

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y

Mecatrónica



**“DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO PARA
SUMINISTRAR DE ENERGÍA ELÉCTRICA LA LOCALIDAD DE PATAHUASI -
PAMPA CAÑAHUAS “**

Tesis presentada por el bachiller:

Quintanilla Rodríguez,

Alexander Mauricio

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico – Electricista

Asesor:

Dr. Gordillo Andia, Carlos

Arequipa–Perú

2020



Universidad Católica
de Santa María

(51 54) 382038 • <http://www.ucsm.edu.pe> • [facebook.com/ucsm.edu.pe/](https://www.facebook.com/ucsm.edu.pe/)

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO
AISLADO PARA SUMINISTRAR DE ENERGIA
ELECTRICA LA LOCALIDAD DE PATAHUASI –
PAMPA CAÑAHUAS”**

Presentado por el Bachiller:

QUINTANILLA RODRIGUEZ ALEXANDER MAURICIO

Nuestro **DICTAMEN** es:

APROBADO

OBSERVACIONES:

ABSUELTO

Arequipa, *08/Enm* 20*20*

ING. CARLOS GORDILLO ANDIA

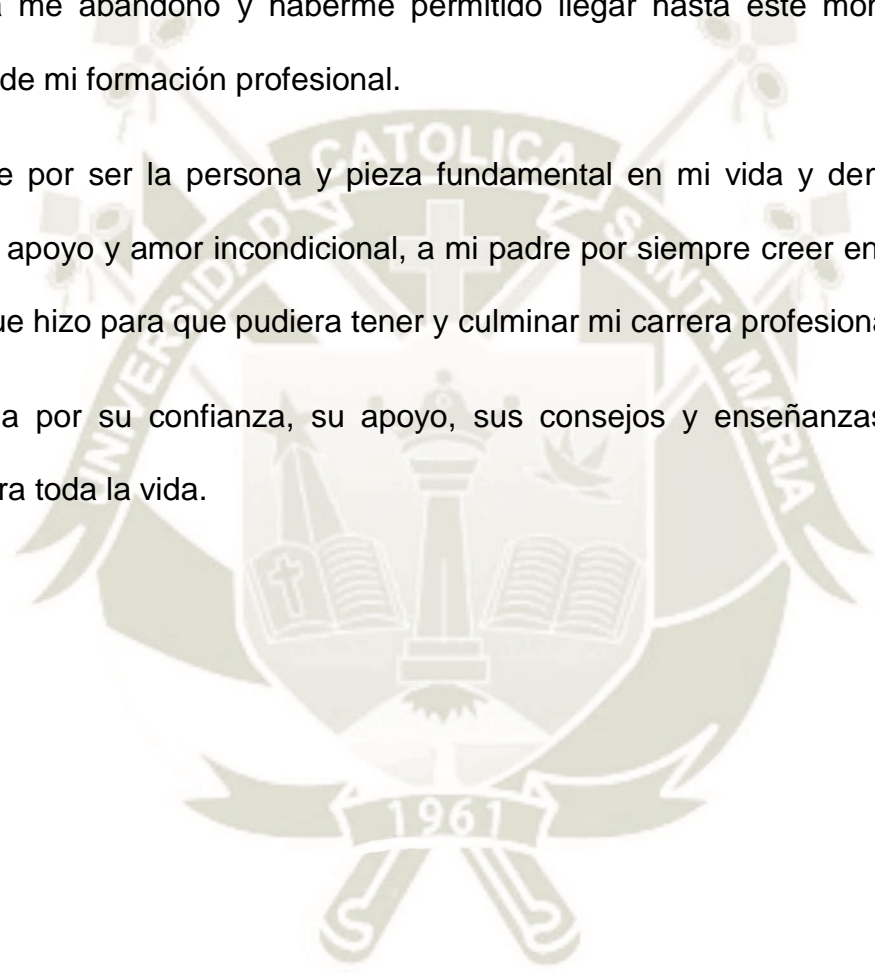
ING. VICTOR RIVERA ACOSTA
2308

DEDICATORIA

A Dios porque creo en él, porque a pesar de las adversidades y obstáculos que tuve nunca me abandonó y haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre por ser la persona y pieza fundamental en mi vida y demostrarme siempre su apoyo y amor incondicional, a mi padre por siempre creer en mí por el esfuerzo que hizo para que pudiera tener y culminar mi carrera profesional.

A mi familia por su confianza, su apoyo, sus consejos y enseñanzas que me servirán para toda la vida.



RESUMEN

La presente Tesis tiene como objetivo diseñar un Sistema Solar Fotovoltaico Aislado para suministrar de energía eléctrica la localidad de PATAHUASI – PAMPA CAÑAHUAS, se tomó como base el número de pobladores del lugar y su consumo eléctrico plasmándolo en un cuadro de cargas general, obteniendo un consumo de energía total de 325.86 kWh/día.

Seguidamente se procedió a determinar el campo fotovoltaico, realizando en el proceso diferentes comparaciones de las mejores tecnologías y de esta manera seleccionar los componentes más adecuados para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Finalmente realizando el análisis económico y la viabilidad del diseño, se arribó a la conclusión que con la propuesta de emplear paneles solares Policristalinos y baterías de Plomo- Ácido obtuvimos el mejor Valor Actual Neto (VAN) siendo este de S/. 442645.07, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 5% y un periodo de recuperación de la inversión de 17 años.

Palabras claves:

Sistemas Fotovoltaicos, Energía Solar Renovable, kW, Radiación Solar

ABSTRACT

The objective of this Thesis is to design an Isolated Photovoltaic Solar System to supply the locality of PATAHUASI - PAMPA CAÑAHUAS with electricity, the number of inhabitants of the place and their electricity consumption were taken as a basis, showing it in a general load chart, obtaining a consumption of total energy of 325.86 kWh / day.

Next, the photovoltaic field was determined, making in the process different comparisons of the best technologies and thus selecting the most appropriate components to guarantee the correct operation of the system.

Finally, carrying out the economic analysis and the feasibility of the design, it was concluded that with the proposal to use Polycrystalline solar panels and Lead-Acid batteries, we obtained the best Net Present Value (NPV), this being S /. 442645.07, an Internal Rate of Return (IRR) of 5% and a payback period of 17 years.

Keywords:

Photovoltaic Systems, Renewable Solar Energy, kW, Solar Radiation

INTRODUCCIÓN

Debido a la accidentada geografía peruana y en ella las dispersas poblaciones es dificultoso tener una cobertura eléctrica en su totalidad. Nuestro país viene realizando notables esfuerzos en disminuir la brecha de electrificación.

Parte de este trabajo se basa en generación de energía eléctrica mediante energías renovables. Un ejemplo claro de estas iniciativas es el Programa de Electrificación rural con energía renovable (PERER-BID (GRT/NV-14258-BO)) que busca beneficiar hasta el 2018 cinco mil familias en La Paz, Potosí, Oruro y Santa Cruz por medio de sistemas fotovoltaicos, con un financiamiento de 5,2 millones de dólares.

Teniendo como referencia, lo que se busca en el siguiente diseño de un Sistema Solar Fotovoltaico es electrificar la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas la cual se encuentra aislada de la Red de tal manera se consiga un mejor desarrollo tanto para la localidad como para los habitantes del mismo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
CAPÍTULO I.....	1
1. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Identificación del problema	1
1.2 Descripción del problema	2
1.4 Justificación del estudio	3
1.4.1 Justificación técnica	3
1.4.2 Justificación social	3
1.4.3 Justificación económica	3
1.4.4 Justificación ambiental	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
1.6 Alcances de la propuesta	4
1.7 Limitantes de desarrollo	5
1.7.1 Espacio disponible	5
1.7.2 Inversión	5
1.7.3 Producción energética	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Energía solar fotovoltaica	6
2.2 Recurso solar	9
2.2.1 Radiación solar sobre la tierra	10
2.3 Configuración de un sistema fotovoltaico	14
2.3.1 Sistema aislado	14
2.3.2 Sistema conectado a la red	15

2.3.3	Sistema bimodal	16
2.3.4	Sistema hibrido	17
2.3.5	Horas de Sol pico (H.S.P)	18
2.4	Tipos de centrales solares	19
2.5	Principio de funcionamiento de una célula fotovoltaica	23
2.6	Componentes principales de un sistema fotovoltaico aislado	24
2.6.1	Paneles solares fotovoltaicos	24
2.6.2	Eficiencia, potencia, voltaje y corriente en las células fotovoltaicas.....	26
2.6.3	Modulo Fotovoltaico	26
2.6.4	Batería	31
2.6.5	Controlador de carga.....	35
2.6.6	Inversor de corriente.....	37
2.6.7	Cables	39
CAPÍTULO III.....		40
3.	REGISTRO DE ANTECEDENTES.....	40
CAPÍTULO IV		48
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	48
4.1	Campo de Verificación.....	48
4.1.1	Distribución del Espacio	48
4.1.2	Recurso Solar	49
4.2	Cálculo de proyección de población.....	54
4.2.1	Población, vivienda actual y proyección para la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas	54
4.2.2	Cálculo de población y viviendas futuras.....	54
4.3	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	55
4.3.1	Análisis de cargas	55
4.3.2	Tipos de cargas a usar.....	56
4.4	Determinación del campo fotovoltaico.....	60
4.4.1	Determinación del número de módulos NT.....	60
4.4.2	Determinación del sistema de almacenamiento de energía	73
4.4.3	Determinación de la etapa de potencia:.....	78
4.5	Determinación de la línea de transmisión 138 kV Callalli – Santuario.....	80

CAPÍTULO V	82
5. ANÁLISIS ECONÓMICO	82
5.1 Comparación de Alternativas	82
5.1.1 Costos de la implementación de energía eléctrica con el sistema fotovoltaico aislado.	82
5.2 Resultados Comparativos	85
5.2.1 Financiamiento	86
5.2.2 Costo Total	87
5.2.3 Punto de Equilibrio	87
5.2.4 Ingresos	88
5.1.1 Flujo de Caja	91
CAPITULO VI	94
6. CONCLUSIONES	94
REFERENCIAS	96
PAGINAS WEB (VISITADAS EN MAYO DEL 2020).....	98
ANEXOS	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Horas de Sol Pico.....	60
Tabla 2: Radiación de Menor Valor en el Año	61
Tabla 3: Cuadro de Cargas de la localidad.....	67
Tabla 4: Meteonorm Software.....	65
Tabla 5: Cálculo de PRtotal para Módulos Fotovoltaicos Monocristalinos....	66
Tabla 6: Cálculo de PRtotal para Módulos Fotovoltaicos Policristalinos.....	67
Tabla 7: Datos del Módulo Fotovoltaico Policristalino.....	68
Tabla 8: Datos de HSP (kWh/(m²-día)) y temperatura para Arequipa a 30° de inclinación.....	69
Tabla 9: Datos del Inversor SIRIO 100kVA	69
Tabla 10: Valores Límite sobre condiciones STC	70
Tabla 11: Posibles Configuraciones para los Módulos Fotovoltaicos	70
Tabla 12: Configuración seleccionada para el Sistema FV.....	71
Tabla 13: Producción Anual del Sistema Solar Fotovoltaico Aislado	71
Tabla 14: Estudio de la pérdida de potencia generada por envejecimiento de los módulos fotovoltaicos	72
Tabla 15: Tiempo de vida y Número de cambios que se realizarán de los componentes del Sistema Fotovoltaico	79
Tabla 16: Presupuesto del Sistema Solar Fotovoltaico Aislado	82
Tabla 17: Presupuesto de las Subestación de Transformación.....	83
Tabla 18: Presupuesto de las Subestación de Transformación.....	84
Tabla 19: Presupuesto Referencial de la SET.....	85
Tabla 20: Financiamiento del Proyecto con Baterías de Plomo.....	86
Tabla 21: Financiamiento del Proyecto con Baterías de Litio	86
Tabla 22: Costos Totales (AÑO)	87
Tabla 23: Punto de Equilibrio Anual	88
Tabla 24: Precio de Venta	88
Tabla 25: Venta del kW.....	89
Tabla 26: Consumidores de la Localidad de Patahuasi	90
Tabla 27: Costo adicional por mantenimiento del Sistema Fotovoltaico	90

Tabla 28: Flujo de Caja del Sistema Fotovoltaico con baterías de Plomo-Ácido 92

Tabla 29: Flujo de Caja del Sistema Fotovoltaico con baterías de Litio 93



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución Global de la Energía Solar	8
Figura 2: Irradiación Solar	10
Figura 3: Tipos de Radiación Solar.....	11
Figura 4: Irradiación Global Horizontal.....	12
Figura 5: Esquema Instalación Fotovoltaica Aislada	14
Figura 6: Esquema Instalación Fotovoltaica conectada a la Red	15
Figura 7: Esquema Instalación Fotovoltaica Bimodal.....	16
Figura 8: Esquema Instalación Fotovoltaica Híbrido	17
Figura 9: Diagrama de las Horas pico solar diaria	18
Figura 10: Esquema de la constitución de una central térmica solar de torre central.....	20
Figura 11: Esquema de la constitución de una central fotovoltaica aislada ..	21
Figura 12: Estructura de una Célula fotovoltaica	22
Figura 13: Tipos de Paneles Solares Fotovoltaicos	24
Figura 14: Construcción de un Módulo Fotovoltaico	26
Figura 15: Efectos de la Irradiancia	27
Figura 16: Efectos de la Irradiancia (temperatura)	27
Figura 17: Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos	29
Figura 18: Conexión en serie de módulos fotovoltaicos	29
Figura 19: Conexión mixta de módulos fotovoltaicos	30
Figura 20: Batería Estacionaria OPzV.....	33
Figura 21: Inversor Fotovoltaico	37
Figura 22: Cable solar Flexible RV-K 1000V	38
Figura 23: Vista de la Localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas	47
Figura 24: Carta Solar para la zona de Pampa Cañahuas.....	48
Figura 25: Mapa de Irradiancia Solar - Arequipa	49
Figura 26: Radiación en un plano con 30° de inclinación.....	50
Figura 27: Cuadro Comparativo de los Tipos de Instalaciones Fotovoltaicas	51

Figura 28: Ángulo de Inclinación del Módulo Fotovoltaico	52
Figura 29: Baterías Estacionarias de Ciclo Profundo (Plomo-Ácido)	74
Figura 30: Número de Ciclos en Función de la Descarga.....	75
Figura 31: String de 10 Baterías de Litio-LFP	76
Figura 32: Módulo de Protección MCP	77
Figura 33: Diagrama unifilar del Sistema Interconectado Sur.....	81



CAPÍTULO I

1. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

El Perú ha cerrado el año 2018 con excelentes datos en lo respecta al empleo de energía limpias o energías renovables. En el transcurrir del año pasado se culminó con un total de 14 instalaciones de electrificación rural con las que 242 localidades ya disponen del suministro eléctrico, estas consistieron en la instalación de paneles fotovoltaicos en diferentes municipios como Arequipa, Cusco, Loreto, Piura entre otras.

Aun así por la variedad geográfica peruana y poblaciones dispersas es complicado tener una cobertura eléctrica total, realizado notables esfuerzos en los últimos años para disminuir la brecha de electrificación. Dentro del Plan Renovable del Ministerio de Energía y Minas incluye el proyecto de electrificación con el que se pretende conseguir para el año 2021 el 100% de localidades aisladas cuenten con energía eléctrica.

Desde el 2016 hasta Noviembre del 2018 se instalaron 95 000 paneles solares uno en cada vivienda, pero tiene un elevado costo siendo esto un inconveniente para ciertos usuarios por lo que se busca dimensionar sistemas fotovoltaicos para suministrar de energía eléctrica las localidades aisladas.

El Ministerio fue el primero en apostar por la energía solar para una mayor conservación del medio ambiente, por y para ello, ha instalado módulos fotovoltaicos en sus instalaciones para de esa manera obtener energía eléctrica y abastecer sus diferentes áreas.

Siguiendo con los estudios se ha mencionado que los paneles tienen dificultades de funcionamiento, frente a condiciones de temperatura y de presión en áreas críticas, por lo que se busca una adecuada selección de equipos para disminuir fallas durante el proceso de operación. Las autoridades manifestaron que con la información de campo que se obtenga, se podrá promover un uso mayor de esta fuente renovable para la Generación de Electricidad.

1.2 Descripción del problema

Inexistente suministro eléctrico en la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas lo cual provoca un atraso en el desarrollo poblacional, por lo tanto se propone diseñar un Sistema Fotovoltaico para suministrar de energía eléctrica esta localidad aislada de la Red.

1.3 Formulación del problema

¿En qué medida el diseño de un sistema fotovoltaico permitirá suministrar energía a la Localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas

1.4 Justificación del estudio

1.4.1 Justificación técnica

Se plantea una tecnología que desde hace tiempo tiene una gran incidencia en la solución para la falta de energía eléctrica en este tipo de Localidades, que están alejadas del sistema interconectado por lo que es imposible brindarles energía por medio de redes de media y baja tensión.

1.4.2 Justificación social

Radica en que la energía eléctrica es una necesidad fundamental para el desarrollo del poblado, de tal manera evitar las migraciones hacia las ciudades por parte de comunidades que carecen de este servicio indispensable.

1.4.3 Justificación económica

Permitirá el desarrollo económico de la población, el aumento de comercio debido a que esta zona es muy transitable por turistas. De por si el acceso a la energía eléctrica es la principal necesidad para que una comunicad pueda surgir económicamente.

1.4.4 Justificación ambiental

Al ser una tecnología de generación de energía limpia, que usa recursos renovables para generar energía eléctrica no causa impactos ambientales negativos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar una Sistema Fotovoltaico para suministrar energía a la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Calcular la demanda máxima de la Comunidad de Patahuasi.
- Determinar el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica en la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas.
- Determinar la potencia del sistema fotovoltaico.
- Establecer los cálculos justificativos mecánicos y eléctricos para la implementación y funcionamiento de este sistema, en la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas.
- Seleccionar los equipos que conforman el sistema de generación solar fotovoltaica aislado.
- Diseñar el sistema fotovoltaico de suministro de energía
- Realizar la viabilidad económica del diseño del sistema fotovoltaico

1.6 Alcances de la propuesta

La propuesta contempla la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas en cuyo territorio se instalará el sistema fotovoltaico para la producción de energía eléctrica, que servirá para suministrar de este servicio a la localidad que se encuentra aislada de tal manera mejorar la calidad de vida de esta zona.

Además, describimos las características técnicas del acondicionamiento de la instalación para verificar nuestra propuesta.

1.7 Limitantes de desarrollo

1.7.1 Espacio disponible

Al observar el lugar nos damos cuenta que existen varios espacios en los cuales se puede desarrollar sin obstáculos el montaje del centro de generación de energía. Por tanto, las posibilidades de limitación del proyecto en cuanto a espacios son muy pocas.

1.7.2 Inversión

La limitante en cuanto a la inversión se dará de acuerdo a la evaluación del presente informe, además de la viabilidad entre otros aspectos del mismo.

1.7.3 Producción energética

Dado el caso de ser un sistema aislado la limitante de producción se reduce al tamaño del sistema a desarrollar de acuerdo al recurso solar que será analizado. El diseño del sistema de generación fotovoltaica para el lugar comprende:

Datos obtenidos de las cargas (potencia, energía, etc,)

Consideración de producción para el peor de los casos (invierno)

Tipos de tecnología (equipos energéticos y de almacenamiento)

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Energía solar fotovoltaica

Partiendo del aprovechamiento de la energía solar para la producción directa de electricidad, esta se inició hace un poco más de 160 años.

En el año 1839 el científico francés Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico al observar un experimento con una celda electrolítica (dos electrodos metálicos dispuestos en una solución conductora), generó aumento de electricidad cuando la celda se exponía a la luz. Entonces se estudió el comportamiento de varios materiales expuestos a la luz, ya en 1954 Daryl Chapin, Calvin Fuller y Gerald Pearson desarrollaron la primera celda fotovoltaica de silicio, con la capacidad de convertir la energía solar en energía eléctrica. (Fagundes y Tavares, 2008, p. 37)

A partir de eso la evolución de la tecnología fotovoltaica viene siendo muy intensa en los últimos años así en el 2012, la Agencia Internacional de la Energía se expresó así:

El desarrollo de tecnologías solares limpias, baratas e inagotables supondrá un enorme beneficio a largo plazo. Mejorará la seguridad energética de los países mediante el uso de una fuente de energía inagotable, aumentará la sostenibilidad, reducirá la contaminación, disminuirá los costes de la mitigación del cambio climático, y evitará la subida excesiva de los precios de los combustibles fósiles. Estas ventajas son globales. De esta manera, los costes para su incentivo y desarrollo deben ser considerados inversiones; deben ser realizadas de forma sabia y deben ser ampliamente difundidas. (Fagundes y Tavares, 2008, p. 38)

Pasados los años los sistemas fotovoltaicos tuvieron mayor importancia Fagundes y Tavares (2008) nos mencionan que:

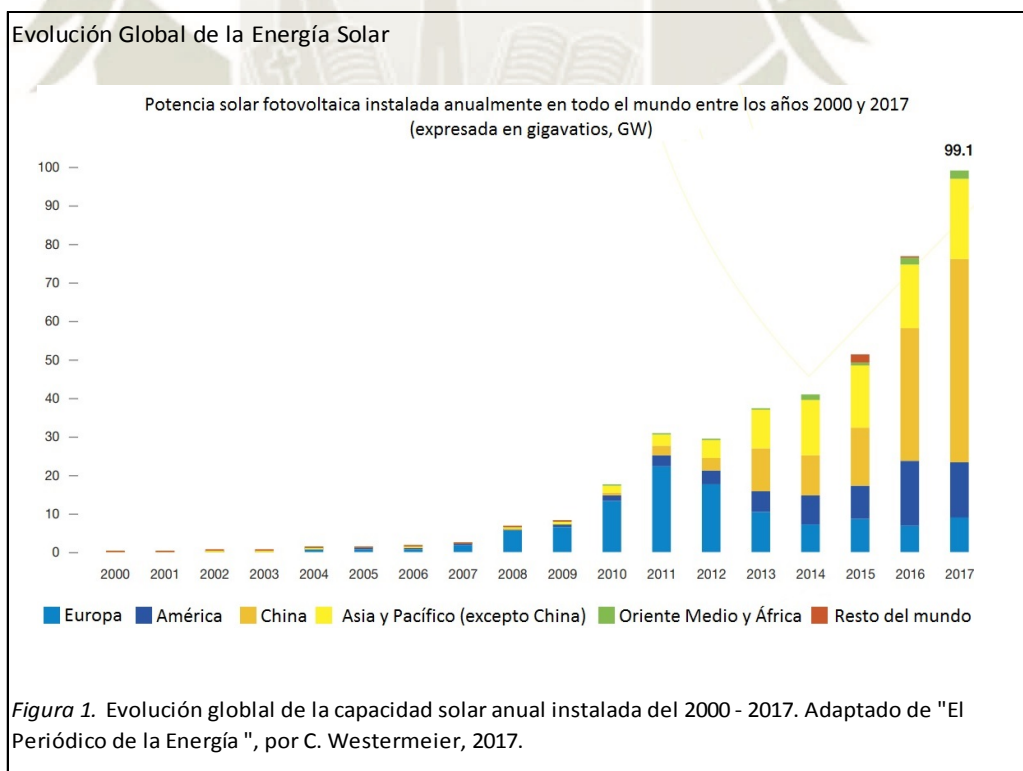
En el 2015, el mercado solar fotovoltaico mundial tuvo un año muy bueno, la instalación de más capacidad que cualquier otra tecnología renovable. Más de 39 GW han sido sumados, con lo que la capacidad instalada total asciende a 139 GW, casi toda la capacidad fotovoltaica en funcionamiento se añadió en los últimos años. (p. 38)

La fuente de energía solar más desarrollada en la actualidad es la energía solar fotovoltaica, “según informes de la organización ecologista Greenpeace,

la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030". (Global Status Report, 2014, p. 47)

Actualmente, y gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía.

El coste de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y su coste medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas. (Global Status Report, 2014, p. 49)



2.2 Recurso solar

Resaltando la importancia de la estrella, Fagundes y Tavares (2008) nos dicen que:

La principal fuente de energía de la Tierra es el Sol y el responsable por el mantenimiento de la vida en el planeta, siendo la radiación solar una fuente inagotable de energía, existiendo una enorme utilización por medio de sistemas de captación y conversión en otra energía. (p. 39)

Teniendo en cuenta las principales características físicas y su composición de la fotosfera se menciona que:

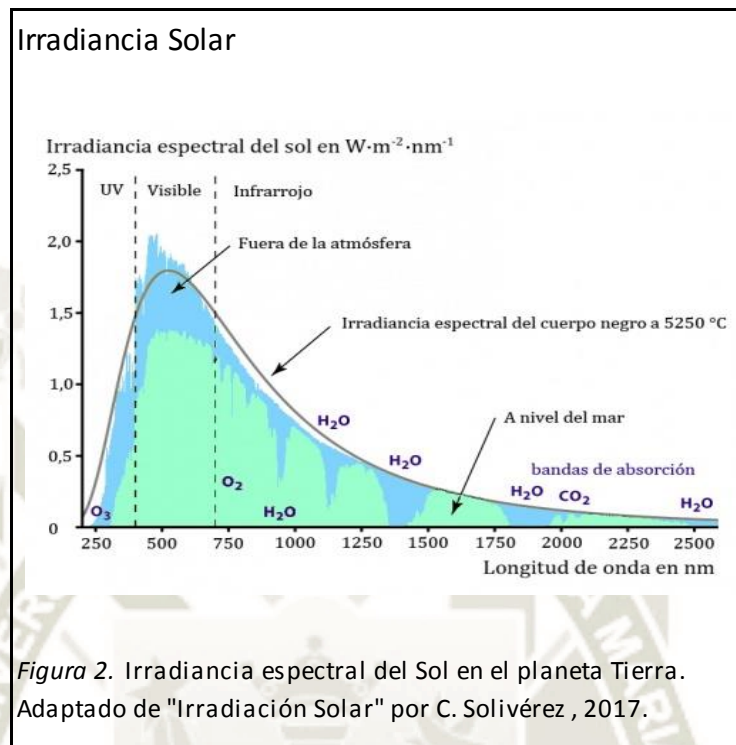
El Sol es una estrella de masa igual a 2×10^{30} kg y radio de 6.96×10^8 m. En él se encuentran la mayoría de los elementos de la Tierra. El Helio y el Hidrógeno son los elementos más abundantes, representando un 18 y 80% respectivamente. Toda la energía generada por el Sol se da por un proceso de fusión, en el cual el Hidrógeno es transformado en Helio, liberando grandes cantidades de energía. (Fagundes y Tavares, 2008, p. 39)

2.2.1 Radiación solar sobre la tierra

Es preciso tener presente que “la radiación solar es del tipo electromagnético. La cantidad de radiación que incide sobre la superficie terrestre es muy variable. La irradiación solar que incide sobre la tierra, en la capa superior atmosférica, es denominada Irradiación Extraterrestre”. (Fagundes y Tavares, 2008, p. 76)

De tal manera es importante resaltar lo mencionado por Fagundes y Tavares (2008) que “la constante Solar (I_0), como el valor de la irradiación extraterrestre que llega sobre una superficie perpendicular a los rayos solares en la distancia promedio Tierra – Sol tiene un valor aproximado de 1367 W/m^2 ”. (p. 77)

Teniendo en cuenta que la “potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. En condiciones de radiación aceptables, la potencia equivale aproximadamente a 1000 W/m^2 en la superficie terrestre. Denominada Irradiancia”. (Fagundes y Tavares, 2008, p. 77)



Por lo tanto la radiación es aprovechable en sus componentes directos y difusos, o en la suma de ambos.

La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La bóveda celeste diurna emite la radiación difusa debido a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones. (Fagundes y Tavares, 2008, p. 78)

Por otro lado es preciso mencionar otro efecto causado por el Sol Fagundes y Tavares (2008) nos dicen que:

La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1366 W/m^2 (que corresponde a un valor máximo en el perihelio de 1395 W/m^2 y un valor mínimo en elafelio de 1308 W/m^2). (p. 78)

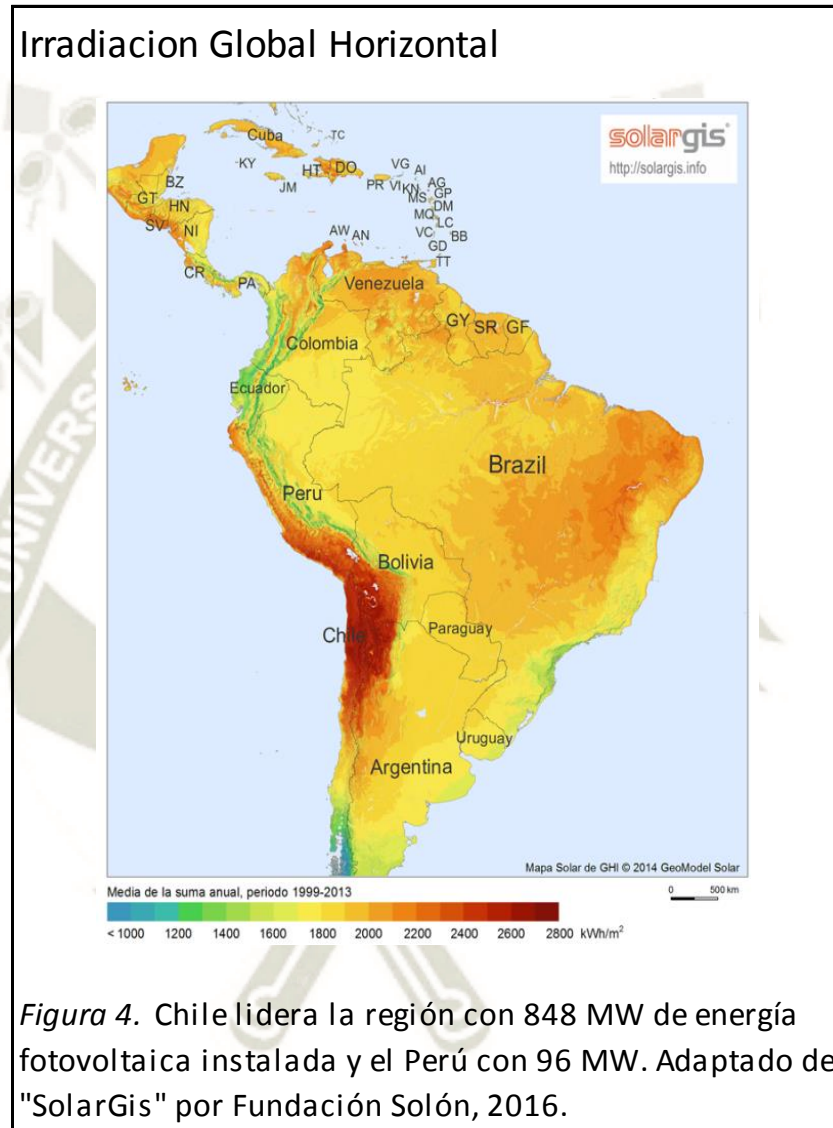
Tipos de Radiación Solar



Figura 3. Los tres principales tipos de radiación Solar y el concepto de cada uno de ellos. Adaptado de "Radiación Solar" por C. Garnica , 2010.

Teniendo en cuenta la radiación en el mundo Valdiviezo (2014) menciona que el Perú es uno de los países que cuenta con mayor radiación solar en el mundo, siendo Chile el único país que lo supera dentro de la región. Por

tal motivo el Perú cuenta con un gran potencial de desarrollo en el sector de energía fotovoltaica. Esto se puede observar en la siguiente figura:



2.3 Configuración de un sistema fotovoltaico

Es así Fagundes Y Tavares (2008) indican que “la configuración más óptima para una aplicación depende de las cargas a usar, tipo de cargas, el recurso solar, fuentes de energías auxiliares entre otros”. (p. 80)

Se describirá algunas configuraciones empleadas:

2.3.1 Sistema aislado

Este sistema opera autónomamente y proporciona energía eléctrica a cargas independientes del sistema interconectado. Es mayormente empleado para cargas eléctricas pequeñas y medianas, pueden ser diseñados para energizar cargas eléctricas en corriente alterna AC o en corriente continua DC almacenando la energía en baterías. (Dunlop, 2010)

Dunlop (2010) menciona que “los sistemas fotovoltaicos aislados son clasificados por sus componentes y la manera que operan en combinación con otras fuentes de energía”. Estos son:

- “Sistemas autorregulados, no utilizan sistema de control activo para proteger la batería”
- “Sistema de acoplamiento directo, donde la salida del módulo fotovoltaico es directamente conectada a la carga DC”

- “Sistema de cargas controladas, cuenta con un controlador de carga para prevenir el daño a la batería”. (p. 103)



2.3.2 Sistema conectado a la red

Sistema Fotovoltaico que trabaja en paralelo y es conectado a la red eléctrica. Según Dunlop (2010) dice que son:

Los sistemas más simples y con costo más reducido porque requiere de menos componentes y no utiliza baterías. El componente principal es un sistema conectado “Inversor”, el cual convierte la salida DC del arreglo fotovoltaico a AC para sincronizarse con la red eléctrica. (p. 105)

Esquema Instalación Fotovoltaica conectada a la Red

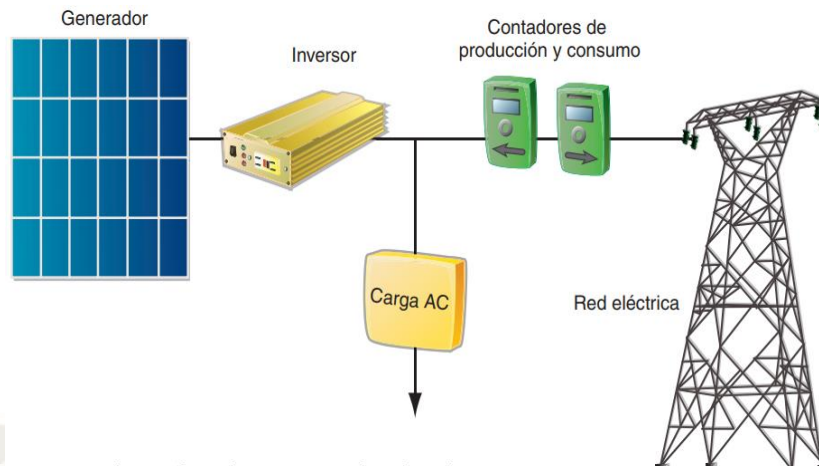


Figura 6. En este tipo la energía no se almacena, se encuentra a disposición de los usuarios a través de la Red eléctrica según se produce. Adaptado de "Componentes de una instalación fotovoltaica" por Mheducation, 2017.

2.3.3 Sistema bimodal

Sistema que puede operar en modo aislado y conectado a la Red y utiliza batería.

“El principal componente es el Inversor, quien extrae energía de las baterías en vez del arreglo fotovoltaico. El arreglo fotovoltaico actúa como una fuente de carga para el sistema de baterías”. (Dunlop, 2010, p. 107)

Esquema Instalación Fotovoltaica Bimodal

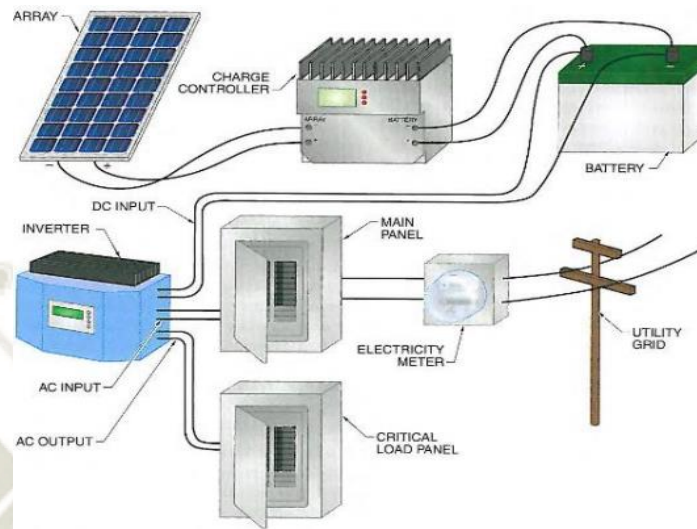


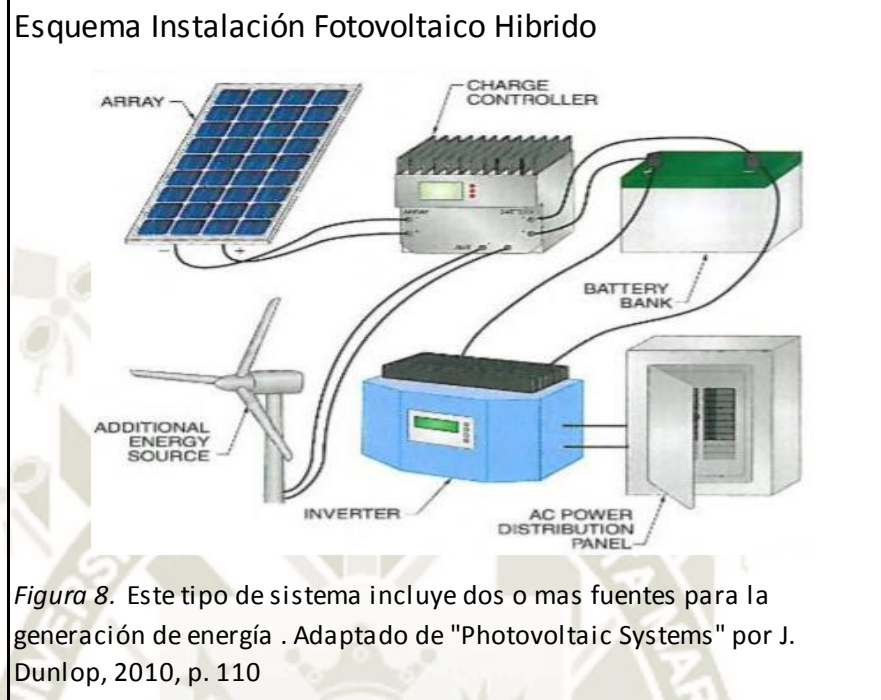
Figura 7. Este sistema puede operar de los dos modos aislado o conectado a la red. Adaptado de "Photovoltaic Systems" por J. Dunlop, 2010, p. 107

2.3.4 Sistema híbrido

Sistema aislado que incluye dos o más fuentes de energía. Mayormente son usados sistemas fotovoltaicos con generadores, turbinas de viento y turbinas de micro hidro.

“Este tipo de sistema ofrece muchas ventajas sobre sistemas únicos de energía fotovoltaica o con generador eléctrico, incluyendo mayor confiabilidad y flexibilidad en los cumplimientos de cargas variables”.

(Dunlop, 2010, p. 110)



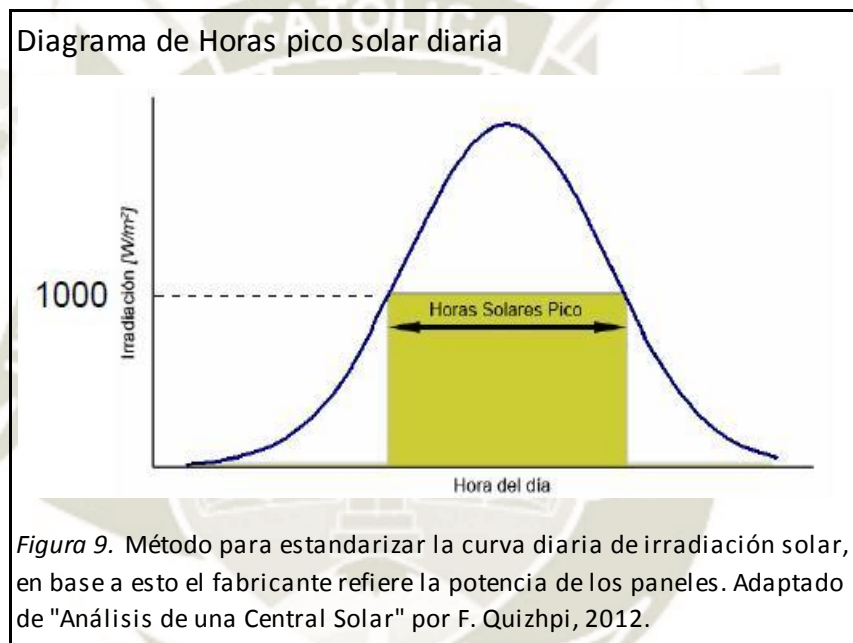
2.3.5 Horas de Sol pico (H.S.P)

Siendo muy importante tener claro el concepto del valor (H.S.P) Chapoñan (2018) nos dice que:

Las horas de sol pico, se definen como el número de horas al día con una irradiancia hipotética de 1000 W/m², siendo la suma la misma irradiación total que la real ese día. Bajo condiciones estándar, sería el número de horas al día en las que un panel fotovoltaico proporcionaría su potencia pico. Este concepto es importante, ya que multiplicando H.S.P por la potencia pico junto

con un factor de pérdidas (20%) ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. (p. 32)

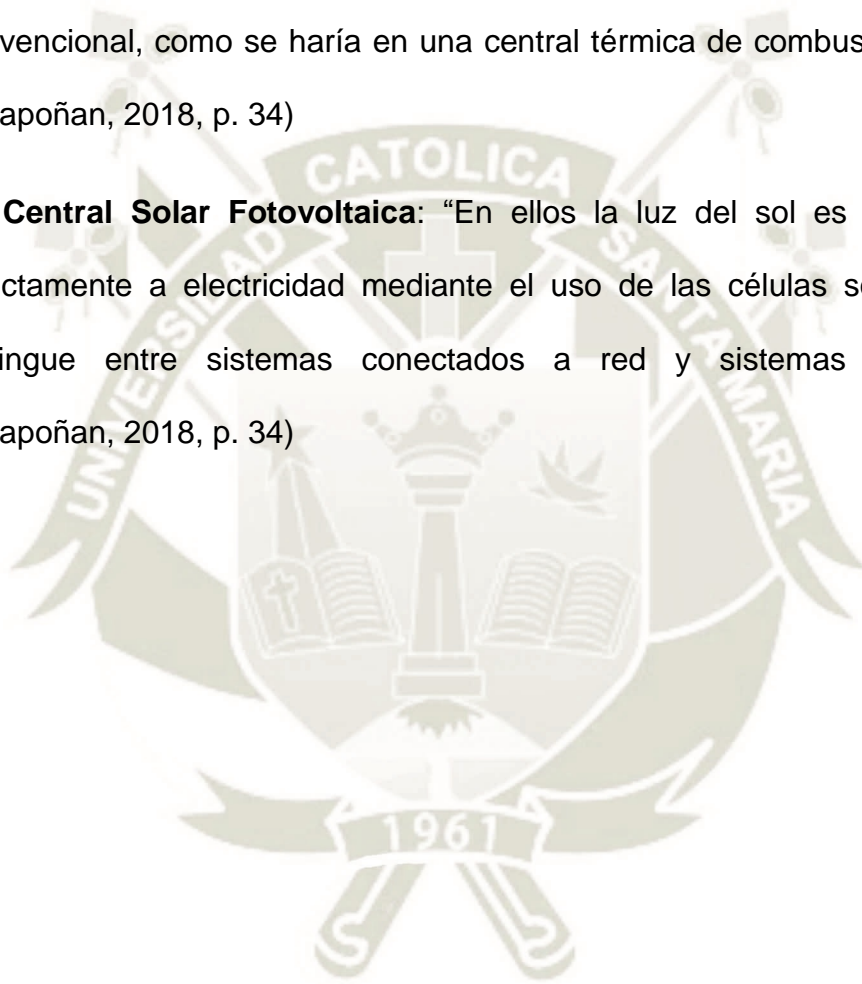
La distribución de la radiación a lo largo del día y el concepto de horas pico de sol se puede apreciar en la figura 9.



2.4 Tipos de centrales solares

Como venimos repitiendo la tendencia actual es la aplicación y empleo de energías renovables, en especial la energía solar. Para la producción del suministro eléctrico existen diferentes formas de aprovechar la energía del Sol y tenemos:

- **La Central Termosolar:** “El Sol se aprovecha para calentar un fluido (que puede ser agua, sodio, sales fundidas (...)) y convertirlo en vapor, con el fin de producir electricidad mediante el movimiento de un alternador. La producción de la electricidad se realiza mediante un ciclo termodinámico convencional, como se haría en una central térmica de combustible fósil”. (Chapoñan, 2018, p. 34)
- **La Central Solar Fotovoltaica:** “En ellos la luz del sol es convertida directamente a electricidad mediante el uso de las células solares. Se distingue entre sistemas conectados a red y sistemas aislados”. (Chapoñan, 2018, p. 34)



Esquema de la constitución de una central térmica solar de torre central

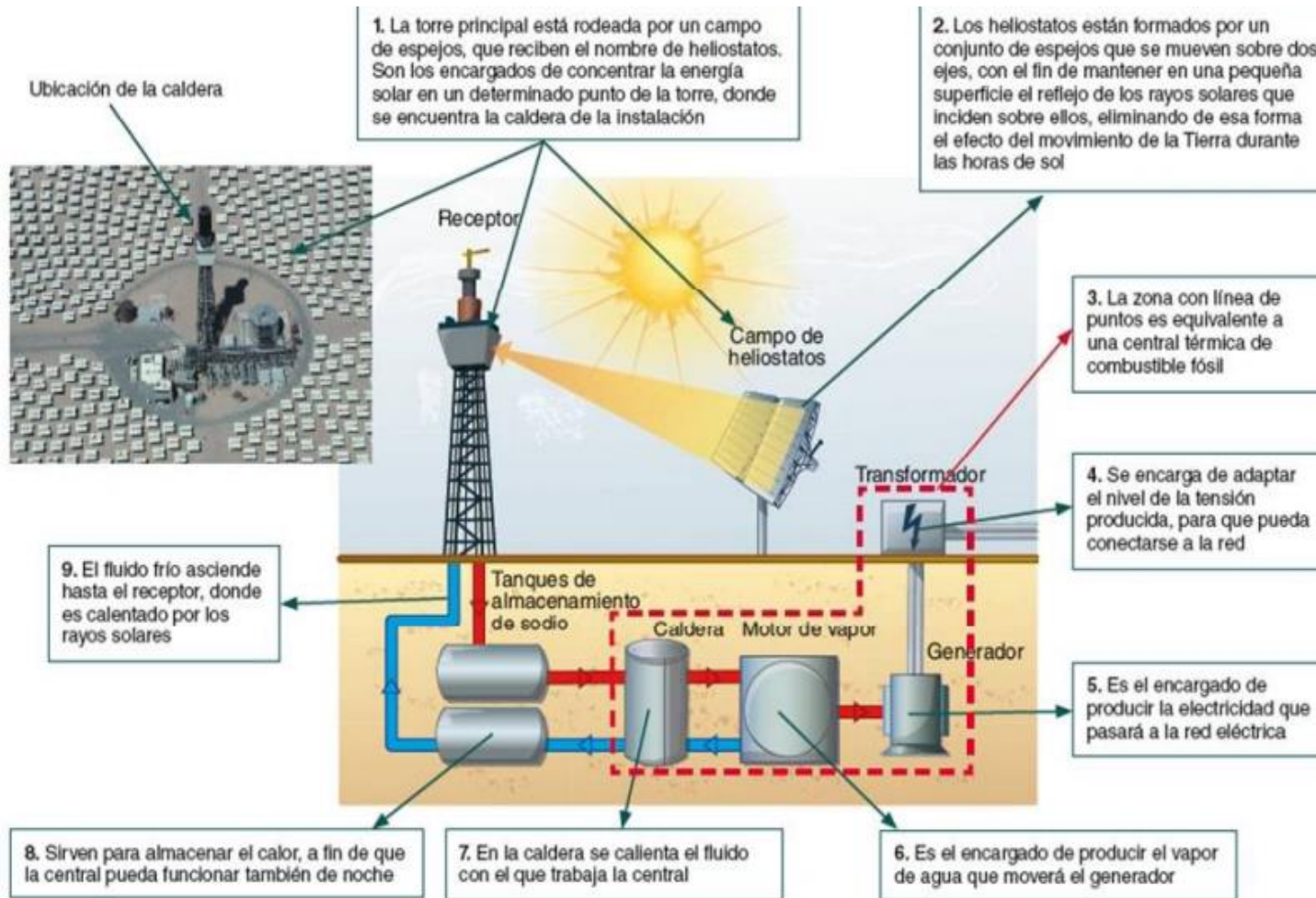


Figura 10. Adaptado de "Manuales sobre energía renovable", por Biomass Users Network, 2004. p. 33

Esquema de la constitución de una central fotovoltaica (Conectada a la red - Aislada)

En los edificios que tienen instalaciones solares conectadas a la red, la energía producida por ellas que no es consumida directamente, sino vendida a la red eléctrica al precio fijado para tales instalaciones. Por eso en estas instalaciones siempre aparecen dos contadores: uno para la energía producida, y otro para la energía que se consume en el edificio

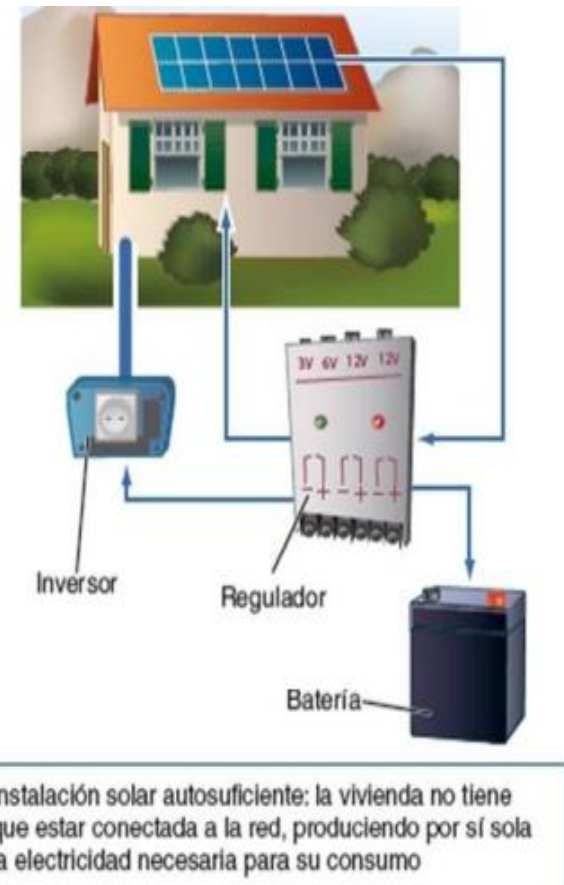
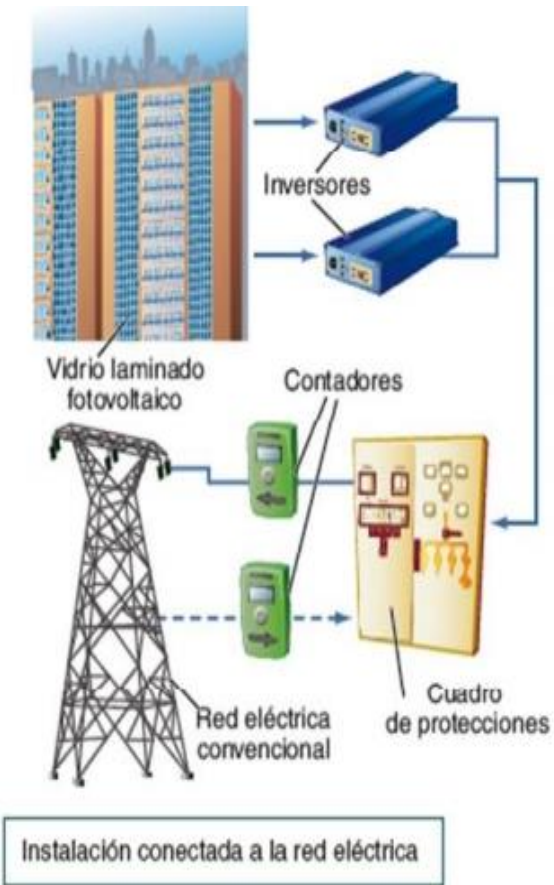
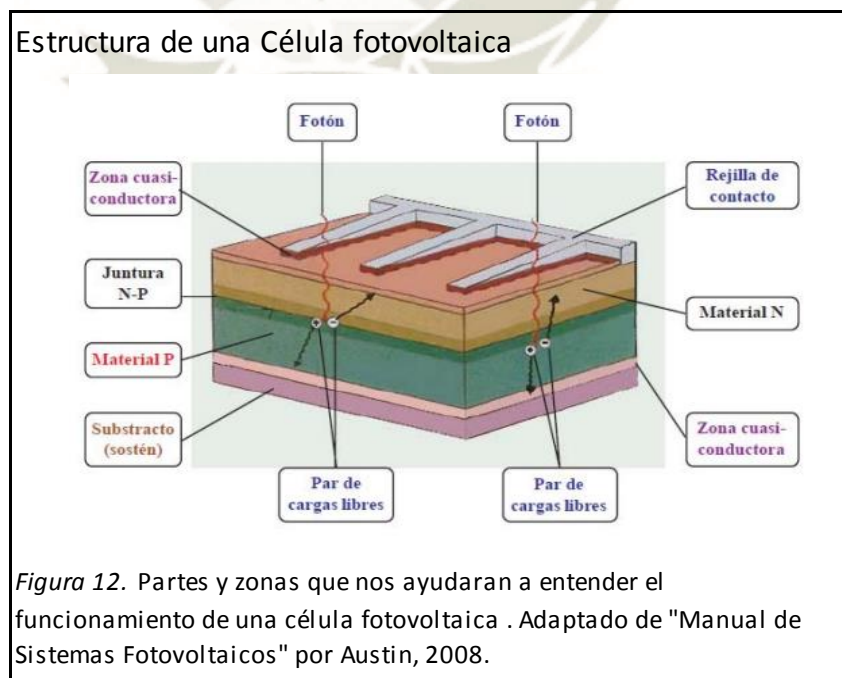


Figura 11. Adaptado de "Manuales sobre energía renovable", por Biomass Users Network, 2004. p. 29

2.5 Principio de funcionamiento de una célula fotovoltaica

Es preciso entender el modo inicial de funcionamiento tal como se explica en la Figura 12, Pilco y Jaramillo (2010) nos dicen que:

Si la luz solar incidente tiene el espectro y el nivel de energía requerido por el material semiconductor del que está hecha la célula FV, el bombardeo de los fotones crea pares de cargas libres. Algunos de estos pares se recombinan antes de migrar a la zona de juntura, pero un elevado porcentaje de electrones del lado p y de hoyos del lado n son impulsados a través de la juntura. La dirección del campo eléctrico en la juntura hace que estas cargas no puedan volver, alterándose el estado de equilibrio. Las cargas libres están listas para sostener una corriente cuando se conecten al lado n y p a una carga eléctrica externa. (párr. 8)



2.6 Componentes principales de un sistema fotovoltaico aislado

Por otra parte Pereira, (2015) define que “un sistema fotovoltaico aislado está constituido básicamente por un bloque generador (que contiene los arreglos fotovoltaicos), un bloque de acondicionamiento de energía y un bloque de almacenamiento”. (p. 7)

2.6.1 Paneles solares fotovoltaicos

Un panel fotovoltaico es una asociación de células, Pereira (2015) nos indica que estas:

Son encapsuladas en dos capas de EVA (etileno-vinilo-acetato), entre una lámina frontal de vidrio y una capa posterior de un polímero termoplástico (normalmente tedlar). Este conjunto es enmarcado en una estructura de aluminio con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica del conjunto y facilitar el anclaje del módulo a las estructuras de soporte. (p. 8)

Pereira (2015) menciona que las células más comúnmente empleadas en los paneles fotovoltaicos son de silicio, y se puede dividir en tres subcategorías:

- “Las células de silicio monocristalino; constituidas por un único cristal de silicio, normalmente manufacturado mediante el proceso

Czochralski. Este tipo de células presenta un color azul oscuro uniforme”. (p. 9)

- “Las células de silicio policristalino; constituidas por un conjunto de cristales de silicio, lo que explica que su rendimiento sea algo inferior al de las células monocristalinas, tienen un color azul más intenso”. (p. 9)
- “Las células de silicio amorfo; son menos eficientes que las células de silicios cristalinos pero también menos costosos. Este tipo de células se emplea en aplicaciones solares como relojes o calculadoras”. (p. 9)



2.6.2 Eficiencia, potencia, voltaje y corriente en las células fotovoltaicas

Las principales características a tener en cuenta en un diseño de sistema fotovoltaico aislado mencionado por Pilco y Jaramillo (2010) son:

- La eficiencia porcentual en las células FV se define como la relación entre el valor de la energía eléctrica a la salida y el valor de la energía luminosa en la entrada. (párr. 11)
- La potencia eléctrica de una célula FV en un instante, se cuantifica como el producto de los valores instantáneos del voltaje y de la corriente de salida. (párr. 11)
- El voltaje de la célula FV es continuo y depende del material usado. (párr. 11)
- La corriente de la célula FV depende del valor de la carga, la irradiación solar, la superficie de la celda y el valor de su resistencia interna. (párr. 11)

2.6.3 Modulo Fotovoltaico

El módulo fotovoltaico tiene la función de proteger las celdas de la intemperie, aislarlos eléctricamente del exterior y brindar rigidez mecánica al conjunto.

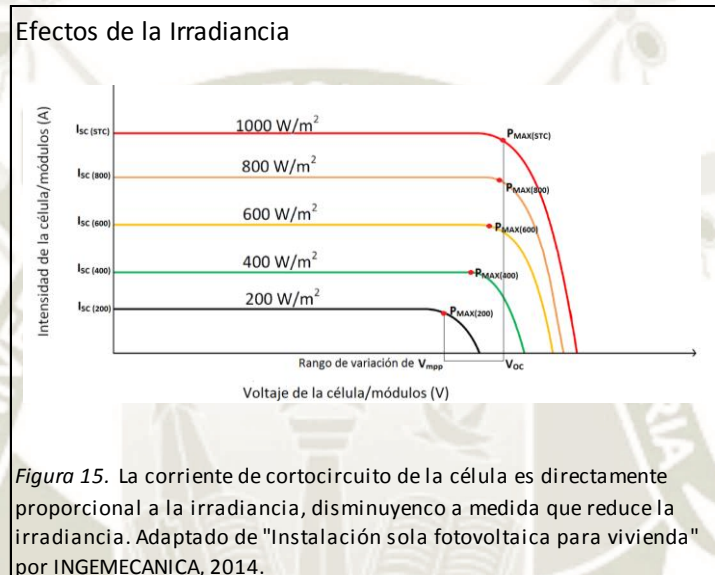
Los Módulos Fotovoltaicos además de las células; comprende tiras de metal pequeñas para interconectar las celdas responsables de proporcionar la salida de los contactos externos; por un material encapsulante dispuesto directamente sobre las celdas, mayormente un polímero aislante y transparente (**EVA**), por un vidrio templado, anti-reflectante para la cubierta, la parte posterior, normalmente hecha de cloruro de polivinilo, una caja de conexiones situada en la parte posterior del módulo, y una estructura metálica que soporta todo el dispositivo. (Fagundes y Tavares, 2008, p. 57)



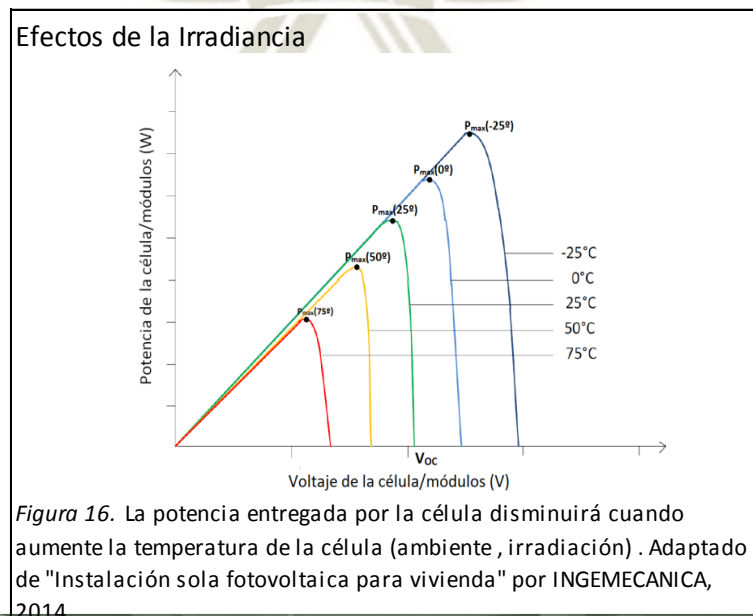
Figura 14. Tiene la finalidad de dar una rigidez, protección y aislamiento a las celdas solares. Adaptado de "Módulos y Arreglos Fotovoltaicos" por A. Sánchez, 2011.

Otros factores importantes que Fagundes y Tabares (2008) indican que influyen en las características de la celda son la irradiancia y la temperatura.

- “Los bajos niveles de irradiación reducen la corriente generada sin causar una reducción considerable de la tensión”. (p. 68)



- “Los valores altos de temperatura de la celda reducen la tensión en mayor medida que el aumento de corriente”. (p. 68)



A continuación detallaremos los diferentes tipos de conexión de los módulos fotovoltaicos.

- **Conexiones de módulos fotovoltaicos**

Debido a que no siempre los módulos fotovoltaicos satisfacen las necesidades de un sistema por parte voltaje y corriente. Castejon (1998) menciona que se puede asociar varios módulos fotovoltaicos para conseguir valores requeridos por el sistema. Teniendo presente que siempre que se agrupen estos módulos deben tener características iguales y que sean del mismo fabricante para evitar inconvenientes durante la operación del sistema.

Se pueden realizar tres tipos de asociaciones de módulos fotovoltaicos Pareja (2010) detalla los siguientes:

- **Paralelo:** “Se conectan todos los polos positivos y, por separado, todos los polos negativos. Con ello se consigue aumentar la corriente generada y mantener un mismo valor de tensión”. (p. 40)

Conexión en paralelo de módulos fotovoltaicos

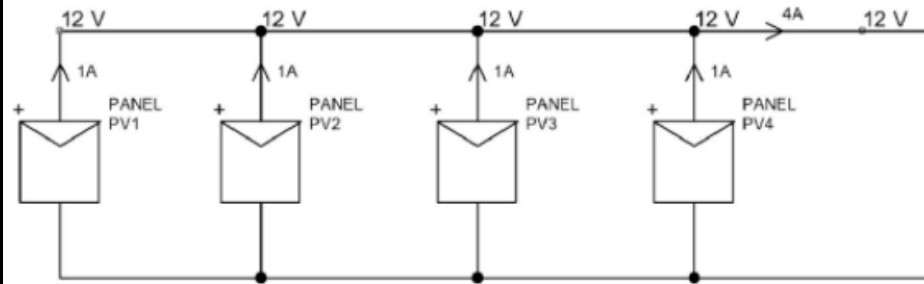


Figura 17. Con 4 módulos fotovoltaicos de 12V y 1A conectados en paralelo, suministra 12 voltios y 4 amperios. Adaptado de "Cálculo de una instalación aislada" por M. Pareja, 2010.

- **Serie:** "Se conecta un polo positivo de un módulo negativo con el polo negativo del siguiente. Con ello se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada". (p. 40)

Conexión en serie de módulos fotovoltaicos

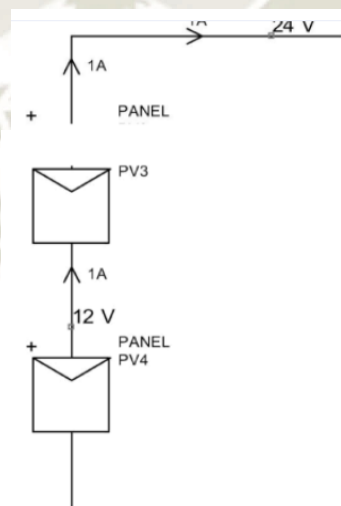
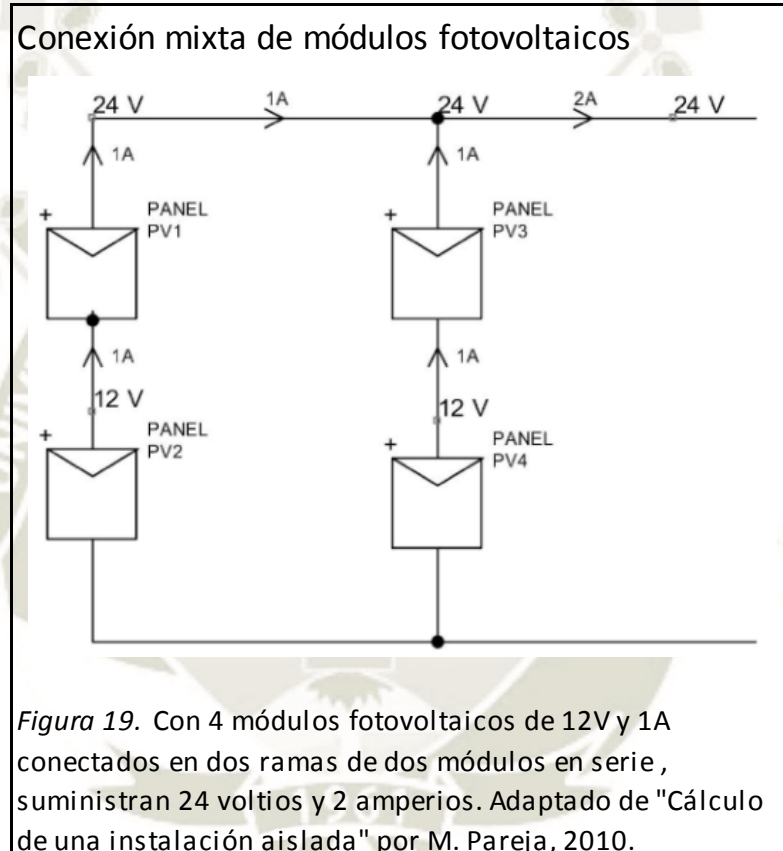


Figura 18. Con 2 módulos fotovoltaicos de 12V y 1A conectados en serie, suministra 24 voltios y 1 amperio. Adaptado de "Cálculo de una instalación aislada" por M. Pareja, 2010.

- **Mixto:** “Se encuentran asociados tanto en serie como en paralelo. Esto para conseguir elevar la tensión y la intensidad de corriente”.

(p. 40)



2.6.4 Batería

Seguidamente tenemos que “en Sistemas Fotovoltaicos Aislados, el uso de sistemas de almacenamiento de energía son muy esenciales para

atender la demanda en periodos en los cuales la generación es nulo o insuficiente”. (Tavares y Galindo, 2014, p. 163)

De esta manera “parte de la energía solar convertida en energía eléctrica por los módulos fotovoltaicos durante el día es almacenada para ser empleada en otros momentos para atender la demanda”. (Tavares y Galdino, 2014, p. 163)

Mencionada la función principal que cumple la batería en los sistemas fotovoltaicos aislados Fagundes y Tavares (2008) nos dicen que:

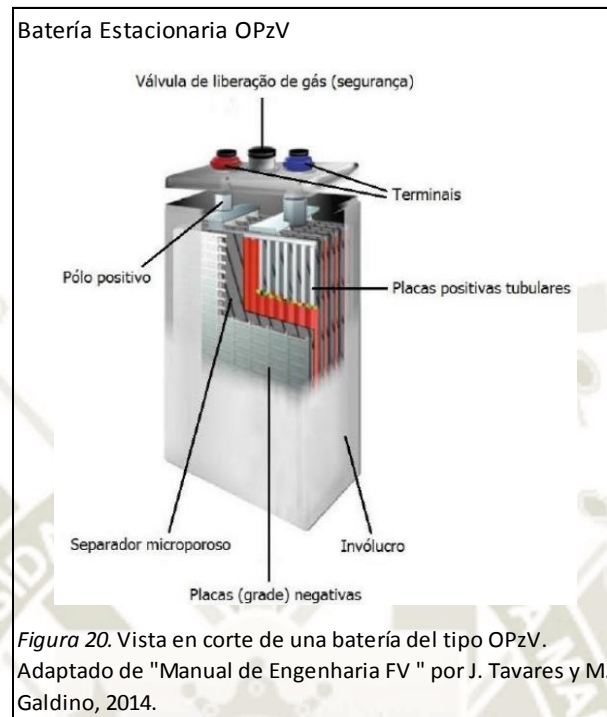
La acumulación se hace por medios químicos dentro de la batería, está formada por una asociación de varios elementos llamados celdas, cada cual consta de dos electrodos de distinto material en una disolución electrolítica, estos electrodos establecen una diferencia de potencial para cada celda con valor a dos voltios. (p. 138)

En aplicaciones fotovoltaicas se utilizan baterías de plomo-ácido con voltajes de 12 o 24 de tensión nominal, cumpliendo con la misión de suministrar potencia instantánea superior a la que se genera en los campos solares, y determinan el margen de tensiones de trabajo de la instalación.

Las baterías de Plomo – Ácido siguen siendo la tecnología más utilizada, constituidas básicamente por un ánodo de dióxido de plomo, conocido como electrodo negativo y un electrolito de ácido sulfúrico diluido en agua. Fagundes y Tavares (2008) refieren que durante el proceso de almacenamiento de energía, debe estar conectado a los terminales de la batería un generador CC nuestro caso el Módulo Fotovoltaico, con una tensión superior a la batería, del tal manera haya una inyección de corriente por el electrodo positivo.

Dentro de los distintos tipos de Baterías conviene distinguir según Tavares y Galdino (2014), las baterías estacionarias de placas tubulares (OPzS Y OPzv):

Este tipo de baterías presentan características constructivas semejantes, las OPzS son baterías estacionarias con placas tubulares positivas conteniendo electrolito líquido y separados especiales, mientras que las OPzV son baterías estacionarias con placas tubulares conteniendo electrolito (H_2SO_4) inmovilizado en un gel y válvulas de seguridad. Siendo su principal diferencia la configuración de los electrodos positivos. (p. 187)



Algunas ventajas de este tipo de baterías mencionadas por Tavares y Galdino (2014) tenemos:

- “Pueden ser utilizadas en cualquier posición”.
- “No tienen problemas de derrame del electrolito”.
- “No requieren reposición de agua”.
- “No liberan gases, no representan riesgo de incendio o explosión”.
- “Tienen menos restricciones en el transporte”. (p.88)

Su mayor inconveniente de este tipo de baterías es su elevado costo. Pero por su mayor vida útil, es una opción viable para este tipo de sistemas.

2.6.5 Controlador de carga

Conocido como regulador de carga, es un “dispositivo electrónico que funciona con CC, el cual es incluido en la mayoría de los sistemas aislados con la función de proteger la batería contra cargas y descargas excesivas, aumentando la vida útil”. (Tavares y Galdino, 2014, p. 214)

Así como también Tavares y Galdino (2014) mencionan que “estos dispositivos deben desconectar el generador fotovoltaico cuando la batería alcanza la carga plena e interrumpir el suministro de energía cuando el estado de carga de la batería alcanza un nivel mínimo de seguridad”. (p. 214)

Conociendo las características anteriores Tavares y Galdino (2014) mencionan tres estados en los que se efectúa la carga de la batería y son:

- “En Bruto, se da cuando la batería esta descargada y el controlador aplica la mayor corriente que le módulo fotovoltaico puede entregar. Hasta alcanzar una tensión final de carga preestablecida”. (p. 214)
- “Absorción, la tensión de la batería se mantiene constante en el valor de tensión de carga por un intervalo de tiempo acumulado hasta que la batería se encuentre totalmente cargada”. (p. 214)

- “Flotación, la tensión de la batería se mantiene constante con una corriente controlada en PWM (microprocesadores de electrónica de potencia), siendo el nivel de tensión de flotación menor al de absorción”.
(p. 214)

Existen los Controladores MPPT que son tomados en cuenta por Tavares y Galdino (2014) los cuales nos indican que:

Los controladores de Seguimiento del Punto de máxima Potencia (MPPT) del panel fotovoltaico se emplean para aumentar la eficiencia del proceso de carga. Para esto el equipo funciona en una tensión de entrada más elevada que los controladores convencionales e incluye un convertidor DC-DC. (p. 220)

Ya que se busca la mayor eficiencia del sistema fotovoltaico Tavares Y Galdino (2014) resaltan que:

Este tipo de controladores tienen una eficiencia entre 92- 97%, siendo su función principal optimizar la extracción de la potencia del generador fotovoltaico, a través de ajuste continuo o periódico de sus valores de tensión y corriente para cada condición de irradiación y temperatura de la celda fotovoltaica, de modo que en todo momento este polarizado en un punto de máxima potencia. (p. 244)

2.6.6 Inversor de corriente.

Fagundes y Tavares (2008) lo conceptualizan como “un dispositivo responsable de convertir la corriente continua de los equipos de generación y almacenada por la baterías, en corriente alterna, conocido también como convertidor de CC - CA”. (p. 163)

Su funcionamiento se basa en mecanismos de conmutación que alteran el flujo de corriente entre los sentidos positivo y negativo.

Entre sus principales características Fagundes y Tavares (2008) nos menciona los siguientes:

- Sus voltajes de entrada de funcionamiento (DC) y de salida (AC).
- Frecuencia de Salida
- Potencia
- Capacidad de Reacción
- Eficiencia
- Forma de onda de salida.

No obstante Fagundes y Tavares (2008) resaltan que en la instalación de un sistema fotovoltaico:

El inversor puede ser monofásico o trifásico dependiendo las necesidades del sistema. Respecto a la conmutación, los inversores pueden ser conmutados por la red (conmutación natural) o auto-conmutados (conmutación forzada). Algunos modelos tienen un control de descarga de la batería, eliminando el uso del controlador hacia la carga de la batería (consumo). (p. 164)



2.6.7 Cables

Los cables están cuidadosamente diseñados y seleccionados para un sistema fotovoltaico. “Como el voltaje en un sistema fotovoltaico es voltaje CC, 12 ó 24 V; las corrientes que fluirán a través de los cables son muchos más altas que las de los sistemas con voltaje CA de 110 V ó 220 V”. (Chapoñan, 2018, p. 75)

Teniendo presente en lo referente a tensiones Castejón y Santamaria (2010) nos dicen que en “los tramos de CA lo habitual es tener tensiones de 230V en monofásica o 400V en trifásica. En los tramos de CC utiliza como dato de tensión, la nominal del sistema de acumulación con valores de 12V, 24V o 48V”. (p. 143)

Cable solar Flexible RV-K 1000V



Figura 22. De cobre con la capacidad de soportar hasta 1000V de tensión con doble aislamiento. Adaptado de "Fotovoltaica" por monsolar, 2015.

CAPÍTULO III

3. REGISTRO DE ANTECEDENTES

- Humpire (2015) “Propuesta Técnica de Sistemas Fotovoltaicos para el Suministro Básico de Electricidad en Áreas no conectadas a la Red para la Región Arequipa” Universidad Católica de Santa María, Arequipa–Perú.

El objetivo de la investigación es desarrollar una propuesta técnica para suministrar de energía eléctrica en áreas no conectadas a la red para la región Arequipa, según la demanda de energía fotovoltaica que se da en un determinado territorio.

Para la realización de esta investigación, se buscó información georreferenciada para conseguir la determinación del territorio; seguidamente se da un análisis de oferta y demanda energética finalmente un dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos para la demanda sin servicio eléctrico de la Región Arequipa.

Llegando a las siguientes conclusiones:

- Para hacer posible el acceso Universal a la energía se tiene que electrificar las comunidades aisladas.
- Los sistemas fotovoltaicos son una tecnología muy competitiva que permite facilitar un acceso básico al servicio eléctrico para localidades aisladas ya que sería muy costoso realizarlo a través de redes.

- Se demostró que el suministro eléctrico mediante un generador convencional tiene costos muy elevados respecto a una instalación fotovoltaica aislada.
 - Se tiene que tener muy en cuenta los distintos criterios como requerimiento de energía, condiciones climatológicas y la radiación solar para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos ya que estos varían en cada región del País.
- Torres (2015) “Proyecto de una central solar fotovoltaica de 20 MW”
Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú.

El objetivo de la investigación es el estudio de la pre-factibilidad para la construcción de una central solar de 20 MW mediante módulos de sistemas fotovoltaicos ubicada a las afueras de la ciudad de Piura.

Para la realización de esta investigación, se elaboraron cálculos de ingeniería considerando la radiación solar y su ubicación geográfica así como también el diseño y especificación de los principales componentes de los módulos fotovoltaicos.

Llegando a las siguientes conclusiones:

- Del análisis de distribución de los módulos fotovoltaicos para la central solar de 20MW, se concluye una cantidad de 131 ramales de módulos

fotovoltaicos en paralelo y que cada ramal esté conformado por 23 módulos en fila.

- Se llega a una reducción considerable de emisiones de CO₂, siendo una cantidad anual de 26,923 toneladas.
 - Llegando a una evaluación de 20 años (2016 – 2035) para la central propuesta, con una inflación de 2.5% y 0.8% en pérdidas para la potencia anual, el costo de producción de energía eléctrica es de 11.73 ctvUS\$/kWh
- Chapoñan (2018) “Dimensionamiento de un Sistema de Generación Fotovoltaico Aislado para suministrar Energía Eléctrica a la localidad de Cruz de Pañala – Morrope – Lambayeque” Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque – Perú.

El objetivo de la investigación es suministrar de energía eléctrica la localidad de Cruz de Pañala ya que este se encuentra aislado de la Red Eléctrica.

Para la realización de esta investigación, se determinó en un inicio la energía promedio requerida por la población seguidamente la evaluación de la radiación del lugar para llegar a un dimensionamiento del sistema fotovoltaico siendo primordial dimensionar la red de distribución eléctrica en baja tensión de 220V y finalmente un presupuesto referencial del sistema.

Llegando a las siguientes conclusiones:

- Realizando el cálculo del consumo de energía de la población teniendo en cuenta que son 38 viviendas, 01 centro educativo, 01 local comunal y 01 iglesia el cual es de 25.72 kWh/día y una potencia de 6,41 kW teniendo un rango de utilización de cada equipo instalado por vivienda.
 - Los datos de radiación solar promedio mensual de todo un año, se obtuvieron de datos estadísticos brindados por la página de la NASA y del atlas del SENAMHI, en donde se tomó el nivel de radiación solar más bajo 4.01 kWh/m²/día, de esta manera tener un respaldo en la generación de energía para la localidad.
 - El sistema estará compuesto por 60 paneles fotovoltaicos de 185 Wp cada uno, 48 baterías para la acumulación de energía, 3 reguladores de carga y 3 inversores, dando una potencia instalada del sistema fotovoltaico de 11,10 kWp.
- Portugal (2018) “Propuesta de sistema fotovoltaico de energía eléctrica para viviendas domiciliarias en la ciudad de Arequipa” Universidad Continental. Arequipa- Perú.

El objetivo de la investigación es diseñar un sistema fotovoltaico para suministrar de energía eléctrica las viviendas domiciliarias de Arequipa de tal manera que sea económico y rentable.

Para la realización de esta investigación, se identificó los artefactos comúnmente incluidos en las viviendas de Arequipa y según el consumo promedio de energía de electrodomésticos se calculó el consumo total, seguidamente se analizó la irradiancia en el peor mes de Arequipa, con esos resultados se dimensionó el sistema de captación (el número de paneles) seguidamente se eligió el tipo de celda solar y el inversor a emplear, dimensionamiento del banco de baterías del sistema para su almacenamiento de energía recolectada y un regulador de carga.

Llegando a las siguientes conclusiones:

- La propuesta del sistema propuesto sea rentable en el tiempo, teniendo un punto de equilibrio económico a los 4 años en la cual el costo de generación de energía será cero.
- Definitivamente esta producción de energía de costo cero repercute en el ahorro de dinero en los gastos mensuales.
- Los equipos a emplear en este diseño se encuentran ofertados en el mercado Nacional.
- La implementación de esta propuesta en las viviendas de Arequipa reducirá considerablemente la huella de carbono global de la ciudad.

- Bastidas (2018) “Evaluación de la implementación de energías renovables con electrificación fotovoltaica para mejorar la calidad de vida del poblado del Distrito de San Rafael, Provincia de Ambo - Región Huánuco – 2018”. Universidad Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco – Perú.

El objetivo de la investigación es mejorar la calidad de vida del poblado de San Rafael mediante la implementación de la instalación de paneles fotovoltaicos ayudando socialmente y a su desarrollo.

Para la realización de esta investigación, se determinó la cantidad de población, los lugares que tiene este poblado sin electrificación convencional dentro de las cuales se destacó Quisuar, Puru Puru, siendo importante la irradiancia del lugar.

Se recopiló información referida al tema de los paneles fotovoltaicos, una coordinación continua con las autoridades para los permisos que se requiere para el ingreso a la localidad e identificar donde será instalado el sistema fotovoltaico.

Llegando a las siguientes conclusiones:

- La instalación de este tipo de sistema con energía renovable no solo mejorará la calidad de vida sino que también genera participación ciudadana, inclusión social y presencia estatal.

- Al suministrar de energía eléctrica las zonas con escasos recursos económicos permite extender la jornada laboral de los habitantes obteniendo un mayor desarrollo.
 - La instalación de los paneles fotovoltaicos en San Rafael es muy beneficioso debido a que es una energía limpia y no provoca una contaminación ambiental siendo sostenible en el tiempo.
- Tercero (2015) “Diseño de una Mini Central solar fotovoltaica autónoma con una capacidad de 2.7 kWp, para electrificar la comunidad de la Fortunata – Miraflores Moropotente, Estelí”. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Estelí – Nicaragua

El objetivo de la investigación es Diseñar la Mini Central Fotovoltaica para satisfacer la demanda existente de la comunidad, analizando también el impacto socioeconómico que se generara en la comunidad con la implementación de este proyecto.

Para la realización de esta investigación, se realizaron encuestas a inicios del año 2014 para conocer la demanda del servicio eléctrico actual y futuro, estas encuestas fueron aplicadas a 11 familias y una iglesia de la comunidad por lo que se halló una demanda de 2.1 kWh/diario y que iba en aumento hasta los 7.11kWh/diario.

Seguidamente se analiza el valor que deberá pagar la población por el servicio, en primera instancia se debe considerar su situación económica y el periodo de recuperación de la inversión. El dimensionamiento de la mini central se basa al cuadro de carga con una demanda de energía proyectada a futuro, el número de paneles que necesita para la mini central y la irradiancia de la zona donde se desarrollara el proyecto.

Llegando a las siguientes conclusiones:

- Una vez dimensionada la mini Central se procedió el dimensionamiento de la red de distribución.
- Es totalmente factible el proyecto, ya que tiene un gran aporte al bienestar y a la economía de la nación indirectamente.
- Según los resultados el proceso de energía eléctrica se dará de manera óptima ya que el equipamiento empleado se encuentra en el mercado, además de eso se puede ampliar la capacidad de generación a largo plazo.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Campo de Verificación

4.1.1 Distribución del Espacio

La localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas se ubica en el distrito de Yanahuara provincia de Arequipa, región Arequipa principalmente a espaldas de los volcanes Chachani y Misti, a una altitud de 3991 msnm.

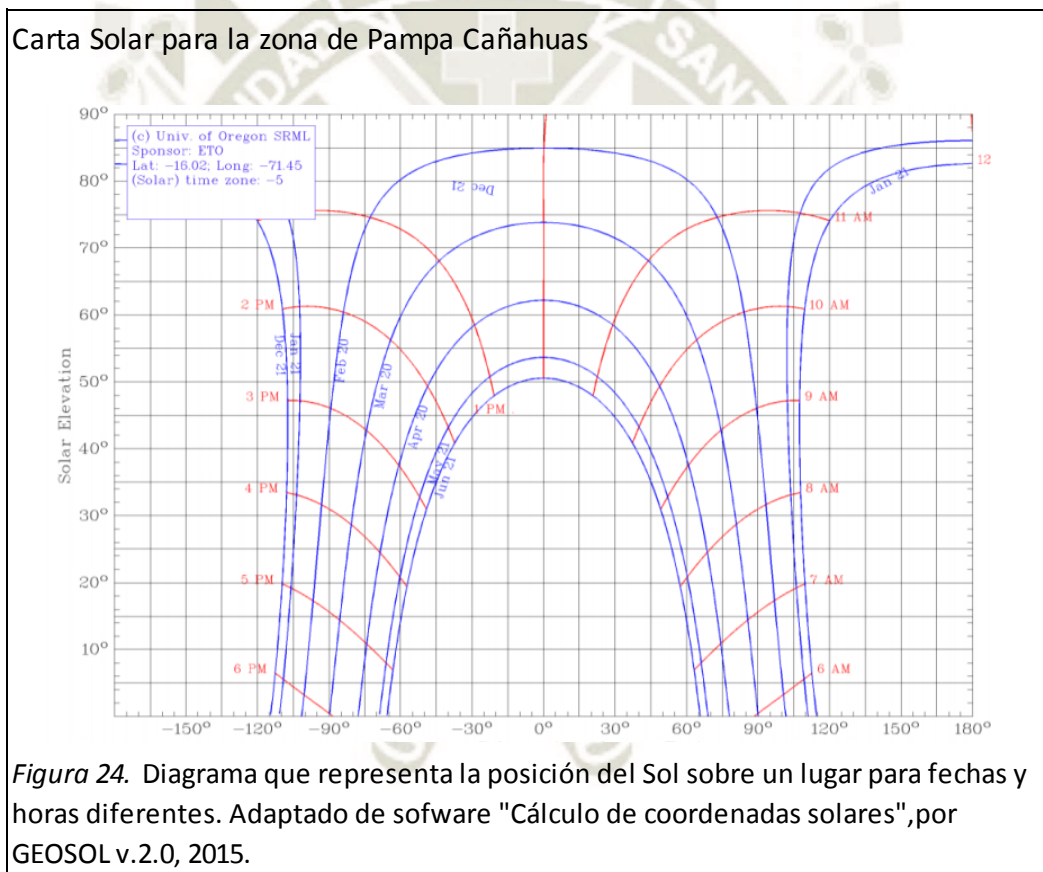
Abarca una extensión de 314,447 hectáreas con una altitud promedio de 4,000m. El clima es frío con un promedio anual que no sobrepasa los 4°C; las lluvias son escasas, con un promedio de 400 mm anuales de precipitación, existen formaciones rocosas.



4.1.2 Recurso Solar

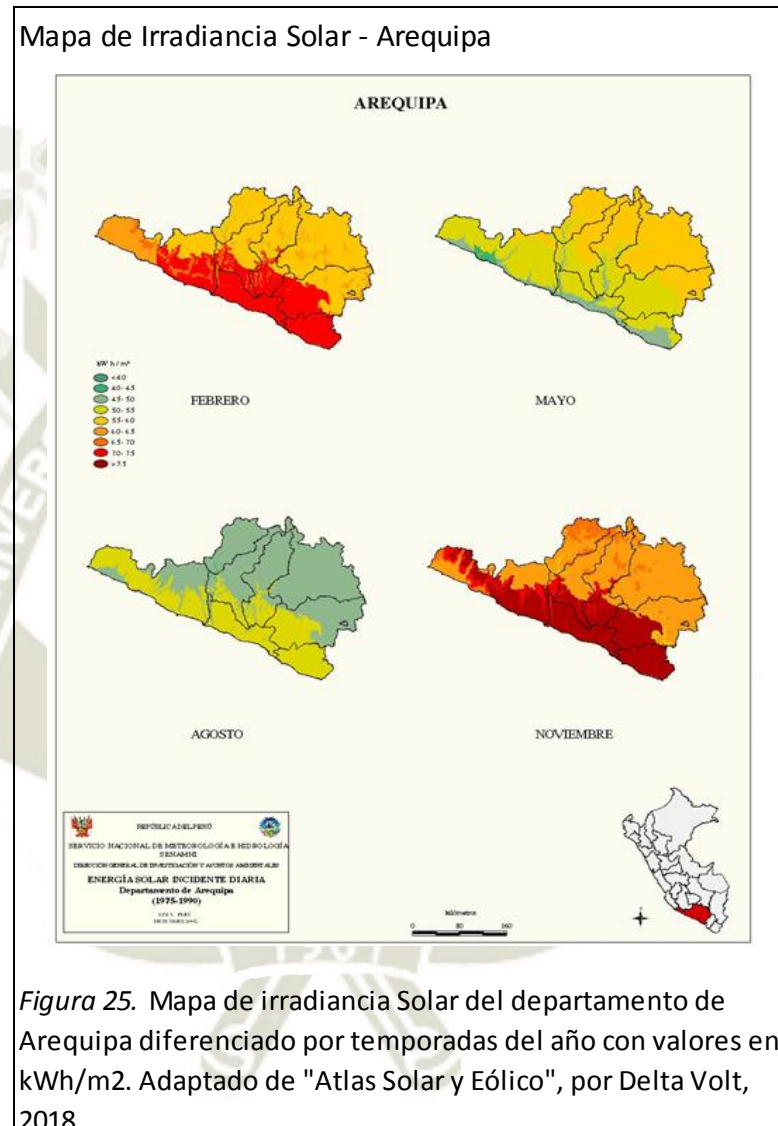
El movimiento del sol en el cielo describe una ruta horizontal de Este a Oeste y, también vertical a lo largo del día; es decir, desde el horizonte hasta casi su máxima altura que sería a medio día, volviendo nuevamente al horizonte al atardecer.

Mostramos la carta solar para el lugar indicado:



Podemos observar en la Carta solar cilíndrica (16°S - 71°W) que los meses de menor altura solar se da precisamente en los meses de invierno.

Con la información que también nos brinda el Ministerio de Energía y Minas (MEM) se puede observar lo descrito anteriormente.



Observando de la imagen anterior que la menor radiación se tiene en los meses de invierno (Mayo - Agosto).

Los datos de radiación solar para distintas inclinaciones del arreglo fotovoltaico y, que nos permiten realizar un análisis de la producción en las diferentes temporadas del año son obtenidos a través de PVWatts como observamos:



Obs.	Inclinación	Ene.	Feb	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Lat -15°	0°	6.59	6.03	6.22	6.27	6.12	5.76	5.97	6.67	7.47	8.00	8.39	7.55
Latitud	15°	6.17	5.84	6.38	6.91	7.25	7.06	7.18	7.57	7.92	7.90	7.84	6.93
Lat +15°	30°	5.42	5.35	6.20	7.16	7.95	7.93	7.96	8.02	7.90	7.35	6.88	5.97

Nota. Tenemos los diferentes valores de radiación solar destacando en cada mes los valores mas altos obtenidos. Adaptacion propia en base a la investigacion realizada, 2019.

Mostramos aquí las horas de sol pico (HSP) para los distintos meses con treinta grados de inclinación aproximada que es mencionado en **N.T.E. EM.**

080 Instalaciones con energía solar:

- Igual a la Latitud – 15°: ideal para instalaciones o casas de verano
- Igual a la Latitud: Ideal para instalaciones de conexión a red
- Igual a la Latitud + 15°: ideal para instalaciones aisladas

Lo que se puede observar es que para la temporada de invierno (peor de los casos) si se cuenta con una inclinación del arreglo fotovoltaico igual a la latitud +15° en promedio, lograremos la mayor producción de energía.

Cuadro Comparativo de los Tipos de Intalaciones Fotovoltaicas

Tipo de instalación	Uso	Máxima captación de energía	Inclinación óptima
Conectadas a la red	Anual	Anual	$\beta_{opt} = \phi - 10$
Bombeo de agua	Anual	Verano	$\beta_{opt} = \phi - 20$
Autónomas de consumo anual constante	Anual	Periodo de menor radiación (por ejemplo, invierno)	$\beta_{opt} = \phi + 10$

Figura 27. Inclinaciones óptimas en función del peirodo de máxima captación. Adaptado de "Instalaciones Solares Fotovoltaicas", por A. Castejón y G. Santamaria, 2010, p.13.

Ahora, para el diseño de sistemas aislados se toma el punto más crítico; es decir, se parte de un diseño para la temporada de invierno ya que lo que se quiere es que no nos falte energía durante todo el año, menos en esta temporada. Obviamente en verano la producción aumentaría pudiendo conseguir con seguridad algún excedente que nos permitan disponer de una cantidad adicional de energía.

Tabla 2
Radiación de Menor Valor en el Año

Obs.	Inclinación	Ene.	Feb	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Lat -15°	0°	6.59	6.03	6.22	6.27	6.12	5.76	5.97	6.67	7.47	8.00	8.39	7.55
Latitud	15°	6.17	5.84	6.38	6.91	7.25	7.06	7.18	7.57	7.92	7.90	7.84	6.93
Lat +15°	30°	5.42	5.35	6.20	7.16	7.95	7.93	7.96	8.02	7.90	7.35	6.88	5.97

Nota. Se destaca el valor mas crítico de radiación que será la época mas crítica para el sistema . Adaptacion propia en base a la investigacion realizada, 2019.

Tomaremos para el diseño del sistema fotovoltaico el dato de menores horas de sol pico (HSP) para una inclinación de 30°: **5.35 HSP**

Ángulo de Inclinación del Módulo Fotovoltaico

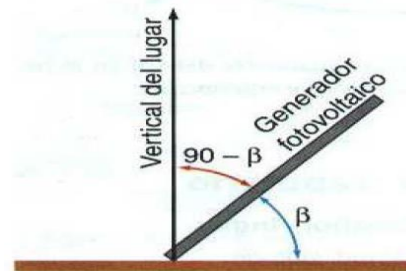


Figura 28. Ángulo de inclinación formado por la superficie del generador con el plano horizontal. Adaptado de "Instalaciones Solares Fotovoltaicas", por A. Castejón y G. Santamaria, 2010, p.12.

La radiación solar fuerte y peligrosa se da entre las 11.00 y 15.00 horas., por lo que la población debe tomar medidas preventivas para proteger la piel de las emisiones ultravioleta del sol. (Romero, 2015, p. 29).

4.2 Cálculo de proyección de población

4.2.1 Población, vivienda actual y proyección para la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas

La población actual es de aproximadamente 180 habitantes, estas se distribuyen en 40 viviendas en la zona seleccionada para la elaboración del proyecto en la localidad de Pampa Cañahuas.

4.2.2 Cálculo de población y viviendas futuras

Este proyecto será planeado para que pueda cubrir las necesidades energéticas de la población por lo menos durante un periodo de 30 años. Es necesario calcular el crecimiento poblacional futuro. De esta forma, se hará una estimación de lo que será en ese momento la demanda energética y así podremos verificar si el proyecto instalado conseguirá seguir cubriendo las necesidades energéticas dentro 30 años.

Para el cálculo de la población futura se utilizará la siguiente fórmula:

$$Pf = Pa \left(1 + \frac{i}{100}\right)^t$$

Por lo tanto, la población estimada en 30 años será 437 habitantes, distribuida en 95 viviendas.

P_f = Población Futura

P_a = Población Actual

i = Tasa de Crecimiento

t = Periodo de Crecimiento

En este caso:

P_a = 180 habitantes

i = 3% (dato tomado de INEI)

t = 30 años

4.3 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Tomando en cuenta los datos recogidos a través de la visita que se hizo a la localidad, tenemos información sobre los electrodomésticos con los que cuentan cada una de las viviendas.

4.3.1 Análisis de cargas

El presente análisis solo se realizará para cargas en AC ya que según la data de los mismos no encontramos cargas en DC.

Para poder tener claro la demanda energética y determinar su efecto en el dimensionamiento vamos a considerar ciertas variables tales como:

- Potencia requerida por todas las cargas
 - Potencia nominal
 - Potencias pico
 - Factor de potencia
- Energía requerida por cada carga
 - Tiempo de uso
 - Tipo de carga
- Constante
- Cíclica

En un sistema aislado se debe considerar la alimentación del 100% de las cargas y, además el sistema debe ser capaz de mantener un estado de carga saludable en las baterías. Por tanto los usuarios deben administrar correctamente sus cargas para mantener una estabilidad en el sistema.

4.3.2 Tipos de cargas a usar

Para un correcto dimensionado del sistema se deben tener en cuenta ciertas características de las cargas en cuestión, según la “**Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos (SFD)**” por el Ministerio de Energía y Minas:

- **Cargas simultáneas**

Dada la situación donde la dispersión de las cargas es considerable y la simultaneidad de su uso dependería mucho en cuanto a la cultura de

consumo energético del lugar, para efectos del presente análisis tomaremos un factor de 75%.

- **Cargas cíclicas**

Dentro de las cargas presentes en el lugar, encontramos el uso de refrigeradoras, las cuales se van encendiendo periódicamente a lo largo de las 24h del día. Para tal efecto consideraremos el trajo efectivo equivalente a 8h continuas para este tipo de cargas

- **Picos de arranque**

Las cargas que cuenten con un proceso de arranque (motores por ejemplo) tendrán cierta consideración adicional ya que en dicho proceso por lo general suelen absorber de entre 3 a 5 veces la corriente por lo tanto la potencia nominal en un tiempo bastante reducido. Esto es, corriente de arranque el cual lo cuantificaremos como factor de arranque (1,3 o 5 veces la corriente nominal).

- **Factor de potencia (fdp)**

Es una característica muy importante si se cuenta con cargas AC dentro de una instalación. Podríamos hablar específicamente de aquellas cargas inductivas (motores, transformadores, compresores, balastos y hasta en bombillas LED entre otras) o capacitivas (por ejemplo arranque de motores mediante capacitores).

Estas cargas hacen que cierta parte de la energía entregada al sistema sea retenida durante cierta parte del ciclo de la onda de AC y retorna a la fuente de alimentación en la siguiente parte del ciclo de la onda AC; por tanto, esta energía no es consumida pero debe ser suministrada de igual forma por la fuente.

La potencia requerida por la fuente entonces se cuantificará en VA (potencia aparente, volt - amperes) el cual se obtiene al dividir la potencia activa (W) entre el fdp.

Seguidamente detallaremos el cuadro de cargas de la localidad teniendo en cuenta el tiempo de uso de los artefactos por día y un factor de simultaneidad adecuado para la instalación del sistema:

Tabla 3
Cuadro de Cargas de la localidad

Cargas	Cant.	Potencia (W)	Tiempo h/día	ciclos/servicio	Factor de arranque	fdp	W total	W pico	VA total	Energía/día wh/día
Restaurante "Chinitos Patahuasi"										
Foco incandescente	12	15	12	1	1	1.00	180	180	180.00	2160
TV	3	100	8	1	1	0.70	300	300	428.57	2400
DVD	2	25	8	1	1	0.70	50	50	71.43	400
Congeladora	1	500	24	0.33	3	0.80	500	1500	625.00	3960
Refrigeradora	1	200	10	0.33	3	0.80	200	600	250.00	660
Microondas	1	1200	5	1	1	0.90	1200	1200	1333.33	6000
Restaurante "Mate Inka"										
Foco incandescente	10	15	12	1	1	1.00	150	150	150.00	1800
TV	2	100	8	1	1	0.70	200	200	285.71	1600
DVD	2	25	8	1	1	0.70	50	50	71.43	400
Refrigeradora	1	200	10	0.33	5	0.80	200	1000	250.00	660
Microondas	1	1200	5	1	1	0.90	1200	1200	1333.33	6000
Hervidor	1	1700	4	1	1	1.00	1700	1700	1700.00	6800
Calefactor	1	700	5	1	1	1.00	700	700	700.00	3500
SENASA										
Lámparas LED	3	75	8	1	1	0.70	225	225	321.43	1800
COVISUR										
Lámparas LED	4	100	6	1	1	0.70	400	400	571.43	2400
PCs	3	100	6	1	1	0.70	300	300	428.57	1800
Hervidor	2	1700	2	1	1	1.00	3400	3400	3400.00	6800
Terma	1	1500	2	1	1	1.00	1500	1500	1500.00	3000
Calefactor	1	700	6	1	1	1.00	700	700	700.00	4200
TV	2	100	6	1	1	0.70	200	200	285.71	1200
Casas de Patahuasi - Pampa cañahuas(40)										
Refrigeradora	40	150	24	0.33	5	0.80	6000	30000	7500.00	47520
Lámparas LED	240	15	8	1	1	1.00	3600	3600	3600.00	28800
PCs	40	150	4	1	1	0.70	6000	6000	8571.43	24000
Terma	40	1500	2	1	1	1.00	60000	60000	60000.00	120000
TV	80	100	6	1	1	0.70	8000	8000	11428.57	48000
TOTAL							W	Wpico	VA	Wh/día
							96955	123155	105686	325860

Nota. Cuadro de cargas detallado de la localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2019

Delo anterior podemos determinar que el equipo que administre las cargas tendrá que ser capaz de proporcionar 97 kW de manera constante, soportar picos de arranque de hasta 123 kW y poder suministrar reactivos siendo su potencia aparente de 105 kVA.

El dato obtenido de la energía (Wh/día) nos será útil junto a consideraciones adicionales para el diseño del campo fotovoltaico en la siguiente sección.

4.4 Determinación del campo fotovoltaico

4.4.1 Determinación del número de módulos N_T

La energía que es capaz de captar el campo fotovoltaico queda definido como la potencia del generador por las horas de sol pico por un coeficiente de rendimiento.

$$E_G = P_{PV} \times HSP \times PR \dots (I)$$

Por tanto, la potencia necesaria sería de:

$$P_{FV} = \frac{E_G}{HSP \times PR} \dots (II)$$

Consideraciones adicionales:

Como se observó en el cuadro de cargas, la energía necesaria tanto para producción como para almacenamiento es grande, por tanto haciendo un adelanto para el sistema de almacenamiento, se considerarán dos análisis con distintas tecnologías de baterías, las cuales son:

- Estacionarias de Ciclo Profundo (Plomo-Ácido)
- Litio

Por tanto, consideraremos dos factores de corrección adicionales para la producción neta de energía.

a) Factor de corrección del campo FV (Performance Ratio)

La producción fotovoltaica, luego de convertida la radiación en energía eléctrica, pasa por diversos procesos en los cuales se producen pérdidas hasta llegar al inversor, red (AC Coupling) o almacenamiento.

Por tanto, este **PR** se define mediante un proceso amplio determinado en la hoja de cálculo adjunta.

b) Factor de corrección de sistema de almacenamiento

En el proceso de carga y descarga de dichas baterías, se da un proceso de pérdida de energía por lo que por lo general se alcanza a aprovechar entre un 80% u 85% de la energía que inicialmente se almacenó en el banco de baterías. Para este fin tomaremos el factor de 85%.

Redefiniendo (I) y (II):

$$P_{GPV} = P_{PV} / HSP \times PR \times 0.85 \dots (*)$$

Reemplazando (*) en (I):

$$E_G = P_{GPV} \times HSP \times PR \times 0.85 \dots (III)$$

Reemplazando en (II):

$$P_{GPV} = \frac{E_G}{PR \times 0.85 \times HSP} \dots(IV)$$

Como ya se tenía definido de la sección anterior las HSP es igual a 5.35 kWh/m²/día, pasamos a reemplazar dicho valor en la expresión (IV).

$$P_{GPV} = \frac{325\ 860}{PR \times 0.85 \times 5.35} \dots(V)$$

c) Factor de Rendimiento o Relación de Calidad

Quedando pendiente el valor **PR** de la planta. Lo obtendremos con la finalidad de un mayor rendimiento de la instalación.

Se realizará la evaluación de los dos tipos de tecnologías en módulos fotovoltaicos disponibles en el mercado de entre los más grandes actualmente.

Tomaremos como marca referencial el TOP 1 de la TIER ONE (que clasifica a los paneles sobre los que mayor cantidad se ha vendido y empleado en proyectos a nivel mundial en el 2019).

Haremos referencia a dos módulos de la marca **JINKO SOLAR** de la misma potencia pero en diferentes tecnologías con el objetivo de comparar su rendimiento bajo las condiciones ambientales del lugar, estas son:

- JINKO EAGLE PLUS JKM340M – 72 ... 340W (monocristalino)
- JINKO EAGLE 72P JKM340PP – 72 ... 340W (policristalino)

Buscaremos evaluar el **PR** de cada arreglo fotovoltaico conformado por cada tipo de los módulos mencionados.

Para ello tomaremos en cuenta las siguientes relaciones:

- Temperatura de la Célula

$$T_{cell} = T_{amb} \cdot \frac{E}{800} (TONC - 20)$$

Dónde:

- **E**: Radiación en condiciones STC (1000 W/m²)
- **TONC**: Temperatura de Operación Normal de la Célula
- Pérdidas por Temperatura (PR temperatura)

$$L_{temp} = g(T_{cell} - 25)$$

$$PR = 1 - L_{temp}$$

Las consideraciones adicionales de pérdidas para el **PR_{TOTAL}** de las instalaciones se tomarán como referencia lo especificado en la Normativa Europea (AENOR e IDEA) en la cual menciona los rangos numéricos de los parámetros y son:

- Factor de Pérdidas del Inversor (**L_{inv}**): El cual se calcula utilizando el dato de la eficiencia europea (**μ_E**) suministrado por el fabricante

$$L_{inv}(\%) = 100 - \mu_E$$

- Factor de Pérdidas por tolerancia de la potencia de los módulos fotovoltaicos (L_{tol}): Se debe adoptar y considerar el peor caso, empleando el valor más pequeño de la tolerancia indicada por el fabricante.

Suponiendo que todos los módulos están justo en el límite inferior de su potencia nominal, por tanto, si un módulo indica que su tolerancia puede ser $\pm 2\%$. Su factor de pérdidas por tolerancia sería $L_{tol} = 2\%$.

- Pérdidas por Disponibilidad de la Instalación (L_{dis}): Se consideran de un 3% al traerse de un único inversor central. $L_{dis} = 3\%$

Estos términos utilizados en el cálculo del **PR** son valores aproximados. Los valores indicados son los más utilizados habitualmente y tienen en cuenta una instalación fotovoltaica convencional, donde no hay problemas de sombras, ni de orientación, con una suciedad normal.

Otras pérdidas que serán tomadas en cuenta son:

- Pérdidas debidas al polvo y suciedad sobre los módulos

$$L_{pol} = 2\%$$

- Pérdidas por Reflectancia Angular y Espectral

$$L_{ref} = 2\%$$

- Pérdidas por dispersión de parámetros (MisMatching)

$$L_{mis} = 2\%$$

- Pérdidas por sombreados parciales

$$L_{som} = 0\%$$

- Pérdidas por orientación

$$L_{ori} = 0\%$$

- Pérdidas por inclinación

$$L_{incl} = 0\%$$

Utilizando los valores anteriores se obtiene el PR_{TOTAL} de la instalación para cada mes de funcionamiento aplicando la siguiente expresión.

$$PR = [(1 - L_{tem}) \cdot (1 - L_{pol}) \cdot (1 - L_{ref}) \cdot (1 - L_{mis}) \dots \dots \dots \cdot (1 - L_{etc})]$$

También tomaremos los datos de temperatura media del lugar, para ello emplearemos una base de radiación muy utilizada entre varios diseñadores y que también es recomendada como fuente referencial por la IDEA, el Meteonorm Software.

TABLA 4
Meteonorm Software

Patahuasi

	Gh kWh/m ²	Gk kWh/m ²	Dh kWh/m ²	Bn kWh/m ²	Ta °C	Td °C	FF m/s
Enero	194	169	79	162	8.4	4.2	3
Febrero	156	119	63	136	8.6	4.1	2.9
Marzo	200	120	66	199	8.4	3.7	2.7
Abril	201	74	48	236	7.7	1.6	2.6
Mayo	183	41	42	230	6	-4.2	2.8
Junio	166	29	38	222	4.7	-6.8	2.8
Julio	189	37	45	239	4.4	-6.7	3.1
Agosto	212	65	53	242	5.6	-5.2	3.1
Setiembre	241	112	47	281	7	-2.2	3.2
Octubre	258	173	57	272	8.3	-0.1	3.2
Noviembre	260	214	61	265	9.3	0.8	3.2
Diciembre	213	194	85	183	9.1	2.9	3.1
Año	2470	1349	684	2668	7.3	-0.7	3

Nota. Información sobre la variación de temperatura atmosférica del lugar, en los diferentes meses del año.

Por tanto, realizando los cálculos con las expresiones y datos anteriores obtendremos los siguientes **PR** para las diferentes tecnologías de módulos fotovoltaicos.

- Monocristalino 340W
 - g: -0.39%
 - PR_{TEMP} : 0.937
 - PR_{TOTAL} : 0.786

TABLA 5
Cálculo de PR_{total} para Módulos Fotovoltaicos Monocristalinos

Mes	Temperatura ambiente :	Temperatura células :	Pérdidas temp .	PR temperatura	PR_{total}
ENERO	8.4	42.15	0.067	0.933	0.783
FEBRERO	8.6	42.35	0.068	0.932	0.782
MARZO	8.4	42.15	0.067	0.933	0.783
ABRIL	7.7	41.45	0.064	0.936	0.785
MAYO	6.0	39.75	0.058	0.942	0.791
JUNIO	4.7	38.45	0.052	0.948	0.795
JULIO	4.4	38.15	0.051	0.949	0.796
AGOSTO	5.6	39.35	0.056	0.944	0.792
SEPTIEMBRE	7.0	40.75	0.061	0.939	0.787
OCTUBRE	8.3	42.05	0.066	0.934	0.783
NOVIEMBRE	9.3	43.05	0.070	0.930	0.780
DICIEMBRE	9.1	42.85	0.070	0.930	0.781
Promedios	7.292	41.042	0.063	0.937	0.786

Nota. Información sobre el $PR_{temperatura}$ y PR_{total} de módulos Monocristalinos obtenidos para cada mes del año.

- Policristalino 340W
 - g: -0.38%
 - PR_{TEMP} : 0.949
 - PR_{TOTAL} : 0.796

TABLA 6

Cálculo de PR_{total} para Módulos Fotovoltaicos Policristalinos

Mes	Temperatura ambiente :	Temperatura células :	Pérdidas temp.	PR temperatura	PR_{total}
ENERO	8.4	39.65	0.056	0.944	0.792
FEBRERO	8.6	39.85	0.056	0.944	0.792
MARZO	8.4	39.65	0.056	0.944	0.792
ABRIL	7.7	38.95	0.053	0.947	0.795
MAYO	6.0	37.25	0.047	0.953	0.800
JUNIO	4.7	35.95	0.042	0.958	0.804
JULIO	4.4	35.65	0.040	0.960	0.805
AGOSTO	5.6	36.85	0.045	0.955	0.801
SEPTIEMBRE	7.0	38.25	0.050	0.950	0.797
OCTUBRE	8.3	39.55	0.055	0.945	0.793
NOVIEMBRE	9.3	40.55	0.059	0.941	0.789
DICIEMBRE	9.1	40.35	0.058	0.942	0.790
Promedios	7.292	38.542	0.051	0.949	0.796

Nota. Información sobre el $PR_{temperatura}$ y PR_{total} de módulos Policristalinos obtenidos para cada mes del año.

De acuerdo a lo obtenido, para las condiciones dadas del lugar una tecnología del tipo Policristalino se comportaría mejor ya que su PR_{TOTAL} es mayor frente a la tecnología del Monocristalino.

Actualmente las grandes plantas instaladas en la parte Sur del país podrían respaldar lo obtenido por su cercanía al lugar analizado, ya que la mayoría de ellas cuentan con tecnología Policristalino puesto que el espacio no es un limitante.

Optaremos por tanto el empleo de dicha tecnología tomando el **PR** obtenido según el análisis anterior

Reemplazando en (V):

$$P_{GPV} = 325\ 860 / PR \times 0.85 \times 5.35$$

$$P_{GPV} = 325\ 860 / 0.796 \times 0.85 \times 5.35$$

$$P_{GPV} = 90\ 021.3\ W$$

Para poder evaluar la cantidad de módulos necesarios que conformarán la planta, tomaremos como referencia el módulo policristalino **JINKO EAGLE 72P JKM 340PP-72**.

A continuación se muestra las características técnicas:

Tabla 7
Datos del Módulo Fotovoltaico Policristalino

Ppk (W)	Voc (V)	Vpmp (V)	Ipmp (A)	Isc (A)	α (A°C)	β (V/°C)	TONC
340	47.5	38.2	8.91	9.22	0.005532	-0.14725	45

Nota. Datos obtenidos de la Ficha Técnica del módulo JINKO EAGLE 72P JKM 340PP-72.

Para los datos de radiación y temperatura tendremos:

Tabla 8

Datos de HSP (kWh/(m²-día)) y temperatura para Arequipa a 30° de inclinación

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Ángulo: 30°	5.42	5.35	6.20	7.16	7.95	7.93
Temperatura ambiente	8.4	8.6	8.4	7.7	6.0	4.7
	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
Ángulo: 30°	7.96	8.02	7.90	7.35	6.88	5.97
Temperatura ambiente	4.4	5.6	7.0	8.3	9.3	9.1

Nota. Datos obtenidos anteriormente sobre las Horas de Sol Pico de la localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas

Dado que la potencia fotovoltaica a instalar es muy cercana a 90kW, elegiremos el siguiente inversor (que transformara la energía FV a energía AC para verterlo al bus de AC del inversor SPS que es el administrador de la energía central).

Datos del inversor a emplear:

Tabla 9

Datos del inversor: SIRIO 100kVA

V_dcmax	V_dcmin	I_dcmax	P_FVmax	Rend_eur	Rend_max	cos φ
800	330	320	100000	95%	96%	1

Nota. Datos obtenidos de la Ficha Técnica del Inversor SIRIO 100kVA.

De acuerdo a ello tendríamos los siguientes valores límites para nuestro campo fotovoltaico:

Tabla 10

Valores límite sobre condiciones STC:

Número de paneles serie máximo (N_PS_max):	16.84
Número de paneles serie mínimo (N_PS_min):	8.64
Número de ramas paralelo máximo (N_RP_max):	35.91

Nota. Resultados obtenidos de los datos del módulo fotovoltaico y del inversor

Por tanto los posibles arreglos dentro de los límites y características del inversor en mención serían:

Tabla 11

Posibles Configuraciones Para los Módulos Fotovoltaicos

	Módulos Serie	Ramas Paralelo	V_{OC}	V_{PMP}	I_{PMP}	P_{PK}	nº módulos
Config. 1:	16	17	760	611.2	151	92480	272
Config. 2:	16	15	760	611.2	134	81600	240
Config. 3:	15	18	712.5	573	160	91800	270
Config. 4:	15	17	712.5	573	151	86700	255
Config. 5:	14	19	665	534.8	169	90440	266

Nota. Se eligio la Configuración 5 ya que es la que su Potencia Pico se aproxima a la requerida por el Sistema

Por tanto, las características del campo serían (empleando las relaciones especificadas):

Tabla 12

Configuración seleccionada para el Sistema FV

Configuración elegida para el campo solar FV:

Número módulos serie (N_{MS}):	14
Número ramas paralelo (N_{RP}):	19
Número módulos totales:	266
Potencia pico instalada (W):	90440
Tensión DC máxima (VOC):	665
Tensión PMP (VPMP):	534.8
Intensidad en el PMP (IPMP):	169.29
Intensidad I_{SC} :	175.18
Intensidad Alterna I_{AC} :	132.05

Nota. Datos obtenidos para el diseño del Sistema Fotovoltaico Aislado

Ahora la estimación de producción anual del Sistema Solar Fotovoltaico es de **184255.62 kWh/año**.

Tabla 13

Producción Anual de Sistema Solar Fotovoltaico Aislado

Mes	nº días	HSP(30°) (kWh/(m ² día))	PR	kWh/día	kWh/sem	kWh/mes
ENERO	31	5.42	0.791	387.95	2715.65	12026.47
FEBRERO	28	5.35	0.791	382.63	2678.42	10713.69
MARZO	31	6.20	0.791	443.78	3106.47	13757.21
ABRIL	30	7.16	0.794	513.94	3597.57	15418.18
MAYO	31	7.95	0.799	574.54	4021.76	17810.66
JUNIO	30	7.93	0.803	576.06	4032.43	17281.84
JULIO	31	7.96	0.804	578.93	4052.50	17946.78
AGOSTO	31	8.02	0.800	580.52	4063.64	17996.13
SEPTIEMBRE	30	7.90	0.796	568.65	3980.54	17059.46
OCTUBRE	31	7.35	0.792	526.31	3684.15	16315.52
NOVIEMBRE	30	6.88	0.789	490.67	3434.69	14720.11
DICIEMBRE	31	5.97	0.789	426.11	2982.80	13209.55
PROMEDIO:		7.01	0.795	504.17	3529.22	15354.63
TOTAL ANUAL					184255.62	

Nota. Datos obtenidos de la tabla de Hora Solar Pico y la Tabla de el PRtotal por cada mes del año, permitiendo calcular la producción total anual de energía del sistema. (kWh/año).

De acuerdo a lo que indica la mayoría de fichas técnicas de los fabricantes de módulos fotovoltaicos y, en particular el de éste que tomamos como referencia para la planta, se tiene una degradación máxima de 20% hacia el año 25, se obtiene, por tanto, un **8%** de degradación anual máxima.

Se tomará dicho valor para el análisis de la producción hasta el año 30:

Tabla 14

Estudio de la pérdida de potencia generada por envejecimiento de los módulos fotovoltaicos (0.8 % / año)

	Energía (kWh)		Energía (kWh)		Energía (kWh)
Año 1	184255.62	Año 11	170034.66	Año 21	156911.29
Año 2	182781.57	Año 12	168674.38	Año 22	155655.99
Año 3	181319.32	Año 13	167324.99	Año 23	154410.75
Año 4	179868.76	Año 14	165986.39	Año 24	153175.46
Año 5	178429.81	Año 15	164658.50	Año 25	151950.06
Año 6	177002.38	Año 16	163341.23	Año 26	150734.46
Año 7	175586.36	Año 17	162034.50	Año 27	149528.58
Año 8	174181.67	Año 18	160738.22	Año 28	148332.35
Año 9	172788.21	Año 19	159452.32	Año 29	147145.69
Año 10	171405.91	Año 20	158176.70	Año 30	145968.53

Prod Total	4931854.65	kWh
Prod TOTAL	4.932	GWh

Nota. Datos obtenidos calculando una degradación de los módulos de 0.8 al año, durante 30 años de operación

4.4.2 Determinación del sistema de almacenamiento de energía

Para determinar la capacidad de los acumuladores, debemos tener en cuenta algunos términos adicionales como:

- **Profundidad de descarga (%DOD):** Indica el porcentaje de descarga de los acumuladores en el proceso de uso de la energía por ciclo. Es necesario mencionar que mientras más profundas son las descargas, más es la exigencia a la batería y; por tanto, menos es el tiempo de vida según la curva característica de cada uno. Para un buen diseño consideraremos un 50% para baterías de Plomo – Ácido y 80% para baterías de Litio, realizando una comparativa entre las dos.
- **Días de autonomía:** Será necesario tomar en cuenta los días que se requiere que el sistema funcione en el caso de que no se disponga de mucha radiación solar.
- **Tamaño del acumulador:** Para poder determinar la capacidad total analizaremos los dos tipos de baterías:
 - Baterías de Plomo – Ácido (BAE SECURA PVV SOLAR)
 - **Caso A:** Si usáramos la tensión más común de 48V

$$C_B = \frac{E_G \times \text{autonomía}}{V_B \times \%DOD} = \left(\frac{325\ 860 \times 1.5}{48 \times 50\%} \right) \times 100\% = 20\ 366.25 \approx 20\ 367\ Ah$$

Por lo general sería complicado disponer de baterías de esa capacidad en el mercado. Se podría realizar una configuración en paralelo, pero no sería nada recomendable porque estaríamos acortando aún más el tiempo de vida de los mismos.

- **Caso B:** Elevando la tensión del banco de baterías a 384V:

$$C_B = \frac{E_G \times \text{autonomía}}{V_B \times \%DOD} = \left(\frac{325\,860 \times 1.5}{384 \times 50\%} \right) \times 100\% = 2\,545.78 \approx 2\,546 \text{ Ah}$$

Para este caso fácilmente podríamos disponer de baterías estacionarias de 2550Ah de capacidad cada una a 2V. Se estaría tomando una configuración en serie. Se tendría una solución mucho más saludable y viable para el sistema.

Baterías Estacionarias de Ciclo Profundo (Plomo-Ácido)

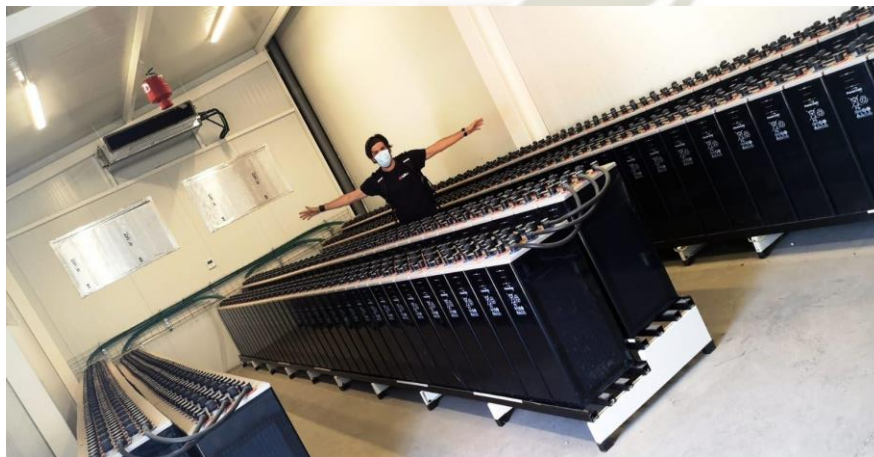
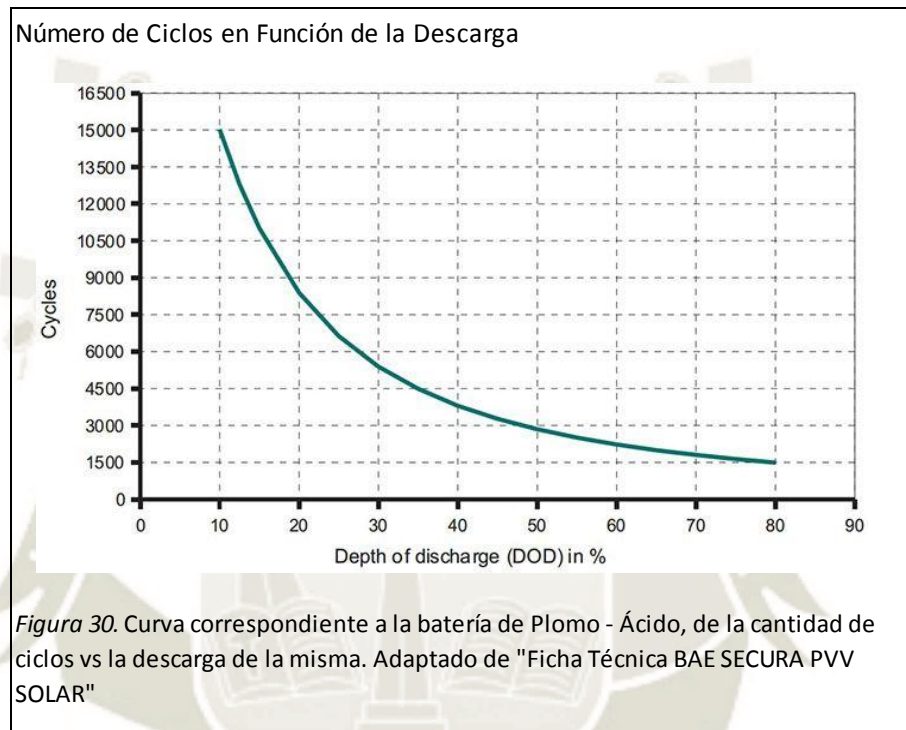


Figura 29. Imagen referencial de conexión de baterías de Plomo-Ácido. Adaptado de "Sistemas fotovoltaicos. Introducción al diseño y dimensionado de instalaciones de energía solar fotovoltaica" por M. Abella, 2005, p. 5

Dado que el diseño del banco de baterías de Plomo- Ácido toma en cuenta la descarga del mismo, en cada ciclo de un máximo de 50%, el número de ciclos de los mismos según la ficha técnica sería.



Se puede observar que, para una profundidad de descarga del 50% se daría en función a 3000 ciclos, considerando una carga y descarga diaria, se tendría:

$$\# \text{Años}_{\text{Vida}} = \frac{3000 \text{ ciclos}}{365 \text{ ciclos/año}}$$

$$\# \text{Años}_{\text{Vida}} = 8.2 \text{ años}$$

Por lo que este tipo de baterías podría alcanzar una vida de 10 años.

- Baterías de Litio – LFP (eBick 180 Pro)
- **Caso A:** Si usáramos la tensión más común de 48V

$$C_B = \frac{E_G \times \text{autonomía}}{48V \times \%DOD} = \left(\frac{325\ 860 \times 1.5}{48V \times 80\%} \right) \times 100\% = 12\ 729\ \text{Ah}$$

Por lo general sería complicado disponer de baterías de esa capacidad en el mercado. Por lo que se tendría que optar por una serie de paralelos.

Considerando que existen entre las más grandes y aplicables baterías de 73Ah por unidad se requeriría 174 baterías aproximadamente, todas en paralelo y todo ello con las desventajas de pérdidas considerables y altas corrientes en DC.

- **Caso B:** Elevando la tensión del banco de baterías a 480V
-

$$C_B = \frac{E_G \times \text{autonomía}}{480V \times \%DOD} = \left(\frac{325\ 860 \times 1.5}{480V \times 80\%} \right) \times 100\% = 1273\ \text{Ah}$$

Para este caso fácilmente podríamos disponer de baterías de litio que nos permitan trabajar en serie / paralelo de 180Ah a 48V, los cuales pueden trabajar en serie hasta 480V (10 unidades en serie).

Por tanto, se emplearían 7 paralelos de 10 baterías en serie cada una, dando un total de 70 baterías.

String de 10 Baterías de Litio -LFP



Figura 31. Imágen referencial de conexión de baterías de Litio -LFP (10unidades). Adaptación propia, 2020.

Cada serie llevará su centro de control (comunicación) los cuales se comunicarán con el inversor gestor de energía central SPS (Administrador de Energía).

Módulo de Protección MCP

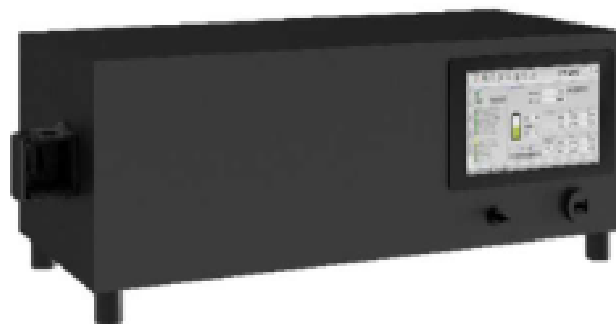


Figura 32. Imágen referencial del centro de control de cada serie de baterías llevara uno de esos comunicadores. Adaptación propia, 2020.

De acuerdo a la ficha técnica identificamos el tiempo de vida promedio de estas baterías de Litio-LFP donde nos indica que como mínimo da 5000 ciclos con descarga al 80%, tendríamos por tanto:

$$\# \text{Años}_{\text{vida}} = \frac{5000 \text{ ciclos}}{365 \text{ ciclos/año}}$$

$$\# \text{Años}_{\text{vida}} = 13.7 \text{ años}$$

Por lo que este tipo de baterías podría alcanzar una vida de 15 años.

4.4.3 Determinación de la etapa de potencia:

El inversor que administre la energía de las baterías y, por consiguiente las cargas, debe ser uno que soporte la potencia total de trabajo de 96 955W o 105 686VA. Como todo ello es la suma de las cargas en general, usaremos el factor de simultaneidad de 75%.

Por tanto, el inversor debería ser capaz de soportar 72716.25W o 79 264.5VA.

Para el primer caso mencionado de Baterías de Plomo-Ácido, y este sea capaz de manejar estas cantidades, sería un inversor de 100KVA a 384Vdc (tensión del banco de baterías). El inversor planteado deberá ser

compatible y trabajar en conjunto con el inversor SIRIO K100 que trabaje con los paneles.

Para el segundo caso de Baterías de Litio-LFP, y este sea capaz de manejar estas cantidades, sería un inversor de 100KVA a 480Vdc (tensión del banco de baterías). El inversor planteado deberá ser compatible y trabajar en conjunto con el inversor SIRIO K100 que trabaje con los paneles y con las baterías de Litio (comunicación).

Finalmente los equipos serían:

- Opción de Plomo-Ácido
 - 1 unidad de Inversor 100KVA Riello Sirio K100
 - 1 unidad de Inversor 100KVA Riello SPS
 - 192 unidades de Acumuladores Estacionario BAE 2V 2550 Ah
- Opción de Litio-LFP
 - 1 unidad de Inversor 100KVA Riello Sirio K100
 - 1 unidad de Inversor 100KVA Riello SPS HE
 - 70 unidades de eBick 48V 8.64 kWh

Por lo que según las fichas técnicas de los equipos y los datos obtenidos anteriormente, el tiempo de vida promedio de cada componente será de:

Tabla 15
Tiempo de vida y Número de cambios que se realizarán de los Componentes del Sistema Fotovoltaico

	Años de vida	#cambios al periodo de 30 años
Batería de Pb	10	3
Batería Litio	15	2
SPS	15	2
Inversor Sirio	15	2
Módulos	30	1

Nota. Tiempo de vida de los componentes del Sistema Fotovoltaico y número de veces que seran cambiados en un periodo de 30 años.

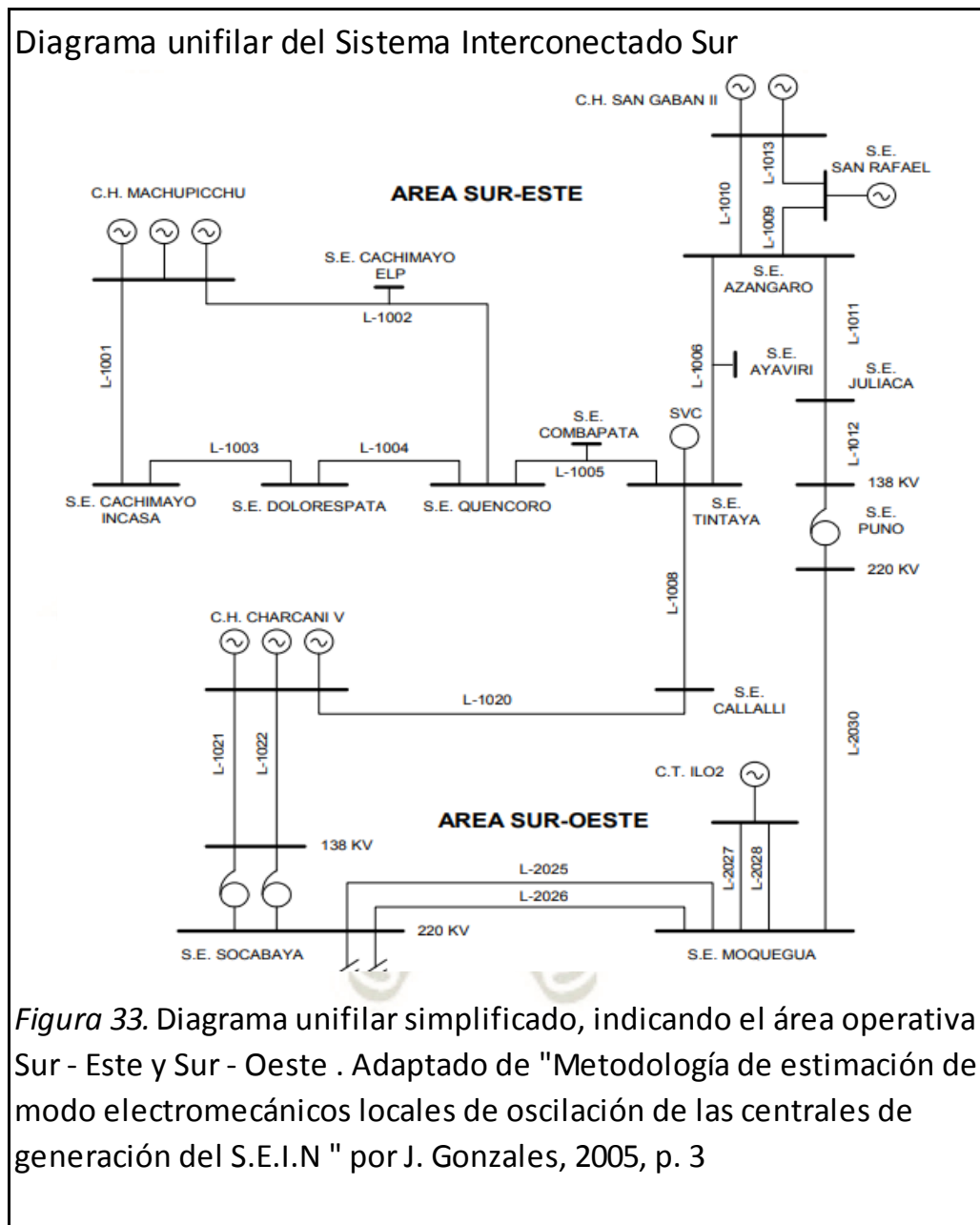
4.5 Determinación de la línea de transmisión 138 kV Callalli – Santuario

Línea de transmisión del Sistema Interconectado Nacional siendo propiedad y operada por la Red de Energía del Perú (**REP**), el código de la línea es L – 1020.

Siendo su trayectoria desde la barra de envío de Santuario a la barra de llegada de Callalli, con una calificación “S” Secundaria, cuenta con un número de ternas de 1.

La longitud total de la mencionada línea de transmisión es de 89.20 km, de tipo aérea, con una tensión nominal de 138kV, capacidad total de 110 MVA, y una corriente máxima de 600 A.

Su conductor es del tipo ACSR (Aluminium-conductor-steel- reinforced), con un calibre de 282.3 mm²



CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 Comparación de Alternativas

5.1.1 Costos de la implementación de energía eléctrica con el sistema fotovoltaico aislado.

Tabla 16
Presupuesto del Sistema Solar Fotovoltaico Aislado

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL
Panel Solar JINKO 340W 24V Policristalino	266	613.87	163289.42
Estructura Cubierta plana 15° 14 panel CVE915	19	2012.12	38230.28
Inversor Aislada RIELLO Sirio SPS100 Power 100kW	1	89000.00	89000.00
Inversor Red RIELLO Sirio K100 - 100kW	1	63666.67	63666.67
Juego Conectores MC4 paneles - regulador	19	24.80	471.20
Batería Estacionaria 2V 2550Ah BAE	192	3931.38	754824.96
Cable Unifilar de 6 mm ² Solar PV 1.5kV Rojo	760	8.10	6156.00
Cable Unifilar de 6 mm ² Solar PV 1.5kV Negro	760	8.10	6156.00
Cable Unifilar de 50 mm ² POWERFLEX RV-K Verde	10	28.65	286.50
Cable Unifilar de 50 mm ² POWERFLEX RV-K Negro	10	28.65	286.50
Cable Unifilar 70 mm ² POWERFLEX RV-K VERDE	20	36.94	738.80
Cable Unifilar 70 mm ² POWERFLEX RV-K VERDE	20	36.94	738.80
Cuadro de agrupaciones de strings	3	2460.50	7381.50
TOTAL			S/. 1,131,226.63

Nota. Presupuesto detallado de los componentes requeridos para la implementación del Sistema Fotovoltaico para la localidad de Pampa Cañahuas. Elaborado por AutoSolar Energía del Perú S.A.C, 2020

Implementación de energía eléctrica mediante la subestación de transformación de 138kV Callalli-Santuario.

Tabla 17

Presupuesto de la Subestación de Transformación

ITEM	DESCRIPCION DE ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
1 Estructura en celosía para pórticos de 138 KV				
1.1	Columna de 15m	1	4200 \$	4,200.00
1.2	Viga de 12.65m	1	3900 \$	3,900.00
2 Conductores y Accesorios				
2.1	Conductor AAAC 300 mm2	0.3	3750 \$	1,125.00
2.2	Varilla de armar preformada	6	16 \$	96.00
2.3	Otros accesorios	1	5000 \$	5,000.00
3 Aisladores y Accesorios				
3.1	Aisladores Composite/c	6	150 \$	900.00
3.2	Herraje de suspensión	3	85 \$	255.00
3.3	Herraje de anclaje	3	110 \$	330.00
3.4	Contrapeso, alargadores, tensores, etc	1	5000 \$	5,000.00
4 Sistema de Protección				
4.1	Tablero de control, mando, medición	1	190000 \$	190,000.00
4.2	Cables de control, mando y energía	1	8500 \$	8,500.00
4.3	Sistema de malla de tierra	1	15000 \$	15,000.00
5 Equipamiento de 138KV				
Interrupor, 138kV, 650 kVp, 2000 A, 31.5 kA, operación uni				
5.1	tripolar	1	75000 \$	75,000.00
5.2	Seccionador de línea, 138kV, 650 kVp, 2000 A	1	10250 \$	10,250.00
Transformador de corriente, 138kV, 650 kVp, 800-2000/1/1/1A,				
5.3	2x30VA - 5P20, 30 VA - cl 0.2	3	9500 \$	28,500.00
Transformador de tensión capacitivo 138 kV, 650 KVp (BIL), 138/V3 /				
5.4	0,1/V3 0,1/V3 kV, 30 VA - 3P, 30 VA - Cl 0,2	3	11800 \$	35,400.00
Pararrayos 120 kV, 10 kA, clase 3, incluye estructura soporte y				
5.5	contador de descarga (650 kVp BIL)	3	3850 \$	11,550.00
6 Instalaciones Exteriores				
Sistema de iluminación principal y de emergencia, sistema de fuerza;				
6.1	incluye cables y accesorios	1	8500 \$	8,500.00
TOTAL				\$ 403,506.00

Nota. Presupuesto detallado de los componentes requeridos para la implementación de la Subestación de Transformación para la localidad de Pampa Cañahuas. Adaptación del Anteproyecto COES SINAC, 2014.

Tendría que ser considerado también el costo de las obras civiles para la implementación de la SET, debido a que requiere una mayor área en comparación con un sistema fotovoltaico, en relación a unas tres veces más espaciosa.

Tabla 18
Presupuesto de la Subestación de Transformación

ITEM	DESCRIPCION DE ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
1 Obras civiles				
1.1	Movilización y Desmovilización	1	11508	\$ 11,508.00
1.2	Obras provisionales			
1.3	Almacén	200	62	\$ 12,400.00
1.4	Caseta de vigilancia	10	49	\$ 490.00
1.5	Instalaciones de agua para campamento	1	1638	\$ 1,638.00
1.6	Instalaciones electricas para campamento	1	1702	\$ 1,702.00
2 Trabajos Preliminares				
2.1	Limpieza inicial y eliminación	500	1.79	\$ 895.00
2.2	Trazo, nivelación y replanteo	500	1.5	\$ 750.00
3 Movimiento de Tierra				
3.1	Excavación en material suelto con equipo	350	4.67	\$ 1,634.50
3.2	Relleno con material propio	150	9.41	\$ 1,411.50
4 Partidas para Estructuras				
4.1	Encofrado y desencofrado plano	75	30	\$ 2,250.00
4.2	Refuerzo de acero corrugado	20	2.41	\$ 48.20
4.3	Solado de concreto	40	85.58	\$ 3,423.20
5 Obras varias				
5.1	Esparcido de ripio	120	4.09	\$ 490.80
5.2	Acceso de afirmado	40	24.14	\$ 965.60
5.3	Cerco de malla metálica	150	111	\$ 16,650.00
5.4	Pernos de anclaje para bases soporte	20	18	\$ 360.00
5.5	Puerta metálica de acceso a la subestación	8	302.48	\$ 2,419.84
6	Montaje de estructuras metálicas	1	8000	\$ 8,000.00
7	Montaje de aisladores	1	1125	\$ 1,125.00
8	Montaje de conductor, cable de guarda y accesorios	1	2000	\$ 2,000.00
9	Montaje de equipos	1	10373	\$ 10,373.00
TOTAL				\$ 80,534.64

Nota. Presupuesto detallado de las obras civiles requeridas para la implementación de la Subestación de Transformación para la localidad de Pampa Cañahuas. Adaptación del Anteproyecto COES SINAC, 2014.

De las tablas mencionadas podemos sacar un presupuesto referencial de costo total de la SET, teniendo en cuenta que se requiere de una Sección de Llegada, una de Salida y por último una Sección de Medición, conocida también como Bahías de una Subestación de Transformación.

Tabla 19
Presupuesto Referencial de la SET

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
1	Bahía n°1 LLEGADA			
1.1	Suministros y Equipamientos	1	\$403,506.00	\$ 403,506.00
1.2	Montaje y Obras Civiles	1	\$ 80,534.64	\$ 80,534.64
2	Bahía n°2 SALIDA			
2.1	Suministros y Equipamientos	1	\$403,506.00	\$ 403,506.00
2.2	Montaje y Obras Civiles	1	\$ 80,534.64	\$ 80,534.64
3	Bahía n°3 MEDICIÓN			
3.1	Suministros y Equipamientos	1	\$403,506.00	\$ 403,506.00
3.2	Montaje y Obras Civiles	1	\$ 80,534.64	\$ 80,534.64
TOTAL				\$ 1,452,121.92

Nota. Presupuesto referencial de la Subestación de Transformación para la localidad de Pampa Cañahuas. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2020.

5.2 Resultados Comparativos

Teniendo las dos alternativas para la electrificación de la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas, se ha optado por el sistema fotovoltaico aislado siendo el más económico y empleando un área de 1308.64 m² inferior a la Subestación de Transformación.

5.2.1 Financiamiento

El diseño del Sistema Fotovoltaico implementado para la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas, será financiado por una entidad bancaria mediante un préstamo en donde se realizarán pagos mensuales de cuotas fijas a una tasa del 30% anual.

Análisis del financiamiento empleando Baterías de Plomo.

Tabla 20
Financiamiento del Proyecto con Baterías de Plomo

DESCRIPCIÓN	MONTO S/.
INVERSIÓN	1334847.42
Préstamo bancario	30% ANUAL
Cálculo de cuotas mensuales	4820.28
Anual	57843.39

Nota. El diseño del sistema será financiado por un préstamo bancario. Adaptación propia, 2020.

Análisis del financiamiento empleando Baterías de Litio.

Tabla 21
Financiamiento del Proyecto con Baterías de Litio

DESCRIPCIÓN	MONTO S/.
INVERSIÓN	2460621.46
Préstamo bancario	30% ANUAL
Cálculo de cuotas mensuales	8885.58
Anual	106626.93

Nota. El diseño del sistema será financiado por un préstamo bancario. Adaptación propia, 2020.

5.2.2 Costo Total

Para un correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico implementado en la zona se tendrá un trabajador permanente, el cual estará en la capacidad de dar solución a cualquier desperfecto e inconveniente, adicionalmente un costo de mantenimiento que se dará a los equipos lo que respecta a una limpieza de los paneles, del banco de baterías y la zona de trabajo.

Tabla 22
Costos Totales (AÑO)

DESCRIPCIÓN	COSTO S/
Mano de obra	11796
Mantenimiento	6300
Amortización	57843.39
COSTO TOTAL con baterías de plomo	S/. 75,939.39
COSTO TOTAL con baterías de litio	S/. 124,722.93

Nota : Datos en base a la investigación realizada 2020 - Elaboracion propia

5.2.3 Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio es muy importante ya que según el nivel de venta de kW del sistema fotovoltaico, se tendrá que cubrir las variables y los costos fijos, obtenido de: **Costo Total / Precio de Venta de kw Domiciliario.**

Del cuadro de cargas de la localidad, conocemos el consumo total de energía eléctrica por día de la población (**kW/día**), y con el precio de venta domiciliario obtendríamos la cantidad en soles adquiridas por día, por mes y por año.

Tabla 25
Venta del kW

KW DÍA	Precio	TOTAL DÍA	KW-MES	KW-AÑO
325.86	0.83	269.160	8343.971	118938.900

Nota : Precio de venta del kW, para el consumo de la población de la localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas. Datos en base a la investigación realizada 2020 - Elaboración propia

Los principales restaurantes de la localidad juntamente con empresa SENASA y la empresa COVISUR son nuestros consumidores considerados en la opción tarifaria de industria.

Del cuadro de cargas de la localidad, conocemos el consumo que tiene cada una de las entidades mencionadas y las casas de los pobladores, esto nos servirá para obtener el ingreso total por año del sistema fotovoltaico implementado.

Tabla 26

Consumidores de la localidad de Patahuasi

DESCRIPCION	DIA	KW	PRECIO	INGRESO	AÑO
RESTAURANTE "Chinitos Patahuasi"	15580	15.58	1.77	27.5766	10065.459
RESTAURANTE "Mate Inka"	20760	20.76	1.77	36.7452	13411.998
SENASA	1800	1.8	1.77	3.186	1162.89
COVISUR	19400	19.4	1.77	34.338	12533.37
CASAS	268320	268.32	0.826	221.63232	80895.7968
TOTAL					S/. 118,069.51
		325.86	118938.9		

Nota : Teniendo el precio de venta del kW de nuestro sistema fotovoltaico, conoceremos el consumo total en soles por año de cada uno de nuestros principales consumidores. Datos en base a la investigación realizada 2020 - Elaboración propia

Al ingreso total obtenido, se le adicionará el cobro de mantenimiento del sistema fotovoltaico que se le realizará al poblado de la localidad, obteniendo el ingreso real como punto de partida para realizar el flujo de caja.

Tabla 27

Costo adicional por mantenimiento del Sistema Fotovoltaico

MANTENIMIENTO	MES	AÑO
RESTAURANTE "Chinitos Patahuasi"	1.18	14.16
RESTAURANTE "Mate Inka"	1.18	14.16
SENASA	1.18	14.16
COVISUR	1.18	14.16
CASAS	47.2	566.4
TOTAL	S/.	623.04

Nota. Del resultado de la Tabla 14 y Tabla 15 se obtiene el Ingreso Total, el cual será nuestro punto de partida para realizar el Flujo de Caja.

**INGRESO
TOTAL S/. 118,692.55**

5.1.1 Flujo de Caja

Punto importante ya que de esta manera obtendremos información acerca de la capacidad que tendrá nuestro sistema fotovoltaico implementado para pagar las deudas, medir su nivel de liquidez y conforme pase el tiempo conocer el estado del sistema.

Haciendo referencia a las salidas y entradas netas de dinero que tiene nuestro sistema fotovoltaico en un periodo de 30 años, como se aprecia en la Tabla 28 se obtuvo un flujo de caja positivo lo que nos indica que los activos corrientes del sistema fotovoltaico están aumentando.

Lo cual nos indica que se encuentra en la capacidad de liquidar deudas, reinvertir en el proyecto, pagar los gastos y proporcionar un amortiguador contra futuros desafíos financieros.

Tabla 28

Flujo de Caja del Sistema Fotovoltaico con Baterías de Plomo-Ácido

PERIODO (Años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
INGRESOS																
°Inversión	1334847.42															
Ventas		118,692.6	174,680.2	179,920.6	185,318.2	190,877.8	196,604.1	202,502.3	208,577.3	214,834.6	221,279.7	227,918.1	234,755.6	241,798.3	249,052.2	256,523.8
TOTAL INGRESOS		118,692.6	179,920.6	185,318.2	190,877.8	196,604.1	202,502.3	208,577.3	214,834.6	221,279.7	227,918.1	234,755.6	241,798.3	249,052.2	256,523.8	264,219.5
COSTOS TOTALES		75,939.4	75,939.4	78,217.6	80,564.1	82,981.0	85,470.5	88,034.6	90,675.6	93,395.9	96,197.7	99,083.7	102,056.2	105,117.9	108,271.4	111,519.6
COSTOS BATERIASE INVERSORES											754824.96					197523.81
TOTAL EGRESOS		75,939.4	75,939.4	78,217.6	80,564.1	82,981.0	85,470.5	88,034.6	90,675.6	93,395.9	851,022.7	99,083.7	102,056.2	105,117.9	108,271.4	309,043.4
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	-1,334,847.42	42,753.2	103,981.2	107,100.7	110,313.7	113,623.1	117,031.8	120,542.8	124,159.0	127,883.8	-623,104.6	135,671.9	139,742.1	143,934.4	148,252.4	-44,823.8
SALDO ACUMULADO		-1,292,094.3	-1,188,113.0	-1,081,012.3	-970,698.6	-857,075.5	-740,043.7	-619,501.0	-495,341.9	-367,458.1	-990,562.7	-854,890.8	-715,148.7	-571,214.3	-422,962.0	-467,785.8

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
264,219.5	272,146.1	280,310.5	288,719.8	297,381.4	306,302.8	315,491.9	324,956.7	334,705.4	344,746.5	355,088.9	365,741.6	376,713.8	388,015.3	399,655.7
272,146.1	280,310.5	288,719.8	297,381.4	306,302.8	315,491.9	324,956.7	334,705.4	344,746.5	355,088.9	365,741.6	376,713.8	388,015.3	399,655.7	411,645.4
114,865.1	118,311.1	121,860.4	125,516.2	129,281.7	133,160.2	137,155.0	141,269.6	145,507.7	149,873.0	154,369.1	159,000.2	163,770.2	168,683.3	173,743.8
				754824.96										
114,865.1	118,311.1	121,860.4	125,516.2	884,106.7	133,160.2	137,155.0	141,269.6	145,507.7	149,873.0	154,369.1	159,000.2	163,770.2	168,683.3	173,743.8
157,281.0	161,999.4	166,859.4	171,865.2	-577,803.9	182,331.7	187,801.7	193,435.7	199,238.8	205,216.0	211,372.5	217,713.6	224,245.0	230,972.4	237,901.6
-310,504.8	-148,505.5	18,353.9	190,219.1	-387,584.8	-205,253.1	-17,451.4	175,984.4	375,223.2	580,439.2	791,811.6	1,009,525.3	1,233,770.3	1,464,742.7	1,702,644.2

VAN	442,645.07
RELACION BENEFICIO COSTO	
INGRESOS	S/. 8,254,496.60
EGRESOS	S/. 3,882,157.52
B/C	2.126265244
PRI	17 años
TIR	5%
1.32 MESES	
CONSIDERANDO UNA TAZA DE 3.5%, de costo de capital (taza que paga el banco por un deposito a plazo fijo)	

Nota : Teniendo el monto total de nuestro ingreso, se realiza un Flujo de Caja propuesta para treinta años, en donde nuestra Relación Costo Beneficio termina siendo Positivo, por lo cual se concluye que el sistema fotovoltaico aislado propuesto es Viable .Datos en base a la investigación realizada 2020 - Elaboración propia

Tabla 29

Flujo de Caja del Sistema Fotovoltaico con Baterías de Litio

PERIODO (Años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
INGRESOS																
°Inversión	2460621.46															
Ventas		118,692.6	176,466.2	181,760.2	187,213.0	192,829.4	198,614.3	204,572.7	210,709.9	217,031.2	223,542.1	230,248.4	237,155.8	244,270.5	251,598.6	259,146.6
TOTAL INGRESOS		118,692.6	181,760.2	187,213.0	192,829.4	198,614.3	204,572.7	210,709.9	217,031.2	223,542.1	230,248.4	237,155.8	244,270.5	251,598.6	259,146.6	266,921.0
COSTOS TOTALES		124,722.9	124,722.9	128,464.6	132,318.6	136,288.1	140,376.8	144,588.1	148,925.7	153,393.5	157,995.3	162,735.1	167,617.2	172,645.7	177,825.1	183,159.8
COSTOS BATERIAS E INVERSORES																1023435.96
TOTAL EGRESOS		124,722.9	124,722.9	128,464.6	132,318.6	136,288.1	140,376.8	144,588.1	148,925.7	153,393.5	157,995.3	162,735.1	167,617.2	172,645.7	177,825.1	1,206,595.8
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	-2,460,621.46	-6,030.4	57,037.3	58,748.4	60,510.8	62,326.2	64,195.9	66,121.8	68,105.5	70,148.6	72,253.1	74,420.7	76,653.3	78,952.9	81,321.5	-939,674.8
FLUJO ACUMULATIVO		-2,466,651.8	-2,409,614.6	-2,350,866.2	-2,290,355.4	-2,228,029.2	-2,163,833.3	-2,097,711.4	-2,029,606.0	-1,959,457.3	-1,887,204.2	-1,812,783.6	-1,736,130.2	-1,657,177.3	-1,575,855.8	-2,515,530.7

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
266,921.0	274,928.6	283,176.5	291,671.7	300,421.9	309,434.6	318,717.6	328,279.1	338,127.5	348,271.3	358,719.5	369,481.0	380,565.5	391,982.4	403,741.9
274,928.6	283,176.5	291,671.7	300,421.9	309,434.6	318,717.6	328,279.1	338,127.5	348,271.3	358,719.5	369,481.0	380,565.5	391,982.4	403,741.9	415,854.2
188,654.6	194,314.3	200,143.7	206,148.0	212,332.4	218,702.4	225,263.5	232,021.4	238,982.0	246,151.5	253,536.0	261,142.1	268,976.4	277,045.7	285,357.0
188,654.6	194,314.3	200,143.7	206,148.0	212,332.4	218,702.4	225,263.5	232,021.4	238,982.0	246,151.5	253,536.0	261,142.1	268,976.4	277,045.7	285,357.0
86,274.0	88,862.2	91,528.1	94,273.9	97,102.1	100,015.2	103,015.6	106,106.1	109,289.3	112,568.0	115,945.0	119,423.4	123,006.1	126,696.2	130,497.1
-2,429,256.7	-2,340,394.5	-2,248,866.4	-2,154,592.5	-2,057,490.4	-1,957,475.2	-1,854,459.6	-1,748,353.5	-1,639,064.2	-1,526,496.2	-1,410,551.2	-1,291,127.8	-1,168,121.8	-1,041,425.5	-910,928.4

VAN	-1,564,251.20
RELACION BENEFICIO COSTO	
INGRESOS	S/. 8,337,679.43
EGRESOS	S/. 4,327,364.92
B/C	1.926733612
PRI	No existe porque la van es negativa por lo tanto no se recupera la inversion
TIR	-2% negativa

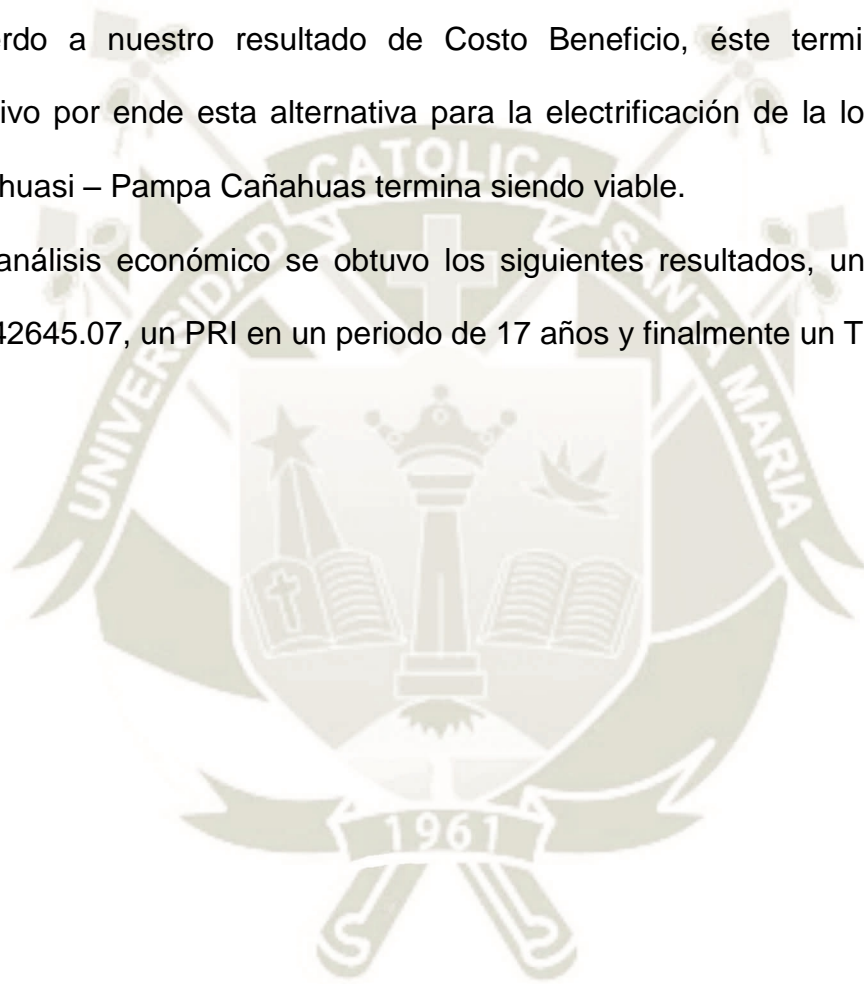
Nota : Teniendo el monto total de nuestro ingreso, se realiza un Flujo de Caja propuesta para treinta años, en donde nuestra Relación Costo Beneficio termina siendo Negativo, por lo cual se concluye que el sistema fotovoltaico aislado propuesto no es Viable .Datos en base a la investigacion realizada 2020 -
Elaboracion propia

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES

- a) Se llevó a cabo el cálculo total del consumo de energía eléctrica diaria de las 40 viviendas, de los 02 restaurantes (Chinitos Patahuasi y Mate Inka), de la Concesionaria Vial del Sur (COVISUR) y del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) el cual es 325.86 kWh/día y administrara una potencia de 97 kW teniendo en cuenta el tiempo de uso de cada equipo instalado por vivienda.
- b) Para no contar con inconvenientes en la generación de energía para la localidad de Patahuasi - Pampa Cañahuas; se optó elegir el nivel de radiación solar más bajo $5.35 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$, que fue obtenido de los datos de radiación solar promedio mensual de todo el año brindados por el software PVWatts Calculator y del atlas del SENAMHI.
- c) El sistema fotovoltaico estará conformado por 266 módulos fotovoltaicos policristalinos de 340Watts cada uno, 192 acumuladores de energía, 1 inversor y 1 SPS (Administrador de Energía). Suministrando una potencia instalada del sistema de captación de energía de 90 kW.
- d) Según los cálculos realizados se obtuvo una producción anual de energía del Sistema Fotovoltaico Aislado de 184255.62 kWh/año.

- e) El costo del kW para las viviendas de la localidad de Patahuasi será de S/.0.83 mientras que para las empresas y restaurantes se tendrá una tarifa distinta siendo el monto de S/.1.77.
- f) El Sistema Fotovoltaico Aislado esta propuesto para treinta años, de acuerdo a nuestro resultado de Costo Beneficio, éste termina siendo positivo por ende esta alternativa para la electrificación de la localidad de Patahuasi – Pampa Cañahuas termina siendo viable.
- g) Del análisis económico se obtuvo los siguientes resultados, una VAN de S/.442645.07, un PRI en un periodo de 17 años y finalmente un TIR de 5%.



REFERENCIAS

Grid Converters for photovoltaic and wind power systems; Remus Teodorescu, Marco Liserre y Pedro Rodríguez; 2011; John Wiley & Sons.

E. Fagundes, J. Tavares. Sistemas Híbridos. Soluções Energéticas para a Amazônia. Ministerio de Minas e Energia, Brasilia. (2008).

Photovoltaic Systems engineering; Roger A. Messenger y Jerry Ventre; 2010; ISBN 978-1- 4398-0292-2; CRC Press; 511 p

J. Tavares. M.Galdino. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.GTES-CEPEL-DTE-CRESESB. Rio de Janeiro (2014).

Solar electricity: engineering of photovoltaic Systems; E. Lorenzo, G. Araujo, A. Cuevas, M. Egido, J. Miñano and R. Zilles; 1994; ISBN 8486505550; Progensa; 316 p.

James P. Dunlop. Photovoltaic Systems. American Technical Publishers, Incorporated. (2010).

Centrales de energías renovables. Generación eléctrica con energías renovables; J. A. Carta González, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos y M.A. Castro Gil, 2009 ISBN 978-84-8322- 600-1, Prentice Hall; 703 p.

Ley N°28749. Ley General de Electrificación Rural. D.S. N° 011-2009-EM. Modificación del D.S. N° 025-2007-EM, Reglamento de la Ley N° 28749. (Consultado el 12/10/2019)

Norma Técnica Peruana NTP 399.403-2006. Sistemas fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones técnicas y métodos para la calificación energética de un sistema fotovoltaico. (Consultado el 20/11/2019).

Norma Técnica de edificación EM 080, Instalaciones con energía solar. Resolución ministerial R.M. N° 037-2006-MEN/DM (Código nacional de electricidad – utilización: sección 350). (Consultado el 20/11/2019)

Sistemas de energía fotovoltaica. Manual del instalador; Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF); 2008; ISBN 9788495693440; Progensa; 184 p.

Resolución Directoral N° 003-2007-EM/DGE: Reglamento técnico especificaciones técnicas y procedimientos de evaluación del sistema fotovoltaico y sus componentes para electrificación rural. (Consultado el 10/12/2019)

Electricidad solar fotovoltaica; E. Lorenzo; 2006; ISBN 8495693291 (Obra completa); Progensa Radiación solar y dispositivos fotovoltaicos; E. Lorenzo; 2006; ISBN 8495693313 (Vol. 2); 252 p.

Energía solar fotovoltaica; M. Castro Gil, J. Carpio Ibáñez y otros; 2004; ISBN 8495693186 (Vol. 7) (ISBN obra completa: 8486505674); Progensa; 68 p.

Fundamentos básicos de la electrónica de potencia; Salvador Seguí, Fco Gimeno, Salvador Orts; 2002; ISBN 8497051289; Editorial UPV; 319 p.

PAGINAS WEB (VISITADAS EN MAYO DEL 2020)

<http://ayudaelectronica.com/> blog con temas relacionados de electrónica y electricidad.

https://power.larc.nasa.gov/common/php/SSE_ExSummary.php Surface meteorology and Solar Energy.

<https://energy.sandia.gov/programs/renewable-energy/solar-energy/photovoltaics/> Sandia National Laboratories

www.ases.org American Solar Energy Society (ASES) – disponen de versión digital de la revista Solar Today

www.energias-renovables.com revistaenergías renovables (<https://www.energias-renovables.com/nuestras-publicaciones>).

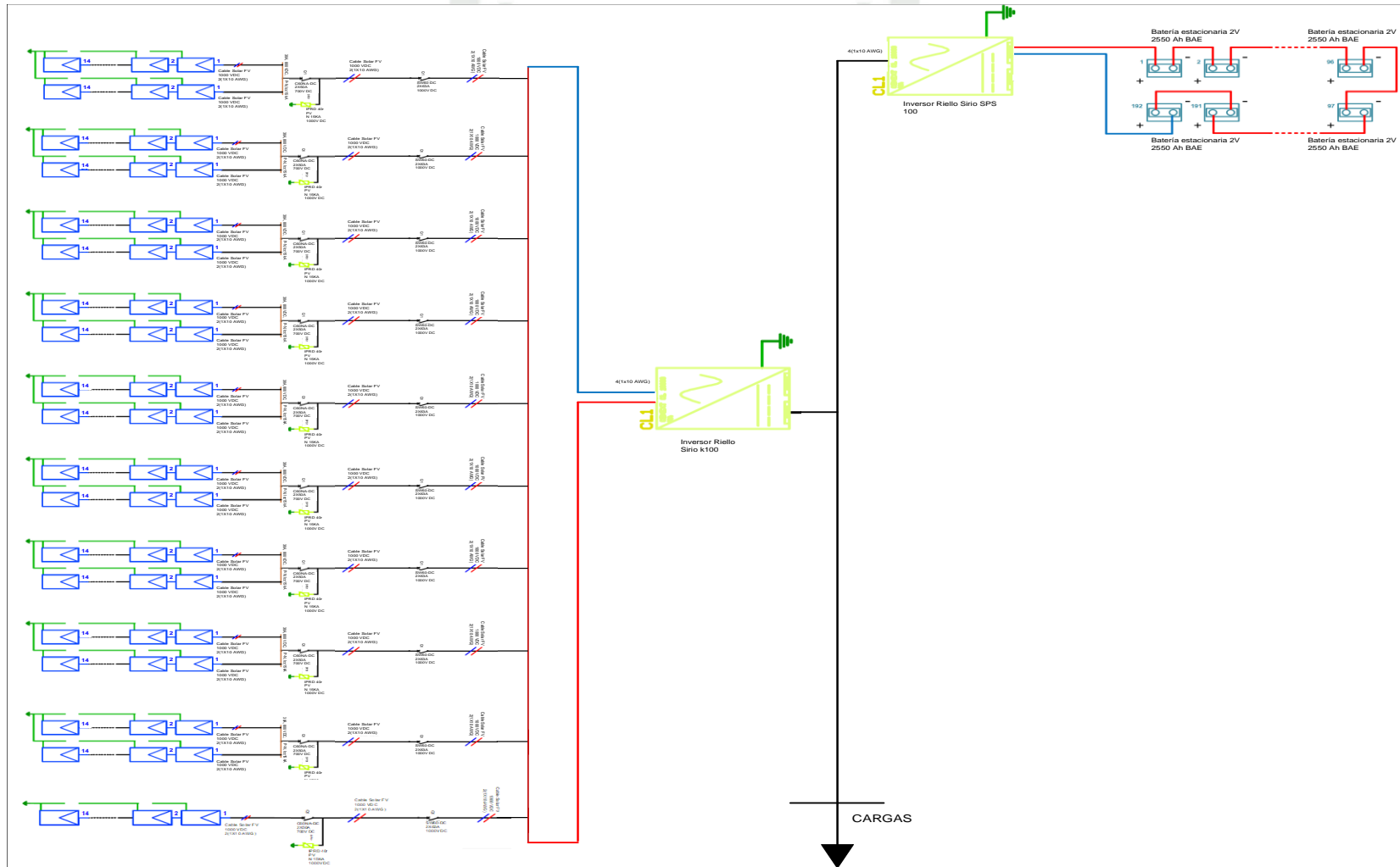
www.energiza.org revista energías renovables.

www.iea-pvps.org IEA Photovoltaic Power Systems Programme

www.pv-tech.org/ información internacional sobre fotovoltaica

ANEXOS

ANEXO N°1. Planos del Sistema Fotovoltaico Aislado



ANEXO N°2. Ficha Técnica de los Módulos Fotovoltaicos Policristalinos

www.jinkosolar.com



Eagle 72P

320-340 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2015-ISO14001:2015-OHSAS18001 certified factory.

IEC61215-IEC61730-UL1703 certified products.

(5BB)

KEY FEATURES



- 5 Busbar Solar Cell:**
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Power Output:**
 Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.
- PID RESISTANT:**
 Eagle modules pass PID test, limited power degradation by PID test is guaranteed for mass production.
- Low-light Performance:**
 Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- Severe Weather Resilience:**
 Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- Durability against extreme environmental conditions:**
 High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.
- Temperature Coefficient:**
 Improved temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

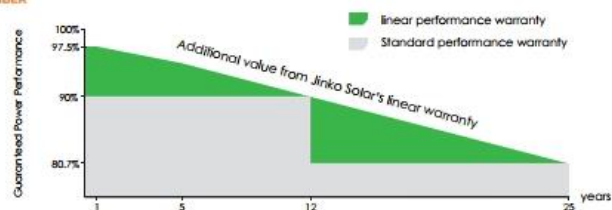
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



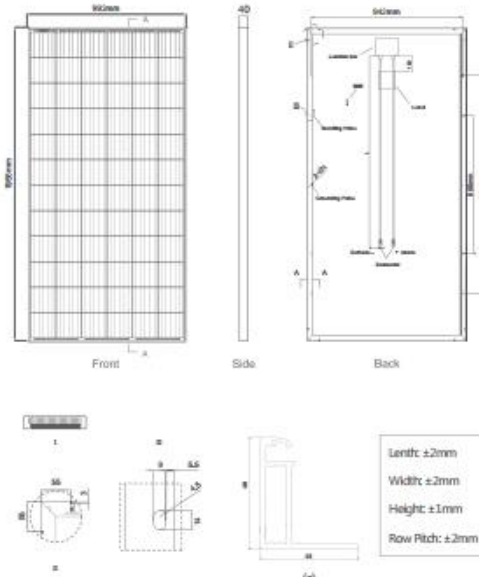
Nomenclature:

JKMxxxPP-60/72-V

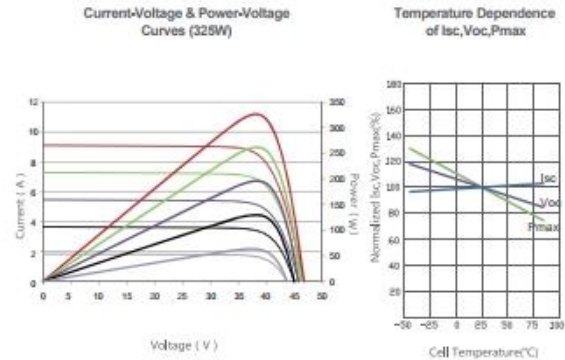
Code	Cell	Code	Certification
null	Full	null	1000V
H	Half	V	1500V



Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 157×157mm (6 inch)
No. of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs.)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² , Length: 1200mm or Customized Length

Packaging Configuration

{ Two pallets=One stack }
27pcs/pallet, 54pcs/stack, 648 pcs/40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM320PP-72		JKM325PP-72		JKM330PP-72		JKM335PP-72		JKM340PP-72	
	JKM320PP-72-V	JKM325PP-72-V	JKM330PP-72-V	JKM335PP-72-V	JKM340PP-72-V					
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	320Wp	237Wp	325Wp	241Wp	330Wp	245Wp	335Wp	249Wp	340Wp	253Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V	38.2V	35.9V
Maximum Power Current (Imp)	8.56A	6.83A	8.66A	6.89A	8.74A	6.94A	8.82A	6.99A	8.91A	7.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.4V	43.0V	46.7V	43.3V	46.9V	43.6V	47.2V	43.8V	47.5V	44.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.05A	7.35A	9.10A	7.40A	9.14A	7.45A	9.18A	7.52A	9.22A	7.98A
Module Efficiency STC (%)	16.49%		16.75%		17.01%		17.26%		17.52%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.38%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📏 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📏 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌬 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM320-340PP-(V)-72-A3.1-EN

ANEXO N°3. Ficha Técnica de los Módulos Fotovoltaicos Monocristalinos

www.jinkosolar.com

Jinko Solar
Building Your Trust in Solar

Eagle Plus 72

340-360 Watt

MONO CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008 · ISO14001:2004 · OHSAS18001
certified factory.
IEC61215 · IEC61730 certified products.









PERC
(4BB)



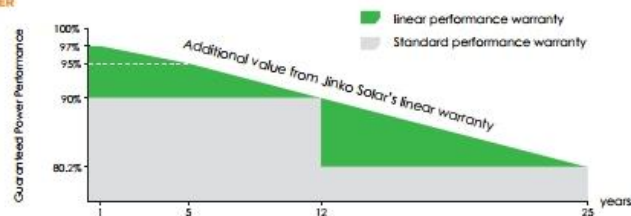


KEY FEATURES

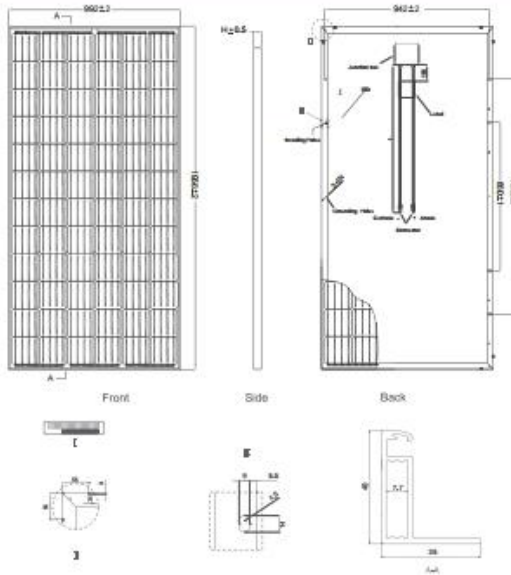
- 
4 Busbar Solar Cell:
4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- 
High Efficiency:
Higher module conversion efficiency (up to 18.57%) benefit from Passivated Emitter Rear Contact (PERC) technology.
- 
Extended PID Resistant:
Limited power degradation of Eagle Plus module caused by PID effect is guaranteed under extremely strict testing condition (85 C /85%RH, 500hours) for mass production.
- 
Low-light Performance:
Advanced glass and solar cell surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- 
Severe Weather Resilience:
Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- 
Durability against extreme environmental conditions:
High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

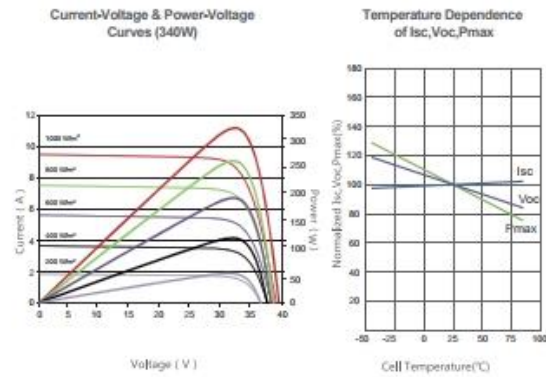
10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono-crystalline PERC 156×156mm (6 inch)
No.of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	26.5 kg (58.4 lbs)
Front Glass	4.0mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² , Length:900mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two boxes=One pallet)

26pcs/box , 52pcs/pallet, 624 pcs/40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM340M-72(Plus)		JKM345M-72(Plus)		JKM350M-72(Plus)		JKM355M-72(Plus)		JKM360M-72(Plus)	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	340Wp	254Wp	345Wp	258Wp	350Wp	262Wp	355Wp	266Wp	360Wp	270Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.7V	36.8V	38.9V	37.0V	39.1V	37.2V	39.3V	37.5V	39.5V	37.7V
Maximum Power Current (Imp)	8.79A	6.89A	8.87A	6.98A	8.94A	7.05A	9.04A	7.09A	9.12A	7.17A
Open-circuit Voltage (Voc)	47.1V	45.5V	47.3V	45.8V	47.5V	46.0V	47.8V	46.2V	48.0V	46.5V
Short-circuit Current (Isc)	9.24A	7.33A	9.31A	7.38A	9.38A	7.46A	9.45A	7.54A	9.51A	7.61A
Module Efficiency STC (%)	17.52%		17.78%		18.01%		18.31%		18.57%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.39%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.05%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. EN-JKM-360M-72-Plus_1.0_rev2017

ANEXO N°4. Ficha Técnica de las Baterías de Plomo – Ácido

BAE SECURA PVV SOLAR

Technical Specification for Valve Regulated Lead-Acid Batteries (VRLA-GEL)

1. Application

BAE SECURA PVV SOLAR batteries are the ideal solution for storage of regenerative energy in home systems and in the industrial sectors. Robustness and reliability are characteristic for BAE SECURA PVV SOLAR batteries. In addition, they do not require any refilling of water during the whole battery life time and are maintenance-free.

The special electrode design with tubular electrodes and the fixed gel electrolyte distinguish the BAE SECURA PVV SOLAR batteries and lead to high security and reliability as well as high cycle life time.



Similar to the illustration

2. Technical data (Reference temperature 20 °C)

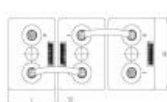
Type	C _{1h} Ah	C _{10h} Ah	C _{20h} Ah	C _{72h} Ah	C _{100h} Ah	C _{120h} Ah	C _{240h} Ah	R _i 1)	I _k 2)	Length (L) mm	Width (W) mm	Height (H) mm	Weight kg
U _e V/cell	1.67	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	mΩ	kA				
2 PVV 140	71	121	134	153	157	158	165	1.65	1.30	105	208	420	12.4
3 PVV 210	107	182	202	229	236	238	247	1.15	1.86	105	208	420	17.1
4 PVV 280	143	243	268	306	314	318	331	0.89	2.40	105	208	420	19.4
5 PVV 350	179	304	336	383	393	397	412	0.73	2.91	126	208	420	23.3
6 PVV 420	215	364	404	460	472	477	496	0.63	3.39	147	208	420	27.4
5 PVV 550	254	447	506	570	583	589	609	0.68	3.14	126	208	535	31.4
6 PVV 660	302	529	598	671	686	693	715	0.58	3.64	147	208	535	36.9
7 PVV 770	350	610	688	770	788	795	820	0.52	4.12	168	208	535	42.4
6 PVV 900	417	729	834	943	968	978	1,012	0.46	4.63	147	208	710	49.5
7 PVV 1050	492	858	980	1,116	1,140	1,154	1,195	0.36	5.81	215	193	710	60.4
8 PVV 1200	559	970	1,106	1,252	1,280	1,296	1,344	0.32	6.54	215	193	710	67.3
9 PVV 1350	616	1,090	1,252	1,418	1,450	1,464	1,524	0.34	6.29	215	235	710	75.5
10 PVV 1500	691	1,200	1,382	1,562	1,600	1,620	1,675	0.28	7.50	215	235	710	82.5
11 PVV 1650	748	1,320	1,512	1,713	1,750	1,764	1,836	0.28	7.56	215	277	710	90.8
12 PVV 1800	822	1,440	1,644	1,857	1,900	1,920	1,989	0.24	8.63	215	277	710	97.7
11 PVV 2090	839	1,570	1,772	2,023	2,070	2,088	2,169	0.27	7.86	215	277	855	108.2
12 PVV 2280	927	1,710	1,918	2,181	2,230	2,256	2,337	0.23	9.18	215	277	855	116.5
13 PVV 2470	1,040	1,890	2,120	2,426	2,490	2,508	2,592	0.18	11.91	215	400	815	131.4
14 PVV 2660	1,125	2,070	2,320	2,678	2,740	2,772	2,880	0.17	12.63	215	400	815	141.2
15 PVV 2850	1,191	2,170	2,420	2,772	2,840	2,868	2,976	0.16	13.25	215	400	815	147.9
16 PVV 3040	1,265	2,300	2,580	2,937	3,000	3,036	3,144	0.15	13.94	215	400	815	156.2
17 PVV 3230	1,358	2,480	2,780	3,182	3,260	3,300	3,408	0.14	15.32	215	490	815	173.6
18 PVV 3420	1,433	2,610	2,920	3,348	3,420	3,468	3,576	0.13	16.03	215	490	815	181.4
19 PVV 3610	1,507	2,740	3,080	3,506	3,590	3,624	3,744	0.12	16.70	215	490	815	189.6
20 PVV 3800	1,581	2,870	3,220	3,664	3,750	3,792	3,912	0.12	17.37	215	490	815	197.8
22 PVV 4180	1,740	3,210	3,600	4,118	4,220	4,272	4,416	0.11	18.43	215	580	815	219.1
24 PVV 4560	1,887	3,470	3,900	4,442	4,550	4,596	4,752	0.10	19.76	215	580	815	235.4
26 PVV 4940	2,014	3,650	4,060	4,608	4,710	4,764	4,920	0.10	21.02	215	580	815	248.4

1, 2) Internal resistance R_i and short circuit current I_k according to IEC 60896-21

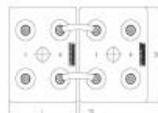
Height (H) is the maximum height between container bottom and top of the bolts in assembled condition.

All values published in the table correspond to 100 % discharge of current depending capacity without voltage drop of connectors. Please consider item 7.

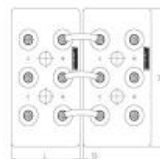
3. Terminal positions



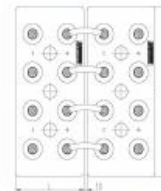
2 PVV 140 to 6 PVV 900



7 PVV 1050 to 12 PVV 2280



13 PVV 2470 to 16 PVV 3040



17 PVV 3230 to 26 PVV 4940

Terminals are designed as female poles with brass inlay M10 for flexible insulated copper cables with cross-section 25, 35, 50, 70, 95 or 120 mm² or insulated solid copper connectors with cross-section 90, 150 or 300 mm².



Technical Specification for BAE *SECURA PVV SOLAR*

4. Design

Positive electrode	Tubular-plate with woven polyester gauntlet and solid grids in a corrosion-resistant PbCaSn-alloy
Negative electrode	Grid-plate in PbCaSn-alloy with long-life expander material
Separation	Microporous separator
Electrolyte	Sulphuric acid with a density of 1.24 kg/l (20 °C), fixed as GEL by fumed silica
Container and lid	High impact ABS (Acrylonitrile butadiene styrene), grey coloured (colour may vary slightly from given image), UL-94 rating: HB, on request also in UL-94 rating: V-0
Valve	Valve with flame arrestor, opening pressure approx. 120 mbar
Pole bushing	100 % gas- and electrolyte-tight, sliding, plastic coated "Panzerpol"
Kind of protection	IP 25 regarding EN 60529, touch protected according to BGV A3
Horizontal operation	Please use BAE special type PVV "horizontal".

5. Installation

BAE *SECURA PVV SOLAR* batteries are designed for indoor applications. For outdoor applications please contact BAE.

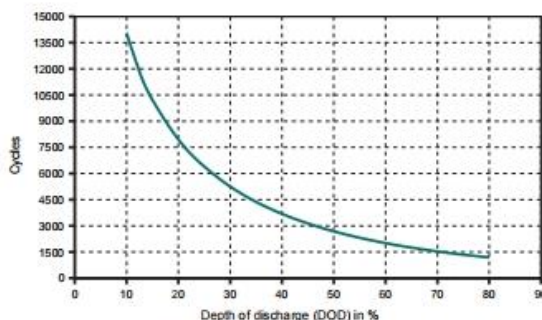
6. Maintenance

Every 6 months	Check battery voltage, pilot cell voltages and temperatures
Every 12 months	Check connections, record battery voltage, cell voltages and temperatures

7. Operational data

Depth of discharge (DOD)	Max. 80 % ($U_e = 1.91$ V/cell for discharge times >10 h; 1.74 V/cell for 1 h), deep discharges of more than 80 % DOD have to be avoided
Initial charge current (I or bulk phase)	Unlimited, the minimal charge current has to be 1.5 A/100 Ah C_{10}
Charge voltage at cyclic operation	Restricted from 2.30 V to 2.40 V per cell, operating instruction is to be observed
Float voltage/non cyclic operation	2.25 V/cell
Adjustment of charge voltage	No adjustment necessary if battery temperature is kept between 10 °C and 45 °C (50 °F and 113 °F) in the monthly average, $\Delta U/\Delta T = -0.003$ V/cell per K below 10 °C (50 °F)
Recharge to 100 %	Within a period of 1 up to 4 weeks
Battery temperature	-20 °C to 45 °C (-4 °F to 113 °F), recommended temperature range 10 °C to 30 °C (50 °F to 86 °F)
Self-discharge	Approx. 2 % per month at 20 °C (68 °F)
IEC 61427 cycles	>3,000 (A+B) at 40 °C (104 °F)
IEC 60896-21 cycles	>1,500 at 20 °C (68 °F)

8. Number of cycles as function of Depth of discharge



9. Transport

Batteries are not subject to ADR (road transport), if the conditions of Special Provisions 598 and 238 (Chapter 3.3) are observed. BAE cells/batteries conform to the IMDG-Code, therefore these products are not dangerous goods on sea transport.

10. Standards

Test standards	IEC 60896-21, IEC 61427
Safety standard, ventilation	IEC 62485-2

BAE Batterien GmbH
Wilhelminenhofstraße 69/70
12459 Berlin
Germany

Tel.: +49 (0)30 53001-661
Fax: +49 (0)30 53001-667
E-Mail: info@bae-berlin.de
www.bae-berlin.de



ANEXO N°5. Ficha Técnica de las Baterías de Litio



La opción más rentable



Modular

Se adapta a tus necesidades.

eBick te permite moldear tu sistema de almacenamiento en base a tus necesidades energéticas. Es tan fácil como colocar el número de módulos que necesites



Escalable

Tu sistema crece contigo.

Si tu consumo aumenta, eBick crece contigo. Tu instalación podrá ampliarse añadiendo más módulos. Desde los 9 hasta los 206 kWh, tú pones el límite.



Compacto

Necesitarás la mitad de espacio que otras soluciones de Litio y hasta 10 veces menos que las de plomo convencional.



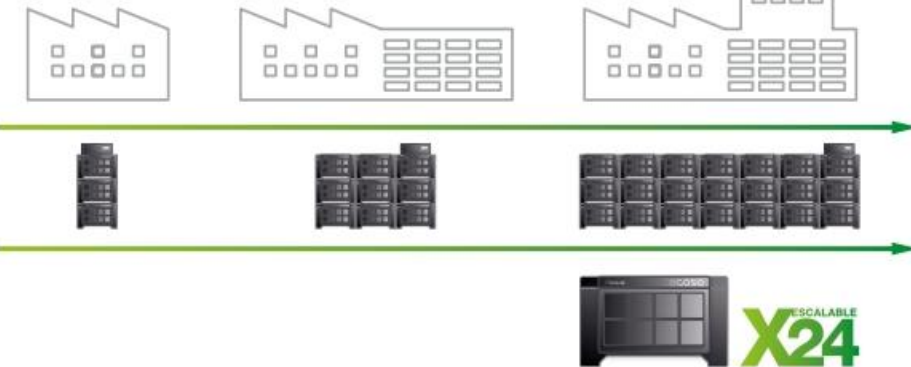
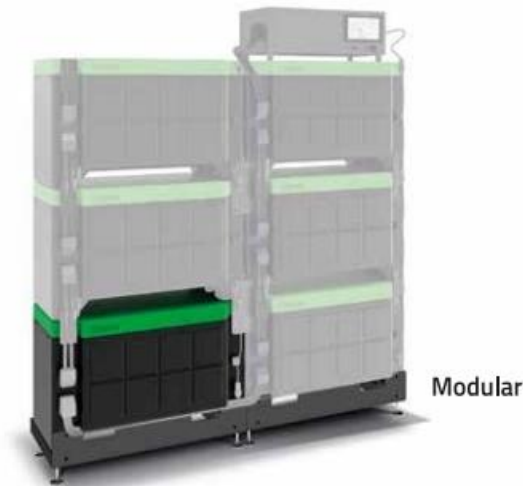
Eliminación del 100% de tus costes de mantenimiento

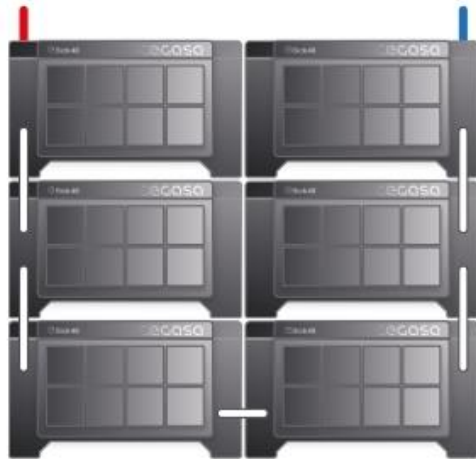
No es necesario ningún tipo de cuidado ni intervención durante toda la vida del producto.



Una única batería para toda la vida.

Las baterías de Litio-LFP de CEGASA aseguran el mayor número de ciclos del mercado, lo que te permitirá utilizar la misma batería durante toda la vida útil de tu instalación. En condiciones de trabajo intensivo tendrá una vida útil de hasta 15 años, y en condiciones normales hasta 25 años.





SERIE

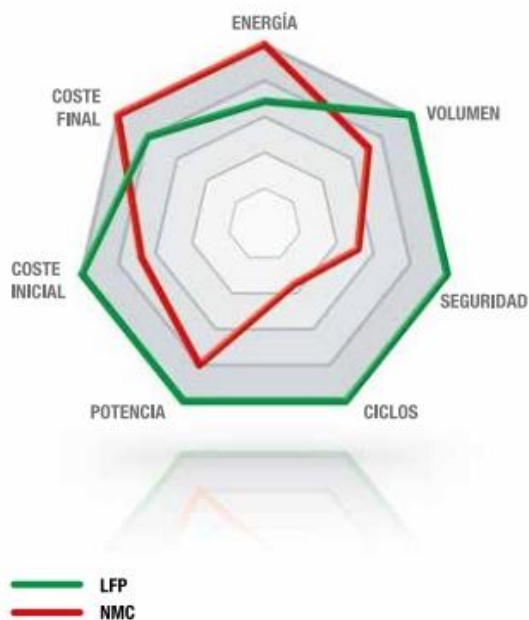
Número de módulos	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Voltaje nominal (V)	144	192	240	288	336	384	432	480	528	576
Voltaje máximo (V)	156	208	260	312	364	416	468	520	572	624
Voltaje mínimo (V)	123	164	205	246	287	328	369	410	451	492
Energía nominal (kWh)	25,8	34,4	43	51,6	60,2	68,8	77,4	86	94,6	103,2
Potencia nominal (kW)	25,8	34,4	43	51,6	60,2	68,8	77,4	86	94,6	103,2
Potencia máxima 3 min (kW)	41,8	55,7	69,6	83,5	97,4	111,4	125,3	139,2	153,1	167
Niveles de corrientes										
Corriente nominal de carga continuo	90 A									
Corriente nominal de descarga continuo	180 A									
Corriente máxima de descarga continuo (3 min)	290 A									



PARALELO

Número de módulos	1	2	3	4	5	6	7	8	24
Voltaje nominal (V)	48									
Voltaje máximo (V)	53									
Voltaje mínimo (V)	41									
Corriente nominal (A)	180	360	400 Limitado por contador							
Energía nominal (kWh)	8,6	17,2	25,8	34,4	43	51,6	60,2	68,8	206,4
Potencia nominal (kW)	8,6	17,2	19,2							

Datos Técnicos



Cegasa diseña y fabrica soluciones de almacenamiento en litio desde hace más de 10 años. Su experiencia y medios le permiten seleccionar siempre la electroquímica indicada para cada aplicación. En el caso del **eBick** la celda prismática de LFP (LiFePO4) garantiza la mayor ciclabilidad, seguridad y eficiencia del mercado.

Su elevada estabilidad térmica, hasta un 100% mayor que la del NCM y NCA, al contrario de éstas, le permiten no requerir de refrigeración aún a pesar de su alto C rate.

Módulo Batería **eBick**

Cada módulo **eBick** incluye 15 celdas de tecnología prismática LFP, la idónea para aplicaciones estacionarias. Celdas premium seleccionadas por los investigadores de CEGASA en sus propios laboratorios eléctricos y de seguridad. Para el control eléctrico y de temperatura de cada celda se ha diseñado un BMS específico a tal fin que obtienes el mayor rendimiento y la mayor vida útil de tu sistema



Descripción de la batería - CEGASA **eBick**

Datos generales	
Electroquímica	Lithium Iron Phosphate (LFP)
Tipo de Celda	Prismática
Características eléctricas	
Voltaje nominal módulo	48 VDC
Voltaje mínimo módulo	41 VDC
Voltaje máximo módulo	53 VDC
Capacidad nominal	180 Ah
Corriente nominal de carga continuo	90 A
Corriente recomendada de descarga continuo	180 A
Características energéticas	
Ciclos de vida (80% DoD)	>5000 ciclos
Energía instalada	8,6 kWh
Características físicas y de protección	
Dimensiones (Anchura x Profundidad x Altura)	768 x 405 x 450 mm
Peso	100 Kgs.
Grado de protección	IP30
Comunicaciones	
Protocolo de comunicaciones	CAN BUS y MODBUS
Integración con Inversor	Compatible con principales marcas inversores
Seguridades	
Sobrecarga	OK
Sobredescarga	OK
Cortocircuito	OK
Sobrecorriente	OK
Sobretemperatura	OK
Equilibrado pasivo	OK
Condiciones de instalación	
Temperatura de trabajo	De 0 a 60 °C
Certificados	
Marcado CE	"Low Voltage Directive (2014/35/UE) Electromagnetic Compatibility (2014/30/UE) Restriction of Hazardous Substances (2011/65/EU)"
Normativa transporte	UN Test and Criteria, 38.3
Normativa de diseño	
Compatibilidad electromagnética	UNE-EN 61000-6-2/UNE-EN 61000-6-3
Directiva de Bajo Voltaje	EN-60204-1
Seguridad baterías	IEC 62133
Instalación baterías	UNE-EN 50272-2

ANEXO N°6. Ficha Técnica del Inversor Sirio 100KVA Riello Sirio K100

Inversores Centralizados

12-250 kW



A DESTACAR

- **Con transformador aislante de baja frecuencia**
Energía nominal plena hasta 45 °C
- **Pantalla táctil LCD color con funciones de registro de datos**
- **Apta para operar con módulos que exigen la puesta a tierra de un polo**

Los inversores Sirio Centralizados permiten la conexión directa a la red de distribución de baja tensión garantizando su separación galvánica del equipo de corriente continua. El dimensionado amplio del transformador y de los demás componentes del inversor permiten una alta eficiencia de conversión y garantizan un rendimiento que se sitúa entre los más altos de los aparatos de la misma categoría.

Máxima energía y seguridad

El algoritmo de búsqueda del punto de máxima potencia (MPPT), implementado en el sistema de control de los inversores Sirio Centralizados, permite aprovechar completamente, en cualquier condición de radiación y de temperatura, el generador fotovoltaico haciendo que el equipo trabaje constantemente con un rendimiento máximo.

En el caso de ausencia de sol, el convertidor se sitúa inmediatamente en stand-by, retomando el funcionamiento normal cuando vuelve el sol; esta característica permite reducir al mínimo el autoconsumo y maximizar la producción

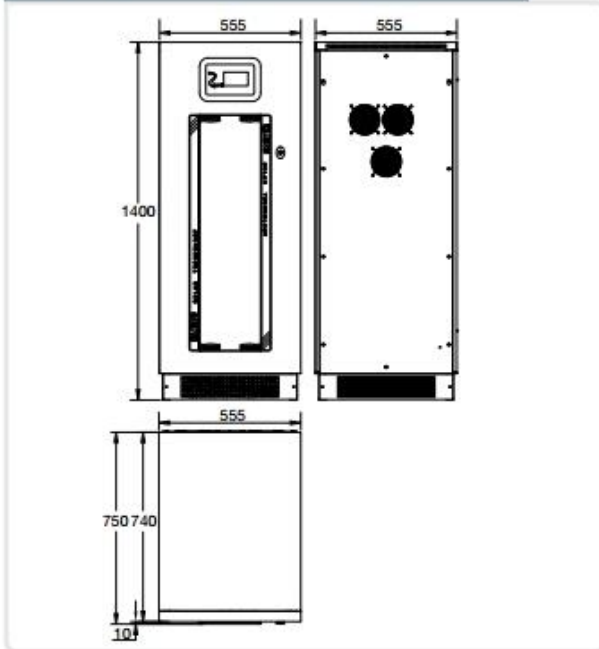
MODELO	SIRIO K100 HV	SIRIO K200 HV	SIRIO K250 HV
Potencia nominal corriente alterna	100 KVA	200 KVA	250 KVA
Potencia máxima corriente alterna	100 KW (cosφ=1)	200 KW (cosφ=1)	250 KW (cosφ=1)
ENTRADA			
Tensión continua máxima en circuito abierto	880 Vdc		
Rango completo de MPPT	450 ÷ 760 Vdc		
Intervalo de ejercicio	450 ÷ 760 Vdc		
Corriente de entrada máxima	245 Acc	500 Acc	590 Acc
Tensión de umbral para el suministro hacia la red	540 Vdc		
Tensión de Ripple	<1%		
Número de entradas	1		
Número de MPPT	1		
Conectores CC	Busbar		
SALIDA			
Tensión de ejercicio	400 Vca		
Intervalo de operación	340 ÷ 460 Vca ⁽¹⁾		
Intervalo para la máxima potencia	340 ÷ 460 Vca		
Intervalo de frecuencia	47,5 ÷ 51,5 Hz ⁽¹⁾		
Intervalo de frecuencia configurable	47 ÷ 53 Hz		
Corriente nominal	145 Aca	289 Aca	361 Aca
Corriente máxima	182 Aca	364 Aca	420 Aca
Contribución a la corriente de cortocircuito	274 Aca	546 Aca	630 Aca
Distorsión armónica (THDi)	<3%		
Factor de potencia	de 0,9 ind. a 0,9 cap. ⁽¹⁾		
Separación galvánica	Transformador BF		
Conectores CA	Busbar		
SISTEMA			
Rendimiento máximo	96,1%	96,3%	
Rendimiento europeo	95,1%	95,2%	95,3%
Consumo stand-by	<32W		
Consumo de noche	<32W		
Protecciones internas	Magnetotérmico lado CA - Seccionador en lado CC		
Protección funcionamiento en isla	Si		
Detección dispersión hacia tierra	Si		
Disipación de calor	Ventilador controlado		
Temperatura de servicio	-20°C + 45°C (sin reducción de potencia)		
Temperatura de almacenamiento	-20°C + 70°C		
Humedad	5 ÷ 95% sin condensación		
Peso	720 Kg	1580 Kg	1630 Kg
STANDARDS			
EMC	EN61000-6-3, EN61000-6-2, EN61000-3-11, EN61000-3-12		
Seguridad	EN62109-1, EN62109-2		
Directivas	Directiva de baja tensión: 2006/95/EC, EMC Directiva: 2004/108/EC		
Supervisión de la red	ref. SIRIO K80 HV	CEI 0-16, A70, Real Decreto 413/2014, PO12.3	

NOTA: Para los dibujos mecánicos y gráficos de rendimiento, consulte la pag. 63

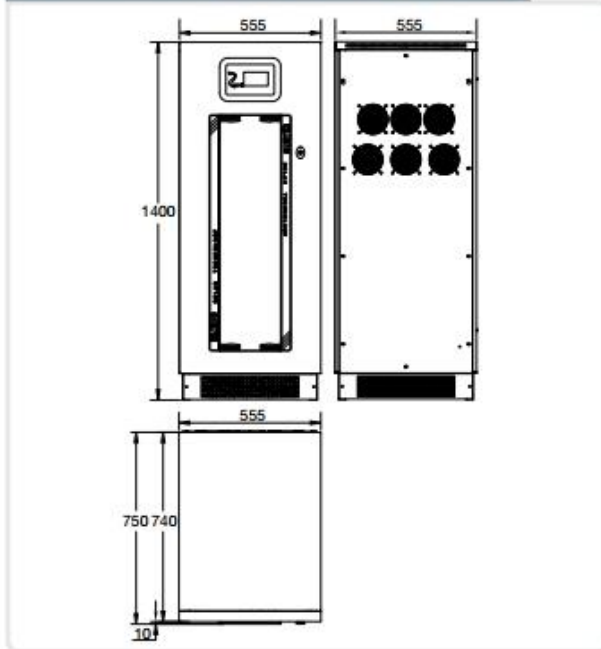
(1) Estos valores pueden variar de acuerdo con las regulaciones locales.

INVERSORES CENTRALIZADOS

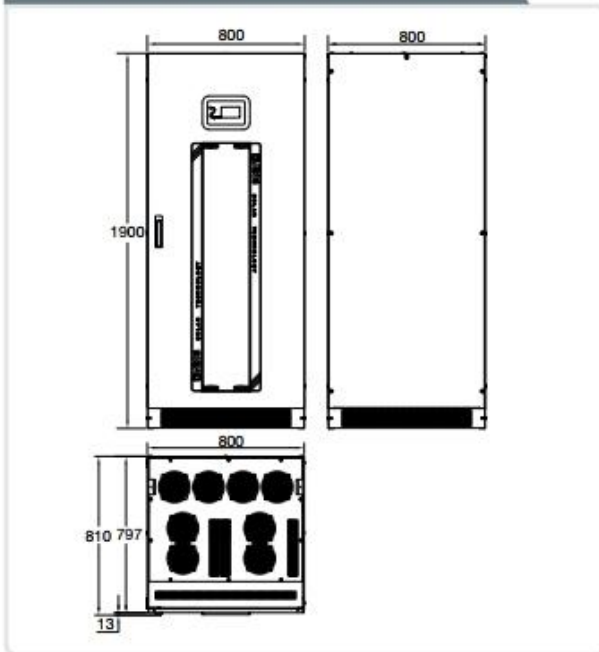
Sirio K12 / K15 / K18



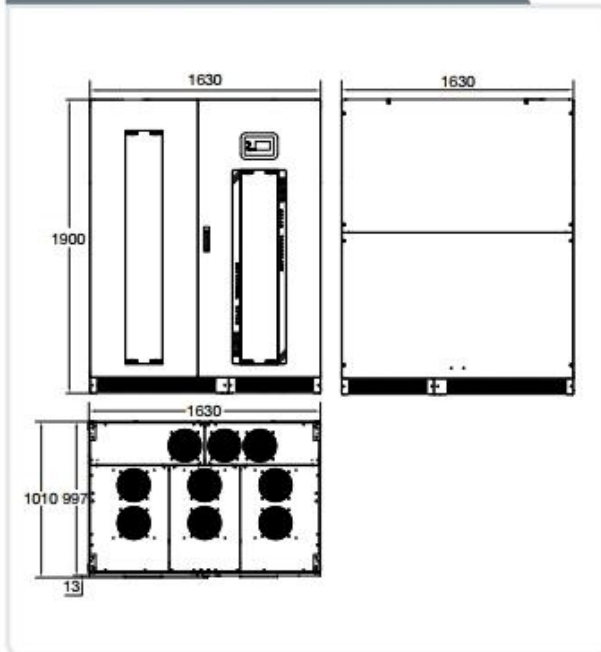
Sirio K25 / K33 / K40 / K25 HV / K33 HV / K40 HV



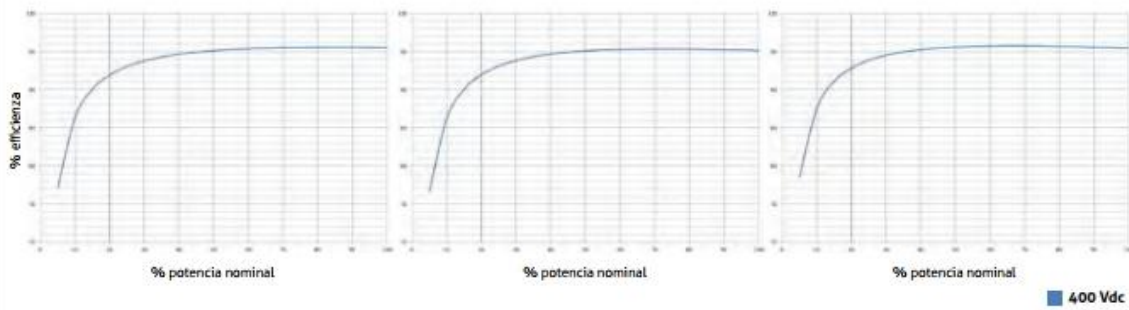
Sirio K64 / K80 / K100 / K64 HV / K80 HV / K100 HV



Sirio K200 / K200 HV / K250 HV



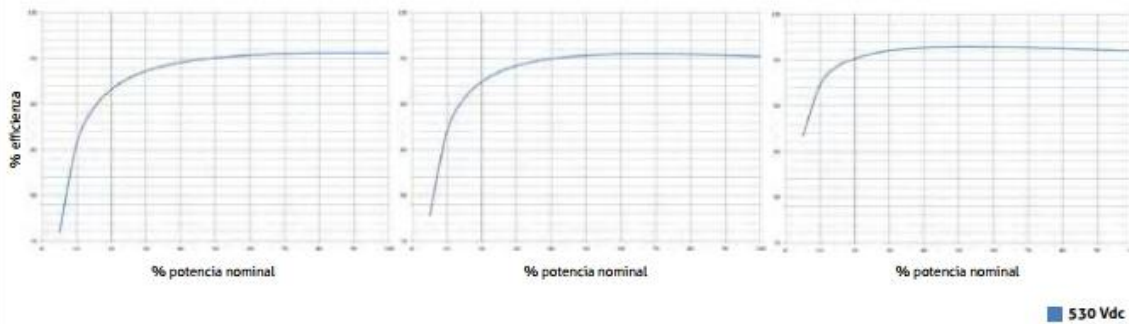
Sirio K64 / K80 / K100



CARACTERÍSTICAS

Color: RAL 7035
Nivel de protección: IP20
Nivel sonoro: <68dBA

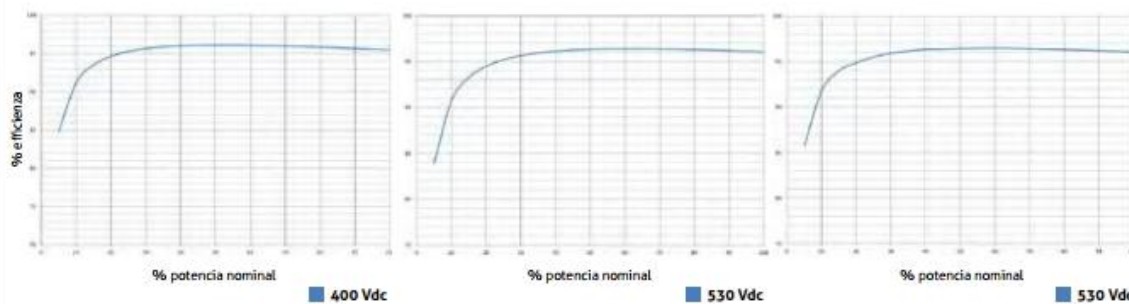
Sirio K64 HV / K80 HV / K100 HV



CARACTERÍSTICAS

Color: RAL 7035
Nivel de protección: IP20
Nivel sonoro: <68dBA

Sirio K200 / K200 HV / K250 HV



CARACTERÍSTICAS

Color: RAL 7035
Nivel de protección: IP20
Nivel sonoro: <72dBA

ANEXO N°7: Ficha Técnica del Riello SPS 100KVA



10 kVA - 200 kVA



A DESTACAR

- **Compatible con sistemas conectados a la red o fuera de la red**
- **Alimentación de corriente de calidad a cargas con la integración de energía fotovoltaica**
- **Integración de plantas fotovoltaicas con inversores AROS**

El Sirio Power Supply (SPS) es un dispositivo que puede bien aumentar la funcionalidad de un sistema fotovoltaico conectado a la a red con inversores de AROS Solar Technology o bien crear un sistema sin conexión a la red. De hecho, gracias al almacenamiento de energía (adecuadamente dimensionado en función de las características de la carga deseada y la duración de la batería), el sistema es capaz de guardar la energía producida desde una fuente renovable, que puede así utilizarse con posterioridad o cuando no exista irradiación, además de hacer que el sistema sea autónomo de la existencia de red de distribución de electricidad.

Por lo tanto, esta solución permite el el autoconsumo de la energía producida por el sistema fotovoltaico del centro a gestionar de la mejor manera posible. La carga de la batería se realiza desde el inversidor fotovoltaico o la red eléctrica/conjunto generador. Las generosas dimensiones de los principales componentes internos permiten la obtención de un valor de salida más elevado y, a fin de garantizar el rendimiento del sistema, la presencia del transformador de salida del inversidor asegura la separación galvánica entre la carga y la batería.

MODELO	SPS 60	SPS 80	SPS 100	SPS 120	SPS 160	SPS 200
ENTRADA						
Tensión nominal	400 Vca 3F					
Tolerancia de tensión	+ 20% / - 25 %					
Frecuencia	de 45 a 65 Hz					
Arranque suave	0 to 100 % en 125 sec (preajustable)					
BY-PASS						
Tensión nominal	400 V 3F + N (± 20 %, preajustable)					
Frecuencia	50 o 60 Hz					
SALIDA						
Potencia nominal (kVA)	60	80	100	120	160	200
Potencia activa (kW)	54	72	90	108	144	180
Tensión nominal	400 V 3F ± 20 % (preajustable)					
Frecuencia	50 o 60 Hz					
Estabilidad estática	± 1%					
Estabilidad dinámica	± 5%					
Distorsión de tensión con carga lineal	1 % typ, 2 % Max					
Factor de cresta (I _{peak} /I _{rms}) – EN62040-3	3:1					
Distorsión de tensión con carga no lineal	< 3 %					
Sobrecarga	110 % por 60 min, 125 % por 10 min, 150 % por 1 min					
BATERÍA						
Tipo	VLRA AGM /GEL; NiCd para aplicaciones PV					
Tensión nominal	384 Vdc			396 Vdc		
Tensión ondulación residual	± 1%					
Corriente máxima de carga de salida de SPS (PV Inverter)	150A	200A	247A	296A	395A	494A
SISTEMA						
Dimensiones (AxPxL)	800x740x1400			800x800x1900		
Peso (kg)	440	520	620	650	730	830
Temperatura de servicio	de 0 a 40°C					
Humedad	< 95 % sin condensación					
Color	RAL 7035					
Nivel de protección	IP20					
Standard	Seguridad IEC EN 62040-1; EMC IEC EN 62040-2; Performances IEC EN 62040-3					

ANEXO N°8: Ficha Técnica del AROS SPS 100KVA

SPS HE 100-250KVA

Sirio Power Supply



<i>Mechanical Data</i>	<i>SPS HE Power (kVA)</i>				
	100	120	160	200	250
Width (mm)	800		1000		
Depth / height (mm)	850 / 1900				
Ventilation	Forced				
Max current dispersion	300mA max				
Noise at 1m from front (0÷100% load)(dBA)	65	65	68	68	68
Applicable Standards	Refer to the "Safety and Compliance Manual " supplied with the UPS (0MNA141_NE).				

<i>Electrical Data</i>	<i>SPS HE Power (kVA)</i>				
	100	120	160	200	250
INPUT					
Rated voltage	380-415Vac 3-phase				
Input voltage tolerance referred to 400V	(400V) +20%, -10% (100% load) (400V) +20%, -20% (85% load) (400V) +20%, -30% (75% load) (400V) +20%, -40% (65% load)				
Rated frequency [Hz]	50/60				
Input frequency tolerance	from 45 to 65Hz				
Rated current absorbed (400 V) [A]	153	185	245	309	386
Rated power absorbed (400 V) [kVA]	106	128	170	214	267
Maximum current absorbed at full load and with battery recharging [A]	refer to the "INSTALLATION DRAWINGS"				
Power factor at rated voltage (400 V) and battery charge from 25% to 100% of the load	>0.99				
Current Harmonic Distortion (THDi) (with mains THDV ≤1%)					
% load					
> 25%	≤ 8				
> 50%	≤ 5				
> 75%	≤ 3				
Progressive start of rectifier (Power Walk-in)	configurable (0÷120s)				
Delay of progressive start of rectifier (Power Walk-in delay timer)	configurable (0÷120s)				

<i>Electrical Data</i>	<i>SPS HE Power (kVA)</i>				
	100	120	160	200	250
INTERMEDIATE D.C. CIRCUIT					
Monoblocks/ Number of Pb elements	40 / 240				
Ripple voltage with recharged battery (%)	Approx. 0				
Max recharge current [A]					
Full load	18	20	30	37	45
Load 90%	36	45	60	75	90
Load 80%	56	65	90	110	140
Load ≤ 70%	66	80	105	130	165

<i>Electrical Data</i>	<i>SPS HE Power (kVA)</i>				
	100	120	160	200	250
INVERTER					
Rated power (kVA)	100	120	160	200	250
Active power (kW)	100	120	160	200	250
Rated voltage	400Vca 3-phase + N (configurable from 380V to 415V)				
Rated frequency	50 or 60Hz (configurable)				
Rated voltage adjustment field	from 360 to 420V				
Static variation	± 1%				
Dynamic variation	± 5%				
Recovery time within ± 1%	20ms				
Current peak factor (Ipeak/Irms as per EN 62040-3)	Conforms to standard EN 62040-3, class 1				
Voltage distortion with linear load	3:1				
Voltage distortion with non linear load (EN 62040-3)	1% (typical), 2% (max)				
Stability of frequency with Inverter synchronized with the by-pass mains	< 3%				
Stability of frequency with Inverter not synchronized with the by-pass mains	± 2% (adjustable from ± 1% to ± 6% from control panel)				
Speed of frequency variation	± 0.05%				
Dissymmetry of the phase voltages with balanced and unbalanced load	1Hz/sec				
Voltage phase shift with balanced and unbalanced load	≤ 1%				
Overload with reference to the rated power:	120 ± 1 °cl				
Three phase	110% for 60', 125% for 10', 150% for 1'				
Mono phase	200% for 6 s				
Short circuit current	180% for 1 second with current limiting				
Phase / Phase	300% for 1 second with current limiting				
Phase / Neutral					
Inverter from battery efficiency (%)	96%				

<i>Electrical Data</i>	<i>SPS HE Power (KVA)</i>				
	100	120	160	200	250
BY-PASS					
Rated voltage	400Vca 3-phase + N (configurable from 380V to 415V)				
Rated voltage tolerance	± 20% (adjustable from ± 5% to ± 25% from control panel)				
Rated frequency	50 or 60Hz (auto-sensing)				
Frequency tolerance	± 2% (adjustable up to ± 6% from control panel)				
Switching onto by-pass with synchronized Inverter (UPS in "Normal Mode")	< 1				
Switching onto by-pass with Inverter out of sync (UPS in "Normal Mode")	100 ms				
Switching from by-pass to Inverter (UPS in "Stand-by On mode")	from 2 to 5ms				
Power overload capacity of the by-pass line	110 % for 60 minutes, 125 % for 10 minutes, 150 % for 1 minute				
i²t SCR bypass (25°C, 8÷10ms) [A²s]	145K	145K	405K	405K	405K
Short circuit capacity of the by-pass line (x rated current)					
1 second	12	10	12	9,5	7,5
500 ms	13	11	13	10,5	8,5
200 ms	15	13	15	12,5	10
100 ms	17	14	17	13,5	10,5
10 ms	24	20	24	19,5	15,5

ANEXO N°8: Presupuesto con la Tecnología Policristalino – Baterías de Plomo



Cotización

Autosolar Energía del Perú S.A.C
Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin
Referencia: Frente a Campomar, entrada al Megacentro altura Puente VIDU
Teléfono: 017154357 Móvil: 993943927
autosolar@autosolar.pe
R.U.C: 20602492118

Alex Quintanilla Rodríguez

Caylloma
Alex Quintanilla Rodríguez

DOCUMENTO	NÚMERO	PÁGINA	FECHA
Presupuesto	1 000000	1	13/07/2020

CLIENTE	R.U.C.	AGENTE	FORMA DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
4408	17	Jean Gómez		1 Mes, salvo cambio de tarifa

GARANTÍA DE UN AÑO EN LOS EQUIPOS OFERTADOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
1002227	Panel Solar JINKO 340W 24V Policristalino	266	613,87	163.289,42		163.289,42
1501624	Estructura Cubierta Plana 15º 14 Panel CVE915	19	2.012,12	38.230,28		38.230,28
3009017	Inversor Aislada RIELLO Sirio SPS100 Power 100kW	1	89.000,00	89.000,00		89.000,00
3009038	Inversor Red RIELLO Sirio K100 - 100kW	1	63.666,67	63.666,67		63.666,67
1741029	Batería Estacionaria 2V 2550Ah BAE	192	3.931,38	754.824,96		754.824,96
5504017	Juego Conectores MC4 paneles-regulador	19	24,80	471,20		471,20
5501055	Cuadro de agrupación de strings	3	2.460,50	7.381,50		7.381,50
5201014	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	760	8,10	6.156,00		6.156,00
5201016	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	760	8,10	6.156,00		6.156,00
5201030	Cable unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Verde	10	28,65	286,50		286,50
5201032	Cable unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro	10	28,65	286,50		286,50
5201036	Cable unifilar 70 mm2 POWERFLEX RV-K Verde	20	36,94	738,80		738,80
5201037	Cable unifilar 70 mm2 POWERFLEX RV-K Negro	20	36,94	738,80		738,80

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.G.V	R.E.
18,00	1.131.226,63					1.131.226,63	203.620,79	
10,00								
4,00								

Firmado Autosolar

TOTAL: 1.334.847,42 S/.



TIPO DE MONEDA: SOLES
PAGO EN DOLARES: TIPO DE CAMBIO S/. 3,33
NO SE INCLUYE EL ENVÍO, SALVO SE ESPECIFIQUE EN LA COTIZACIÓN
EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CONFIANZA PARA ENVÍO A PROVINCIAS:
MARVISUR - SHALOM - OLVA COURIER - SPC COURIER - TRANSAVALA

DATOS BANCARIOS EN SOLES	DATOS BANCARIOS EN DÓLARES
INTERBANK: 6373001500225 / CCI: 00363700300150022563	INTERBANK: 2003108749061 / CCI: 00320001310874906134
BCP: 1942448005022 / CCI: 00219400244800502298	BCP: 1942552861183 / CCI: 00219400255286118390
BBVA: 001103970100013290 / CCI: 011397000100013290-70	BBVA: 001103970100013304 / CCI: 011397000100013304-79

CUENTA DE DETRACCIONES
BANCO DE LA NACIÓN - Cuenta N°: 00-010-065666

ANEXO N°9: Presupuesto con la Tecnología Policristalino – Baterías de Litio



Cotización

Autosolar Energía del Perú S.A.C
Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-6, Lurin
Referencia: Frente a Campomar, entrada al Megacentro altura Puente VIDU
Teléfono: 017154357 Móvil: 993943927
autosolar@autosolar.pe
R.U.C: 20602492118

Alex Quintanilla Rodríguez

Caylloma
Alex Quintanilla Rodríguez

DOCUMENTO	NÚMERO	PÁGINA	FECHA
Presupuesto	1 006317	1	13/07/2020

CLIENTE	R.U.C.	AGENTE	FORMA DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
4408	17	Jean Gómez		1 Mes, salvo cambio de tarifa

GARANTÍA DE UN AÑO EN LOS EQUIPOS OFERTADOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
1002227	Panel Solar JINKO 340W 24V Policristalino	266	613,87	163.289,42		163.289,42
1501624	Estructura Cubierta Plana 15° 14 Panel CVE915	19	2.012,12	38.230,28		38.230,28
3009020	Inversor Aislada RIELLO Sirio SPS100 HE Power 100kW	1	133.857,14	133.857,14		133.857,14
3009038	Inversor Red RIELLO Sirio K100 - 100kW	1	63.666,67	63.666,67		63.666,67
1881821	Kit AC Energy Manager CEGASA	7	1.741,33	12.189,31		12.189,31
1941502	Batería Litio CEGASA 48V 8.6kWh	70	23.597,49	1.651.824,30		1.651.824,30
5504017	Juego Conectores MC4 paneles-regulador	19	24,80	471,20		471,20
5501055	Cuadro de agrupación de strings	3	2.460,50	7.381,50		7.381,50
5201014	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Rojo	760	8,10	6.156,00		6.156,00
5201016	Cable Unifilar de 6 mm2 SOLAR PV 1,5kV Negro	760	8,10	6.156,00		6.156,00
5201030	Cable unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Verde	10	28,65	286,50		286,50
5201032	Cable unifilar 50 mm2 POWERFLEX RV-K Negro	10	28,65	286,50		286,50
5201036	Cable unifilar 70 mm2 POWERFLEX RV-K Verde	20	36,94	738,80		738,80
5201037	Cable unifilar 70 mm2 POWERFLEX RV-K Negro	20	36,94	738,80		738,80

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.G.V	R.E.
18,00	2.085.272,42					2.085.272,42	375.349,04	
10,00								
4,00								

Firmado Autosolar

TOTAL: 2.460.621,46 S/.

TIPO DE MONEDA: SOLES



NO SE INCLUYE EL ENVÍO, SALVO SE ESPECIFIQUE EN LA COTIZACIÓN

EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CONFIANZA PARA ENVÍO A PROVINCIAS:
MARVISUR - SHALOM - OLVA COURIER - SPC COURIER - TRANSZAVALA

DATOS BANCARIOS EN SOLES

INTERBANK: 6373001500225 / CCI: 00363700300150022563
BCP: 1942448005022 / CCI: 00219400244800502298
BBVA: 001103970100013290 / CCI: 011397000100013290-70

DATOS BANCARIOS EN DÓLARES

INTERBANK: 2003108749061 / CCI: 00320001310874906134
BCP: 1942552861183 / CCI: 00219400255286118390
BBVA: 001103970100013304 / CCI: 011397000100013304-79

CUENTA DE DETRACCIONES

BANCO DE LA NACIÓN - Cuenta N°: 00-010-065666