. Esquema de conexión del regulador-contralador

CONEXIÓN INVERSOR CC/CA

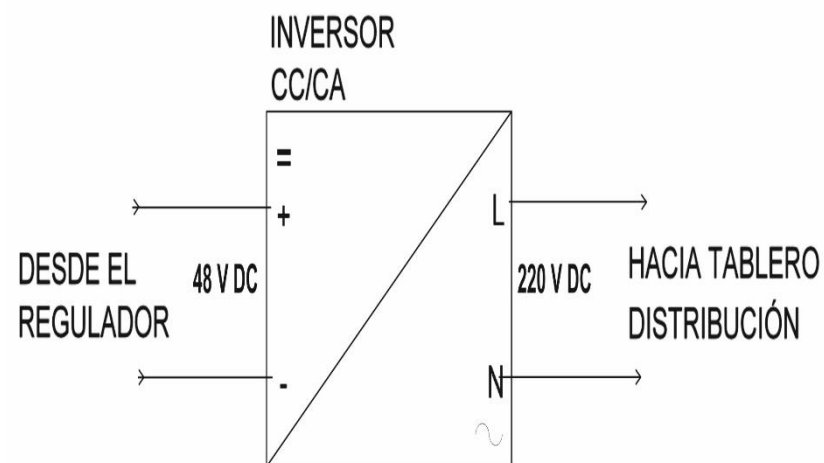


Figura 52. Esquema de conexión del inversor