

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO
DE 6 KW PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL DE LAS
GRANJAS GANADERAS SANTA ELENA – CAÑETE”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ENERGÍA**

JHONNY GABRIEL PANTOJA VELASQUEZ

Callao, noviembre, 2017
PERÚ

DEDICATORIA:

A Dios, por protegerme a lo largo de todo mi camino, por los triunfos, por darme la fortaleza y sabiduría necesaria para superar las dificultades que se me presentan en la vida.

A mis padres y hermano, que son las personas mas importantes en mi vida y los cuales amo con todo mi ser, a ellos que son mis motivos a seguir siempre adelante, siendo una fuente de humildad, esfuerzo, sacrificio y perseverancia.

AGRADECIMIENTO:

A Dios, por permitirme estar en uno de los momentos mas importantes, tanto para mi vida personal y profesional.

A la Facultad de ingeniería Mecanica – Energia de la Universidad Nacional Del Callao y maestros por darme los conocimientos y herramientas necesarias para mi formación profesional.

A Gerance SAC y al ing. Angel Cuya por el apoyo y conocimientos brindados en mi desarrollo profesional.

A mis familiares y amigos, por su cariño, apoyo y confianza hacia mi persona.

INDICE

TABLAS DE CONTENIDO	4
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
CAPITULO I	10
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.	10
1.1 Identificación del problema.	10
1.2 Formulación del problema.	11
1.2.1 Problema general	11
1.2.2 Problemas específicos	11
1.3 Objetivos de la investigación	11
1.3.1 Objetivo general	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
1.4 Justificación	11
1.5 Importancia	12
CAPITULO II	13
MARCO TEORICO	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.1.1 Antecedentes nacionales	13
2.1.2 Antecedentes internacionales.....	14
2.2 Marco conceptual	15
2.2.1 Electrificación rural en el Perú.....	15
2.2.2 Energía solar fotovoltaica	20
2.2.3 Sistema fotovoltaico autónomo (SFA)	32
2.2.4 Tecnologías de fabricación de paneles solares.....	57
2.3 Marco Normativo	61
2.3.1 Ley N° 27744, de electrificación rural y de zonas aisladas y de frontera.....	61
2.3.2 Código Nacional de Electricidad.....	61
2.3.3 Plan nacional de electrificación rural (PNER).....	62

2.4	Definiciones de términos básicos	64
CAPITULO III		66
VARIABLES E HIPÓTESIS		66
3.1	Variables de la investigación	66
3.1.1	Variable independiente	66
3.1.2	Variable dependiente.....	66
3.2	Operacionalizacion de variables	66
3.3	Hipótesis	67
3.3.1	Hipótesis general.....	67
3.3.2	Hipótesis especificas	67
CAPITULO IV.....		68
METODOLOGÍA		68
4.1	Tipo de investigación	68
4.2	Diseño de investigación	68
4.2.1	Parámetros básicos de investigación.	68
4.2.2	Etapas de la investigación.....	69
4.2.3	Detalles de la investigación.....	69
4.3	Población y muestra	84
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	85
4.5	Procedimiento de recolección de datos.....	86
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	86
CAPITULO V.....		87
RESULTADOS.....		87
CAPITULO VI.....		92
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		92
6.1	Contrastación de la Hipótesis con los resultados	92
6.1.1	Contrastacion de la hipótesis general:.....	92
6.1.2	Contrastacion de la hipótesis especificos:.....	92
6.2	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	93
CAPITULO VII.....		94
CONCLUSIONES		94

CAPITULO VIII.....	95
RECOMENDACIONES.....	95
CAPITULO IX.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	96
CAPITULO X.....	99
ANEXOS.....	99
Anexo 1: Matriz de consistencia.....	100
Anexo 2: Ficha técnica del Foco de L.E.D.....	101
Anexo 4: Ficha técnica del panel solar.....	103
Anexo 5: Ficha técnica del acumulador de energía.....	104
Anexo 6: Ficha técnica del controlador de carga.....	105
Anexo 7: Ficha técnica del inversor.....	106
Anexo 8: Diseño típico de estructuras elevadas para instalación de paneles solares.....	108
Anexo 9: Diagrama unifilar del sistema autónomo 1.5 KW. Para cada granja.....	109
Anexo 10: Plano eléctrico – Granja Colinas.....	110
Anexo 11: Plano eléctrico – Granja Cerro.....	111
Anexo 12: Plano eléctrico – Granja Rocas.....	112
Anexo 13: Plano eléctrico – Granja Piedras.....	113
Anexo 14: Sistema fotovoltaico de 18 Kwp en planta BACKUS Y JOHNSTON S.A.A, Cañete, 2011.....	114

TABLAS DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Tipos de fuentes energéticas renovables y no renovables...	28
Tabla 2.2: Combinaciones de sistemas híbridos con fuentes de energía renovable	28
Tabla 2.3: Análisis de los costos de generación de energía en los mercados eléctricos de américa latina	31
Tabla 2.4: Diferencia de paneles según su tecnología de fabricación	35
Tabla 2.5: Características de los principales tipos de baterías	38
Tabla 2.6: Baterías utilizadas en instalaciones solares	38
Tabla 3.1: Operacionalización de variables	67
Tabla 4.1: Características geográficas de la provincia de cañete	70
Tabla 4.2: Cantidad de puntos de electrificación según cantidad de granjas	72
Tabla 4.3: Proyección de aparatos instalados en las granjas	73
Tabla 4.4: Demanda de energía diaria de los aparatos en granjas ...	73
Tabla 4.5: Demanda de energía total diaria de los aparatos en granjas con proyección del 25%	74
Tabla 4.6: Demanda de energía total diaria de los aparatos en la granja colinas con un adicional del 25%.....	75
Tabla 4.7: Radiación promedio mensual en una superficie inclinada con punta ecuatorial (KWh / m2 / día)	75
Tabla 4.8: Radiación promedio mensual en una superficie con inclinación optima (KWh / m2 / día)	76
Tabla 4.9: Porcentaje de caída de tensión admisible	80
Tabla 4.10: Equivalencias AWG / MCM a mm2	80
Tabla 4.11: Sección de cables del sistema	81
Tabla 4.12: Cantidad de granjas en la localidad	84

Tabla 4.13: Técnica e instrumentos de recolección de datos	86
Tabla 5.1: Componentes del sistema fotovoltaico para 6 KW	88
Tabla 5.2: Costo estimado del sistema fotovoltaico autónomo 6 KW..	90
Tabla 5.3: Costo comparativo SFA 6 KW vs algunos componentes de líneas de transmisión	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Fuentes de energía renovable y su tecnología	19
Figura 2.2: Situación de las energías renovables en el Perú	22
Figura 2.3: Mapa de irradiancia solar promedio anual en Perú	23
Figura 2.4: Sistema fotovoltaico conectado a red	24
Figura 2.5: Sistema fotovoltaico autónomo	27
Figura 2.6: Estructura de la célula solar	33
Figura 2.7: Instalación solar fotovoltaica	33
Figura 2.8: Características de un panel solar	34
Figura 2.9: Conexiones de un regulador a una instalación fotovoltaica	40
Figura 2.10: Esquema de conexión de un regulador en la instalación ..	42
Figura 2.11: Esquema general de una instalación autónoma con inversor	42
Figura 2.12: Esquema general de una instalación conectada a la red...	43
Figura 2.13: Conexión de un inversor – regulador en un sfa de 12 V .	44
Figura 2.14: Conexión de paneles en paralelo	48
Figura 2.15: Conexión de paneles en serie	49
Figura 2.16: Conexión mixta de paneles solares	49
Figura 4.1: Ubicación de la provincia de cañete	70
Figura 4.2: Vista satelital de la provincia de cañete	71
Figura 4.3: Vista satelital de las granjas colinas, cerros, piedras y rocas	72
Figura 4.4: Conexionado de puesta a tierra en paneles	82
Figura 4.5: Conexionado de puesta a tierra del sistema	83
Figura 4.6: Vista satelital de la totalidad de granjas	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1: Índice de acceso a la electrificación rural	18
--	----

RESUMEN

Dos de los puntos más importantes para esta tesis es difundir y fomentar el interés por las energías solares fotovoltaicas siendo parte de una fuente de energía renovable, por ello, mediante una investigación aplicada y de nivel tecnológico, se realizó el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo de 6 KW, para cubrir con la demanda de energía necesaria para alimentar los equipos y aparatos eléctricos instalados en las granjas de la ganadera Santa Elena, en Cañete; cuya zona no cuenta con una red eléctrica.

Haciendo uso de valores, extraídos de la base de datos de radiación promedio mensual en una superficie inclinada (kWh / m² / día) emitidos por la NASA, y mediante los métodos de dimensionamiento y selección de equipos, se logró diseñar el sistema fotovoltaico.

Como resultado, el sistema fotovoltaico autónomo, consta de: 2 paneles 250 W - SP660 (conectados en paralelo), 6 baterías de 200 Ah / 12V (conectados en 3 ramales de 2 baterías en serie cada una), 1 controlador de carga de 30A y 24V, 1 inversor 24V / 750V – 700 W, y conductores eléctricos de 4 y 16 AWG para el conexionado de equipos y distribución de energía hacia los aparatos instalados.

Con ello, se logró diseñar un sistema fotovoltaico autónomo con capacidad de generar 6 KW, para el abastecimiento de energía eléctrica en las granjas Colinas, Cerros, Rocas y Piedras, teniendo como fuente principal un tipo de energía renovable, en este caso la solar.

En la parte final, se estima un costo total de proyecto de S/. 145,245.00.

Palabras claves: diseño, electrificación, solar, energía renovable, fotovoltaico.

ABSTRACT

Two of the most important points for this thesis is to disseminate and promote interest in photovoltaic solar energy being part of a renewable energy source, therefore, through an application and technological level research, the design of an autonomous photovoltaic system was carried out of 6 KW, to cover with the demand of energy necessary to feed the equipment and electrical appliances installed in the farms of the livestock Santa Elena, in Cañete; whose area does not have an electrical network.

Using values, extracted from the database of average monthly radiation on an inclined surface (kWh / m² / day) issued by NASA, and through the methods of sizing and selection of equipment, it was possible to design the photovoltaic system.

As a result, the autonomous photovoltaic system consists of: 2 panels 250 W - SP660 (connected in parallel), 6 batteries of 200 Ah / 12V (connected in 3 branches of 2 batteries in series each), 1 charge controller of 30A and 24V, 1 inverter 24V / 750V - 700 W, and 4 and 16 AWG electrical conductors for the connection of equipment and power distribution to the installed devices.

With this, it was possible to design an autonomous photovoltaic system with the capacity to generate 6 KW, for the supply of electric energy in the Colinas, Cerros, Rocas and Piedras farms, having as its main source a type of renewable energy, in this case solar.

In the final part, a total project cost of S / . 145,245.00.

Keywords: design, electrification, solar, renewable energy, photovoltaic.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 Identificación del problema.

La Ganadera Santa Elena, inicio sus operaciones en enero de 1993 como engordadora de ganado vacuno. En 1996 ingresa al sector avícola. Actualmente cuenta con granja de gallinas reproductoras, gallinas ponedoras, pollos para venta, una planta de incubación y otra de alimentos balanceados.

Las granjas en las cuales se realizan la producción de aves se encuentran ubicadas en el sur chico de país, para dicha producción se ubican a las aves en espacios cerrados denominados galpones, manteniendo una temperatura adecuada a base de combustión de gas propano; gas que se utiliza para la producción mas no para cubrir ni generar energía eléctrica.

Las granjas Colinas, Cerros, Rocas y Piedras son granjas que pertenece a la Ganadera Santa Elena, se encuentran ubicadas a la altura del kilómetro 132 de la panamericana sur, Cañete

Corresponde a una de las zonas aledañas al distrito de Cañete, a 20 kilómetros de la zona poblacional. Por ser una granja alejada a la población no cuenta con redes de energía eléctrica que pueda solventar la demanda de energía necesaria para cubrir los servicios básicos de electricidad que el personal que labora en dicho lugar puedan necesitar (6 KW).

Al carecer de energía eléctrica, y aprovechando las condiciones naturales del lugar, se pudo generar energía a través de la radiación solar que se encontró en dicha localidad.

En consecuencia, fue conveniente contar con un sistema fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica a las granjas.

1.2 Formulación del problema.

1.2.1 Problema general

- ¿Cómo diseñar un sistema fotovoltaico autónomo 6 KW para la electrificación rural de las granjas ganadera Santa Elena – Cañete?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo determinar la demanda de energía eléctrica que se requiere para proyectar el sistema fotovoltaico autónomo?
- ¿Cómo determinar la capacidad de energía solar?
- ¿Cómo determinar las dimensiones y equipos adecuados del sistema fotovoltaico?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar un sistema fotovoltaico autónomo de 6 KW para la electrificación rural de las granjas ganadera Santa Elena – Cañete.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la demanda de energía eléctrica que se requiere para proyectar el sistema fotovoltaico autónomo.
- Determinar la capacidad de energía solar.
- Determinar las dimensiones y equipos adecuados del sistema fotovoltaico.

1.4 Justificación

La falta de energía eléctrica que sirven para alimentar equipos básicos de comunicación y de iluminación en las granjas, conlleva al uso de nuevas

fuentes de energía, evitando así un ambiente peligroso para el personal e inseguridad en las zonas de producción.

Por ello el uso de tecnologías modernas cuyo funcionamiento es a través de fuentes naturales renovables, en este caso la solar, sirvió para la producción de energía, en este caso para el abastecimiento de energía eléctrica en las granjas.

En tal sentido el diseño que se elaboró tiene como justificación los siguientes puntos:

- Justificación Práctica: porque ayudara a cubrir la demanda de energía eléctrica.
- Justificación Metodológica: porque plantea una serie de procedimientos a utilizar en otras granjas.
- Justificación Tecnológica: por que hace uso de recursos tecnológicos existentes.
- Justificación Económica: por que se considera mas rentable que otros sistemas.

1.5 Importancia

La energía solar puede usarse en la generación de electricidad mediante el uso de un sistema fotovoltaico, que convierte la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicables en diversas actividades de la vida. Constituyen una de las mejores alternativas para el abastecimiento de energía eléctrica en lugares aislados a la red eléctrica, al mismo tiempo que damos la posibilidad a poblaciones rurales y zonas aledañas de gozar de este recurso.

La tecnología fotovoltaica presenta ventajas desde una instalación simple y segura hasta un posicionando en el mercado como la mejor opción para producir de electricidad sin tanto impacto al medio ambiente. Siendo así una de las mejores alternativas de generación eléctrica.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes.

2.1.1 Antecedentes nacionales

- MUÑOZ ANTICONA, Delfor Flavio. **Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país.** Tesis para optar el título de ingeniero Mecánico Electricista. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2005.

Esta tesis se desarrolló para dar a conocer la conveniencia y viabilidad del uso de la energía solar mediante los sistemas fotovoltaicos para solucionar la falta de energía eléctrica en las zonas rurales que carecen de redes eléctricas, en este caso se instalaron paneles solares en la provincia de Purus – Ucayali, dando los siguientes resultados:

Para electrificación de viviendas: 01 modulo fotovoltaico de 50 Wp - 12 V DC, 01 controlador de 8 A - 12 V DC y 01 bateria de 100 Ah - 12 V DC.

Para el uso de equipos de radio y comunicación: 02 modulos fotovoltaico de 50 Wp - 12 V DC, 01 controlador de 30 A - 12 V DC y 01 bateria de 100 Ah - 12 V DC.

Para modulos productivos: 03 modulo fotovoltaico de 50 Wp - 12 V DC, 01 controlador de 30 A - 12 V DC, 01 inversor de 12 V DC a 220 V AC y 01 bateria de 200 Ah - 12 V DC.

- VALDIVIEZO SALAS, Paulo. **Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.** Tesis para optar el título de ingeniero Mecánico. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2014.

El propósito de la tesis es generar energía eléctrica a través de un sistema fotovoltaico aislado con el fin de cubrir la demanda de 158.4 Ah/d,

generado por 15 computadoras portátiles utilizadas en las instalaciones de la PUCP. Obteniendo el siguiente resultado: 12 baterías 250 Ah / 12 V (3 ramales de 2 paralelo y 2 en serie), 24 paneles de 150 Wp. (3 ramales de 4 paralelo y 2 en serie), 3 controladores de 50 A y 24 V, y 1 inversor 24 V / 230 V – 1200 W.

- VÁSQUEZ CHIGNE, Laura. ZÚÑIGA ANTICONA, Bibi. **Proyecto de Pre factibilidad para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica y Térmica en el Campamento Minero Comihuasa.** Tesis para optar el título de ingeniero Industrial. Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2015.

El proyecto fue elaborado para satisfacer la demanda del campamento mediante el uso de energía solar, con la finalidad de lograr un ahorro económico con respecto al gasto mensual por KWH consumido, además de contribuir con los impactos causados al medio ambiente y diversificar la matriz energética de la minera. Para ello se consideraron los siguientes equipos: 01 modulo fotovoltaico de 240 Wp - 12 V DC, 01 controlador de 45 A - 48 V DC, 01 inversor de 48 DC – 1200 W y 01 baterias de 3000 Ah - 2 V DC.

2.1.2 Antecedentes internacionales

- PÉREZ GARRIDO, Danilo, **Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampolletas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos.** Tesis para optar el título de ingeniero Electrónico. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 2009.

Desarrollar un proyecto que permita determinar la conveniencia del uso de energías no convencionales para sistemas de iluminación de bajo consumo. Al final de este trabajo se realiza el diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar una vivienda, la cual será iluminada con

ampolletas Led, los componentes del sistema fueron: 01 panel fotovoltaico de 130 Wp - 12 V DC, 01 controlador de 8 A, 01 inversor de 100 W y 01 banco de baterías de 55 Ah - 12 V DC.

- **SILVA PIGENUTT, César, Aplicación de sistemas fotovoltaicos en zonas marginadas del estado de Veracruz sin recursos de energía eléctrica.** Tesis para optar el título de ingeniero Eléctrico Electrónico. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 2015.

El sistema fotovoltaico fue instalado para Aplicar para comunidades marginadas en Tihuatlán, Veracruz, cuya población se encuentra sin recursos de energía eléctrica

El sistema fotovoltaico que se calculó y se otorgó para el proyecto de iluminación dentro de la comunidad, constó de un panel solar monocristalino de 20 W, una batería de 12 V a 7 Ah, un controlador de carga de 3 W, con cable de 18 AWG de 5 mts, todo esto para satisfacer la demanda eléctrica de 4 focos leds de luz blanca de 3 W cada uno.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Electrificación rural en el Perú

- **Problemática**

La electrificación rural en el Perú presenta características especiales como son: la lejanía y poca accesibilidad de sus localidades, el consumo unitario reducido, poblaciones y viviendas dispersas, bajo poder adquisitivo de los habitantes.

Asimismo, no existe suficiente infraestructura vial, encontrándose aislados. Tampoco cuentan con infraestructura social básica en salud, educación, saneamiento, vivienda, obras agrícolas, etc.

Esta situación determina una baja rentabilidad económica para los proyectos de electrificación rural, lo que motiva que no sean atractivos a la inversión privada y requieran de la participación activa del Estado. Estos proyectos en cambio tienen una alta rentabilidad social, ya que integra a los pueblos a la modernidad, educación, comunicación con el mundo, mejoras en salud, amplía el horizonte de vida, facilita las labores domésticas a las amas de casa, y además sirve para promocionar proyectos de uso productivo, como bombeo de agua potable y riego, panaderías, pequeñas soldadoras, aserraderos, entre otras pequeñas industrias.¹

La necesidad de un cambio radical en el rumbo de las políticas del sector eléctrico, era necesario para retomar el rol protagónico del Estado dentro de la creación de nueva oferta energética, que tiene como lineamientos: el incremento de la participación de la energía renovable, el cambio profundo en la distribución, la realización de un plan emergente de ahorro y eficiencia energética y el incremento de la cobertura de servicio eléctrico en sectores rurales.

El desafío por conseguir un crecimiento con equidad de la población, exige la incorporación de los sectores: rural y urbano-marginal al proceso de desarrollo del país. Para alcanzar este logro se requiere dotar a estas poblaciones, de servicios básicos que permitan impulsar sus capacidades socio-económicas. Constituyéndose entonces la energía eléctrica, como una de las herramientas que requiere la población para el desarrollo de sus actividades productivas y mejoramiento de su calidad de vida, atendiendo sus necesidades de comunicación, alumbrado y principalmente para el desarrollo de sus actividades agropecuarias, artesanales, comerciales e industriales.

¹ www.fise.gob.pe/pags/PublicacionesFISE/Revista_Amaray-Agosto2014.pdf.

En cuanto a la electrificación rural, según el Censo de Población y Vivienda realizado el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, el porcentaje total de viviendas con energía eléctrica alcanzó el 94,77%, en el área Urbana, mientras que en el área Rural se ubicó en el 89,03%.

Las soluciones basadas en extensión de red, se han ido agotando al tornarse cada vez más costosas y presentan graves efectos en el deterioro de la calidad del servicio. Es indudable por otro lado, que existen zonas aún no servidas, ubicadas especialmente en la Amazonía, en las que no resulta pertinente llegar con extensión de red atendiendo a razones de carácter económico, técnico, de impacto ambiental y sobre todo de respeto a la cultura de las etnias locales.

➤ Proceso evolutivo y comportamiento en los últimos años

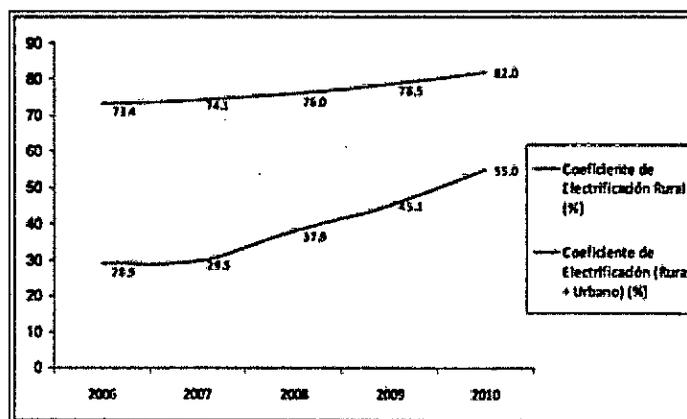
Históricamente, solamente la población urbana tenía la comodidad de electricidad garantizada. La población rural en su mayoría, ni tenía la red, ni la voz y fuerza para reclamarla. Aunque había iniciativas aisladas con éxito para electrificar poblaciones rurales con sistemas descentralizados, estas representaron nada más que una gota de agua en vista de la gran necesidad.

El gobierno reaccionó y actualmente una serie de proyectos están en ejecución con un mejoramiento importante. El Plan Nacional de Electrificación Rural con el Fondo Nacional de Electrificación Rural (FONER), que incluye energías renovables, se encuentra actualmente en su segunda fase. Más detalles son disponibles en la muy informativa página de la Dirección General de Electrificación Rural (DGER-MEM).

Según el mapa de pobreza del Fondo Nacional de Cooperación para el Desarrollo (FONCODES), 70% de la población rural en el 2007 no tenía

acceso a electricidad, con grandes variaciones entre diferentes departamentos. El gráfico de abajo muestra la situación (fuente DGER).²

GRAFICO N° 2.1
INDICE DE ACCESO A LA ELECTIFICACION RURAL



Fuente: Dirección general de electrificación rural (DGER-MEM)

La cobertura eléctrica de acuerdo con los resultados del censo del año 1993 fue: Nacional 54,9%, Urbano 77% y Rural 7,7%. De acuerdo con los resultados del censo del año 2007 se tienen los siguientes valores: Nacional 74,1%, Urbano 89,1% y Rural 29,5%. Al finalizar el año 2015, se han estimado las siguientes coberturas: Nacional 93,3% y Rural 78%. El Estado a través del Ministerio de Energía y Minas ha venido ejecutando el programa de electrificación rural, utilizando para ello diversas tecnologías aplicables a esa realidad, sobre la base de una selección de fuentes de energía, las mismas que consideran en primer término la extensión de redes del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y/o la de los Sistemas Aislados (SSAA), a partir de las cuales se desarrollan los Sistemas Eléctricos Rurales (SER's)³.

✓ *Tecnologías para la electrificación rural*

- **Sistemas Convencionales:** Se denomina así a todas las energías que son de uso frecuente en el mundo o que son las fuentes más comunes

² deltavolt.pe › Energías Renovables

³ www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/energia-convencional-y-no-convencional-234637.html

para producir energía eléctrica. Son ejemplos de energía convencional: el petróleo, carbón mineral, gas natural, la electricidad, etc.

En otras ocasiones, se utiliza la combustión del carbón, el petróleo o el gas natural, cuyo origen son los elementos fósiles, que sirven como combustible para calentar el agua y convertirlo en vapor y generar también electricidad.

El movimiento producido por la combustión y explosión de los derivados del petróleo, como son la gasolina, nafta, otros, se realiza mediante la acción de motores. Estas energías son las más usadas en el planeta.

- **Sistemas No Convencionales:** Se refiere a aquellas formas de producir energía que no son muy comunes en el mundo y cuyo uso es limitado debido todavía a los costos para su producción y su difícil forma para captarlas y transformarlas en energía eléctrica. También se les conoce como "energías limpias", ya que por lo general no combustionan, no contaminan y no dejan desechos (excepto la madera). Dentro de las que más se están utilizando, están la energía nuclear, la energía solar, la energía geotérmica, la energía eólica y la energía de la biomasa.⁴

FIGURA N° 2.1
FUENTES DE ENERGIA RENOVABLE Y SU TECNOLOGIA



Fuente: Baena Solar.

⁴ www.abc.com.py/edicion-impresas/suplementos/escolar/energia-convencional-y-no-convencional-234637.html

2.2.2 Energía solar fotovoltaica

➤ Conceptos generales

La energía solar fotovoltaica consiste en la obtención de energía eléctrica a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semi conductor denominado célula fotovoltaica.

El material base para la fabricación de paneles fotovoltaicos suele ser el silicio. Cuando la luz del Sol (fotones) incide en una de las caras de la célula solar genera una corriente eléctrica. Esta electricidad generada se puede aprovechar como fuente de energía.

La fabricación las células fotovoltaicas es un proceso costoso, tanto económicamente como en tiempo. El silicio con el que se fabrican las células fotovoltaicas es un material muy abundante en la Tierra. Sin embargo, el procesamiento del silicio es laborioso y complicado. Mediante unos procesos muy complicados se elaboran lingotes de silicio. Posteriormente, de estos lingotes de silicio se cortarán las obleas (células fotovoltaicas). Otra fuente de obtención de silicio es el reciclado de la industria electrónica.

Es importante que todas las células que componen un panel solar fotovoltaico tengan las mismas características. Después de la fabricación de las células fotovoltaicas, hay que seguir un proceso de clasificación y selección

➤ Situación actual

La falta de acceso a la energía eléctrica es un problema que afecta a gran parte de la población mundial. Aproximadamente 1600 millones de habitantes (una cuarta parte de la población mundial) carece de electricidad para alumbrarse, refrigerar sus alimentos, etc. Cerca de 2 400 millones de personas siguen utilizando fuentes de energía básicas como

la leña, carbón, biomasa y estiércol para cocinar y en la calefacción de sus viviendas.⁵

El desafío por conseguir un crecimiento con equidad de la población, exige la incorporación de los sectores: rural y urbano-marginal al proceso de desarrollo del país. Para alcanzar este logro se requiere dotar a estas poblaciones, de servicios básicos que permitan impulsar sus capacidades socio-económicas. Constituyéndose entonces la energía eléctrica, como una de las herramientas que requiere la población para el desarrollo de sus actividades productivas y mejoramiento de su calidad de vida, atendiendo sus necesidades de comunicación, alumbrado y principalmente para el desarrollo de sus actividades agropecuarias, artesanales, comerciales e industriales.

Las soluciones basadas en extensión de red, se han ido agotando al tornarse cada vez más costosas y presentan graves efectos en el deterioro de la calidad del servicio.

Por otro lado, frecuentemente las instalaciones de sistemas de energía renovable en áreas rurales no han sido acompañadas de la necesaria formación, capacitación y sensibilización de la población beneficiaria. La falta de empoderamiento de la población con estas soluciones y su no incorporación en el proceso de identificación de necesidades e instalación, ha limitado en gran medida su sostenibilidad.

Tradicionalmente el Perú ha sido un país cuya generación de energía eléctrica se ha sustentado en fuentes renovables. Hasta el año 2002 la energía generada con centrales hidroeléctricas representaba el 85%⁶ del total de energía eléctrica en el país. Al desarrollarse el uso del gas de Camisea, la participación de las hidroeléctricas se ha ido reduciendo paulatinamente, teniendo la generación a gas una participación de 41%. Actualmente, los recursos energéticos renovables (RER) producen aproximadamente el 5% de toda la energía eléctrica generada en el país.

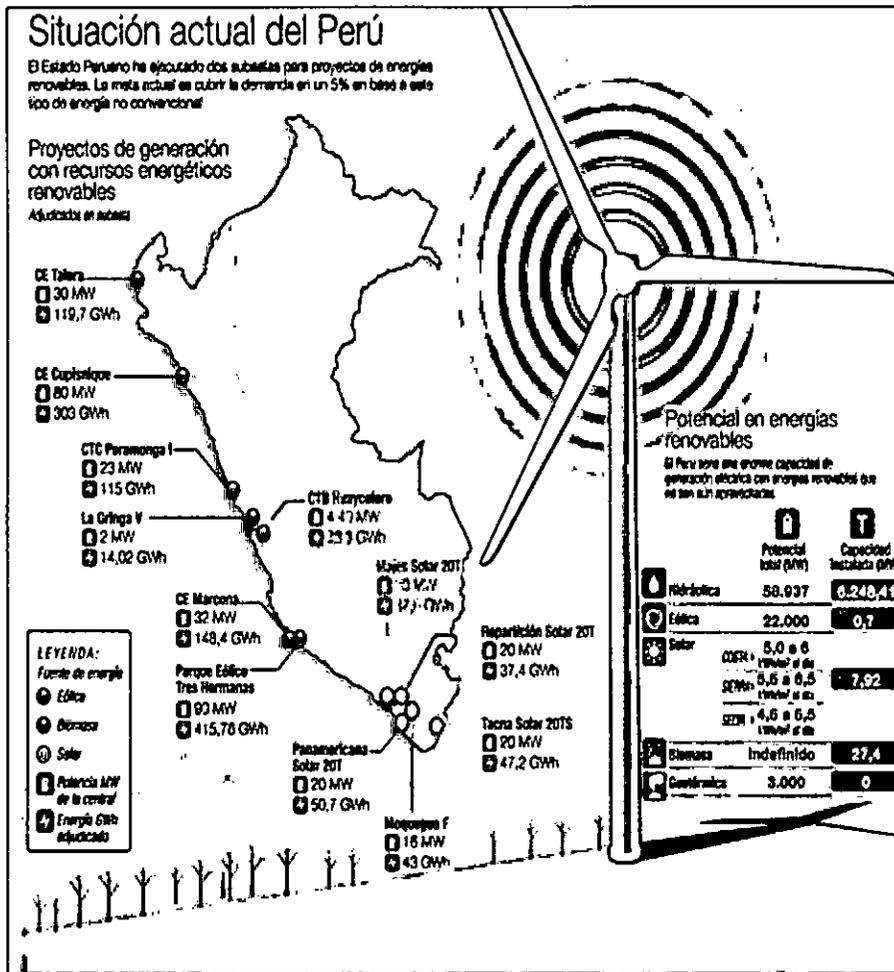
⁵ www.un.org/esa/sustdev/csd/csd14/bgrounder_energyforall_sp.pdf

⁶ www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/Publico/cop20/uploads/Oct_2014_Generacion_Electrica_RER_No_Convencionales_Peru.pdf

Sin embargo, el Perú cuenta con gran potencial en desarrollarlas, como podremos ver en adelante.

FIGURA N° 2.2

SITUACION DE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN EL PERU

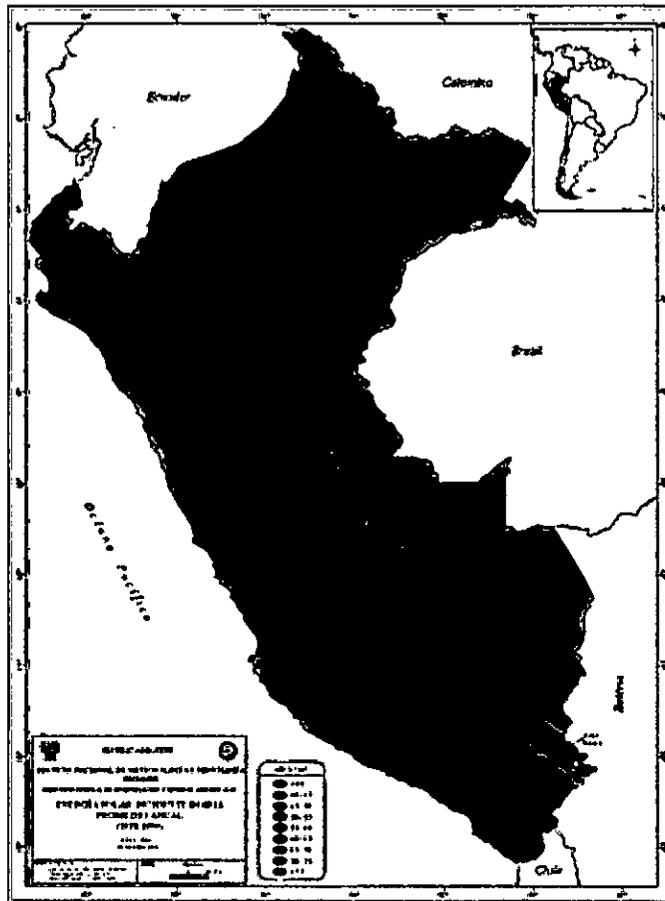


Fuente: OSINERGMIN

✓ *Incidencia de energía solar en el Perú.*

Actualmente la energía solar se usa más que nada para iluminación, radio y televisión en el ámbito doméstico. Al ampliarse el horario en que se disfruta de luz, hay más tiempo para realizar actividades productivas. Esto ha beneficiado en especial a las mujeres y los niños, que pasan más tiempo en casa. La extensión de la iluminación permite a las mujeres llevar a cabo actividades como la costura, la elaboración de cestas y de artesanías, y a los niños seguir estudiando cuando ya ha oscurecido.

FIGURA N° 2.3
MAPA DE IRRADIANCIA SOLAR PROMEDIO ANUAL EN PERU



Fuente: Delta Volt.

Estos mapas permiten, entre otros, evaluar el rendimiento de sistemas solares según el lugar de su instalación. Son parte del Atlas de la Energía Solar, que fue elaborado durante un tiempo prolongado y publicado en el año 2003 por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y la Dirección General de Electrificación Rural (DGER-MEM) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

➤ Tipos de Sistemas fotovoltaicos

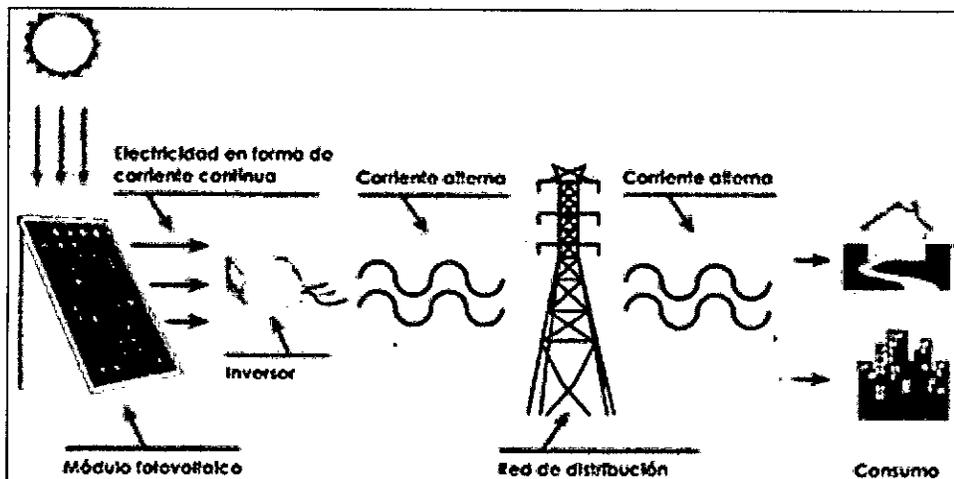
Los sistemas fotovoltaicos se pueden configurar de múltiples formas dependiendo de diversos factores, sin embargo, uno de los más

importantes es determinar si el sistema que queremos dimensionar va a tratarse de un sistema autónomo, conectado a la red eléctrica o híbrido.

- Sistemas conectados a red.

Un sistema fotovoltaico conectado a la red consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional. El concepto de inyección a la red tiene un amplio margen de aplicaciones, desde pequeños sistemas de pocos kilowatts pico (kWp) de potencia instalada hasta centrales de varios megawatt pico (MWp). En la figura 1 se muestra un diagrama de los componentes principales de un sistema de conexión a la red.

FIGURA N° 2.4
SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED



Fuente: antusol.

El generador fotovoltaico capta la radiación solar y la transforma en energía eléctrica, que, en lugar de ser almacenada en baterías, como en los sistemas aislados e híbridos, se puede utilizar directamente en el consumo o entregarla a la red eléctrica de distribución. Estas dos funciones las realiza un inversor de corriente directa a corriente alterna, especialmente diseñado para esa aplicación.

El generador fotovoltaico o campo de paneles se puede integrar a techos o fachadas en las viviendas y edificios, o en estructuras especiales. Es conveniente incluir, tras el inversor, un transformador para aislamiento, un interruptor automático de desconexión para cuando la tensión de la red está fuera de márgenes (vigilante de tensión) y el correspondiente contador, en serie con el habitual y en sentido inverso, para medir la energía eléctrica inyectada en la red.

El carácter modular de la tecnología fotovoltaica permite, al contrario de la mayoría de las fuentes convencionales, un costo unitario y una eficiencia independiente del tamaño o la escala de la instalación; por ello los pequeños sistemas presentan un gran interés para la producción de energía descentralizada o independencia del usuario o consumidor. Entre las principales ventajas de estos sistemas se pueden mencionar las siguientes:

- Al generar en el mismo punto en que se produce el consumo, se eliminan las pérdidas en la transmisión (8-12%) y distribución (16-22%) de la energía eléctrica.
- Se instalan fácil y rápidamente sobre cualquier edificio o área de parqueo bien expuesta al sol, sin obstáculos ni edificios próximos que proyecten sombras, sin consumir más espacio del que ya ocupa el edificio en el medio urbano.
- No producen contaminación ni efecto nocivo alguno.
- Son sistemas modulares: permiten inversiones de forma progresiva.
- Los costos de operación y mantenimiento son incomparablemente inferiores a los de las termoeléctricas.

Inicialmente, los sistemas fotovoltaicos de conexión a la red se desarrollaron para centrales fotovoltaicas de gran tamaño. Tras comprobarse en la práctica que estas centrales trabajaban correctamente,

en la medida en que avanzó el desarrollo de la electrónica se comenzaron a diseñar sistemas de menor envergadura, más pequeños y manejables, con la finalidad de ser instalados a modo de pequeñas centrales domésticas solares, totalmente adaptables a viviendas dotadas de una acometida convencional de suministro eléctrico desde la red.

En regiones rurales o aisladas los sistemas fotovoltaicos autónomos constituyen ya la solución de fondo y son parte fundamental e imprescindible para la garantía de las comunicaciones. A diferencia de los sistemas conectados a la red, los sistemas autónomos requieren de baterías para almacenar la energía que será consumida en los ciclos diarios.

- Sistemas autónomos o aislados.

Un sistema fotovoltaico aislado es aquel que utiliza energía solar para transformarla en energía eléctrica y que no tiene ningún nexo con la red de energía eléctrica.

Una instalación fotovoltaica está compuesta por un grupo generador, formado por una extensión de paneles solares fotovoltaicos, un regulador de carga, un grupo acumulador y un inversor.⁷

En los momentos de consumo energético, los acumuladores suministran a los receptores esta electricidad, que es transformada en corriente alterna por el inversor.

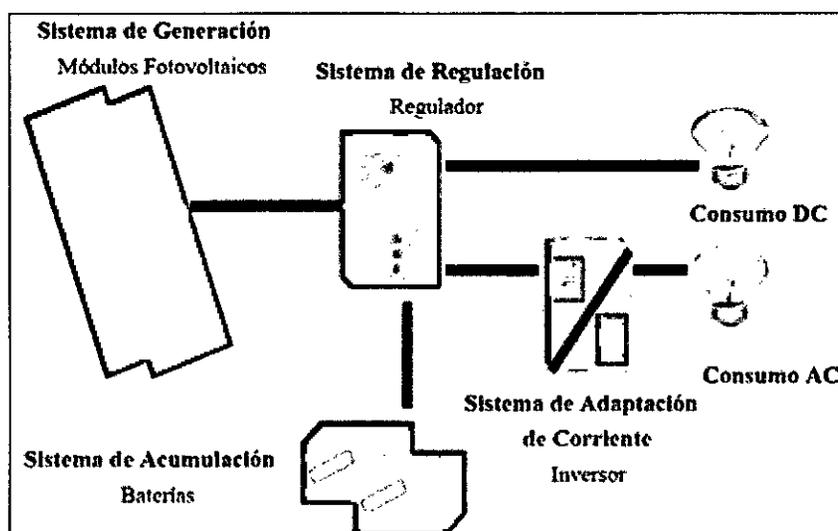
La energía solar fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico para convertir directamente la energía de los rayos solares en electricidad. Para obtener una corriente eléctrica se ha de crear una diferencia de potencial eléctrico. Se deben usar materiales conductores ya que sus electrones tienen una actividad más elevada y permiten crear flujo eléctrico fácilmente.

⁷ <http://www.soliclima.es/fotovoltaica-aislada>

Para que la célula fotovoltaica genere electricidad deberemos crear una diferencia entre la carga positiva y la negativa añadiendo a un semiconductor puro unas pequeñas dosis de átomos contaminantes, capaces de ceder o aceptar electrones.

Los elementos fundamentales de un sistema fotovoltaico aislado/ autónomo:

FIGURA N° 2.5
SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO



Fuente: SunFields.

- Sistemas híbridos.

Se les llama sistemas híbridos de generación eléctrica a aquellos basados en el uso y combinación de dos o más fuentes de energéticas, sean renovables o no renovables, como las señaladas en la tabla 2.1.

Presentan la peculiaridad de proporcionar en forma más confiable la energía para hogares, granjas e inclusive a comunidades enteras.

TABLA N° 2.1

TIPOS DE FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES Y NO RENOVABLES

Fuentes no renovables	Fuentes renovables
Energía Nuclear	Solar fotovoltaica
	Eólica
Petróleo	Mini hidráulica
	Biomasa
Gas natural	Biogás
	Geotérmica
Carbón	Mareomotriz
	Endomotriz

Fuente: Propia

En la tabla 2.2 se aprecia las combinaciones más comunes de sistemas híbridos que utilizan fuentes renovables.

TABLA N° 2.2

COMBINACIONES DE SISTEMAS HÍBRIDOS CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

Tipos de sistemas híbridos
Solar fotovoltaica / Eólica
Eólica / Mini hidráulica
Biomasa / Solar fotovoltaica
Mareomotriz / Eólica

Fuente: Propia

Los sistemas híbridos tienen la capacidad de abastecer sistemas aislados o conectados a la red eléctrica, estos últimos pueden o no tener la capacidad de inyectar energía a la red. La combinación de las fuentes energéticas dependerá de los recursos que ofrezca la zona en estudio, y su conexión dependerá de la ubicación de la red eléctrica, el nivel de tensión y la distancia que lo separa del sistema que se desea abastecer de energía eléctrica. El fundamento o base para la decisión por una u otra configuración y su adherencia o no a la red eléctrica dependerá de factores económicos, sociales, medioambientales, geográficos, etc.

➤ Aplicaciones de energía fotovoltaica

Desde el punto de vista histórico, el motivo de la construcción de las celdas fotovoltaicas fueron los satélites artificiales. La idea era construir un generador eléctrico para alimentar los equipos de toma de datos que llevaban a bordo, que presentara ventajas con respecto a otros generadores como los termoeléctricos y las pilas de combustible. Las ventajas encontradas en este tipo de generadores: peso reducido, larga vida, ocupación de espacio mínima y nivel de insolación elevado y continuo por estar fuera de la atmósfera terrestre, aunque sus costos eran muy elevados. Para aplicaciones terrestres, el factor económico era muy importante si se deseaba tener una aplicación más generalizada y por lo tanto, desde esos años (1972- 73)⁸, se inició una tremenda carrera cuya meta era la simplificación y el descubrimiento de nuevas tecnologías, procesos, e investigación de nuevos materiales, que condujeron a un abaratamiento de las células solares y demás componentes del generador fotovoltaico.

✓ Electrificación rural y de viviendas aisladas:

Existen muchas zonas rurales y viviendas aisladas donde llevar energía eléctrica por medio de la red general sería demasiado costoso y por lo tanto no cuentan con este servicio. En este caso, la instalación de un generador fotovoltaico es ampliamente rentable.

✓ Comunicaciones:

Los generadores fotovoltaicos son una excelente solución cuando hay necesidad de transmitir cualquier tipo de señal o información desde un lugar aislado, por ejemplo, reemisores de señales de TV, plataformas de telemetría, radioenlaces, estaciones meteorológicas.

✓ Ayudas a la navegación:

⁸ <https://users.dcc.uchile.cl/~roseguel/aplicaciones.html>

La aplicación puede ser relativa a la navegación misma o a sus señalizaciones, como alimentar eléctricamente faros, boyas, balizas, plataformas y embarcaciones.

✓ Transporte terrestre:

Iluminación de cruces de carreteras peligrosos y túnelés largos. Alimentación de radioteléfonos de emergencia o puestos de socorro lejos de líneas eléctricas. Señalizaciones de pasos a desnivel o cambio de vías en los ferrocarriles.

✓ Agricultura y ganadería:

Mediante generadores fotovoltaicos podemos obtener la energía eléctrica necesaria para granjas que conviene que estén aisladas de las zonas urbanas por motivos de higiene. Sin embargo, la aplicación más importante y de futuro es el bombeo de agua para riego y alimentación de ganado que normalmente se encuentra en zonas no pobladas. Otras aplicaciones pueden ser la vigilancia forestal de acumuladores para prevención de incendios.

➤ Análisis comparativo de costos de alternativas.

Inversión en el sector energético es una inversión garantizada al 100%. El consumo energético mundial incrementa con cada año que pasa mientras que los combustibles fósiles encarecen. Al haberse duplicado la eficiencia energética y el coste siendo un tercio del original, los paneles solares en los últimos años se han convertido en una de las mejores inversiones con un beneficio garantizado.

El costo de inversión, también llamado como costo de capital, representa la cantidad de dinero o capital que hay que invertir para construir una planta eléctrica, se representa normalmente en valor absoluto (\$) para saber el monto total de construcción de una planta, o en valor específico

en (\$/kW), por unidad de capacidad de generación o potencia, esta unidad es el W, o cualquiera de sus múltiplos (kW, MW, GW, TW, etc.).

Costo de generación, en \$/kWh, indica el costo real de producir una unidad de energía de electricidad, normalmente esta unidad es el kWh. Esto incluye todos los costos en que se incurrió para generar la energía.

Dependiendo de la tecnología que se utilice, el costo de inversión equivalente puede ser un componente muy relevante del costo de generación. Un comparativo de la participación de costos de inversión se presenta en la tabla 2.3 para diferentes tecnologías.

TABLA N° 2.3
ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LOS MERCADOS ELÉCTRICOS DE AMÉRICA LATINA⁹

Tecnología	Costo de Inversión (US\$/kW)
Hidroeléctrica	2000
Gas Natural, Ciclo Combinado	650
Carbón, turbina vapor	1020
Combustible, turbina a vapor	880
Eólica	1440
Solar ¹⁰	1350

Fuente: Revista Voces en el Fenix.

De la tabla podemos observar que los valores mínimos de generación está en el uso del gas natural, turbinas a vapor y el recurso solar. En los dos primeros casos habría una dependencia de materia prima que derivan de combustibles fósiles, en cambio invirtiendo en energía solar solo dependería de la radiación que existe en un determinado lugar, se cuidara al medio ambiente y últimamente invertirá en la conservación del planeta para futuras generaciones.

⁹ <http://www.vocesenelfenix.com/content/an%C3%A1lisis-de-los-costos-de-capital-o-inversi%C3%B3n-en-la-generaci%C3%B3n-de-energ%C3%AD-y-su-impacto-en-los>

¹⁰ <http://nt-solargroup.com/es/construir-una-planta-solar.html>

2.2.3 Sistema fotovoltaico autónomo (SFA)

➤ Principio de funcionamiento

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica.

Los sistemas fotovoltaicos se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica (DC). En un sistema conectado a la red eléctrica esta energía, mediante el uso de un inversor, es transformada a corriente alterna (AC); la cual puede ser utilizada en hogares e industrias.

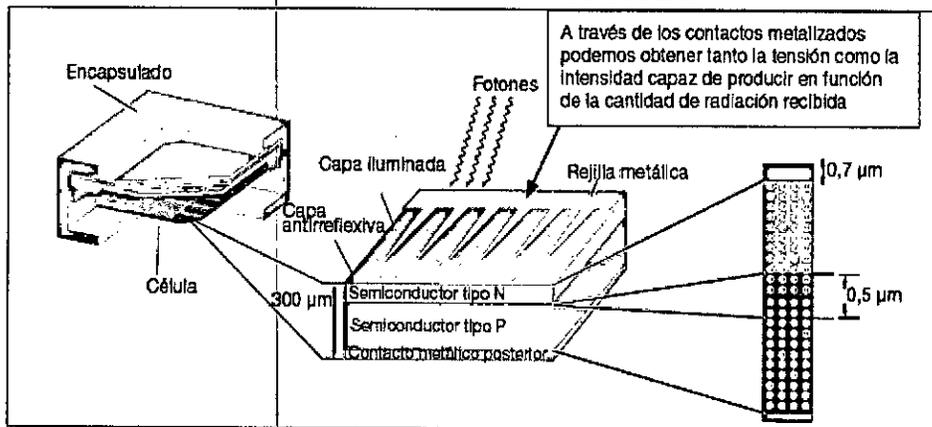
La generación de energía eléctrica dependerá de las horas que el sol brille sobre el panel solar y del tipo y cantidad de módulos instalados, orientación, inclinación, radiación solar que les llegue, calidad de la instalación y la potencia nominal.

Los dispositivos a través de los cuales se absorbe la energía solar son las celdas solares. Estos son elementos de los sistemas fotovoltaicos que tienen la capacidad de producir energía eléctrica al aprovechar la luz solar que incide en ellos.

La célula solar: El elemento principal de cualquier instalación de energía solar es el generador, que recibe el nombre de célula solar. Se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol. Su funcionamiento se basa en el efecto fotovoltaico. Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la N; y la parte situada en la zona de oscuridad, la P. Los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona P se encuentra metalizada por completo (no tiene que recibir luz), mientras que en la

zona N el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor¹¹.

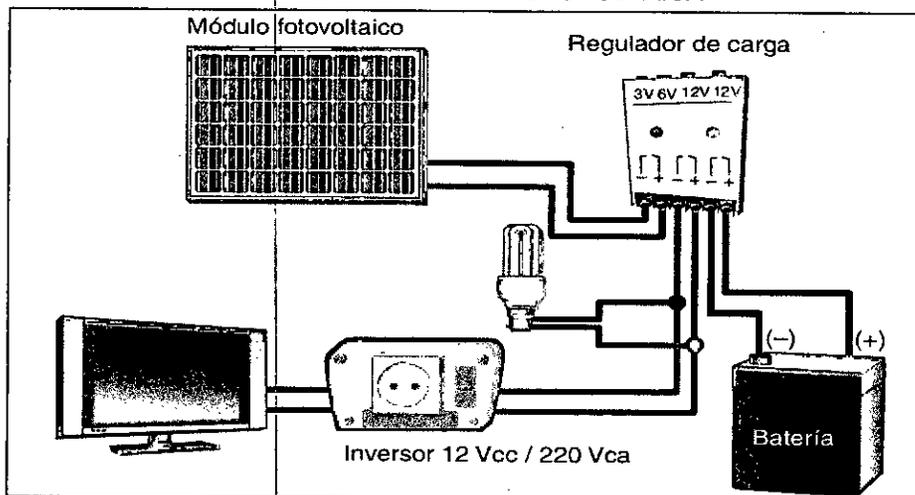
FIGURA N° 2.6
ESTRUCTURA DE LA CELULA SOLAR



Fuente: autoconsumo solar.

De manera general, una instalación solar fotovoltaica (ISF) se ajusta a un esquema como el mostrado en la Figura 2.7. A lo largo de esta unidad detallaremos el funcionamiento de cada uno de estos elementos¹².

FIGURA N° 2.7
INSTALACION SOLAR FOTOVOLTAICA



Fuente: issuu.

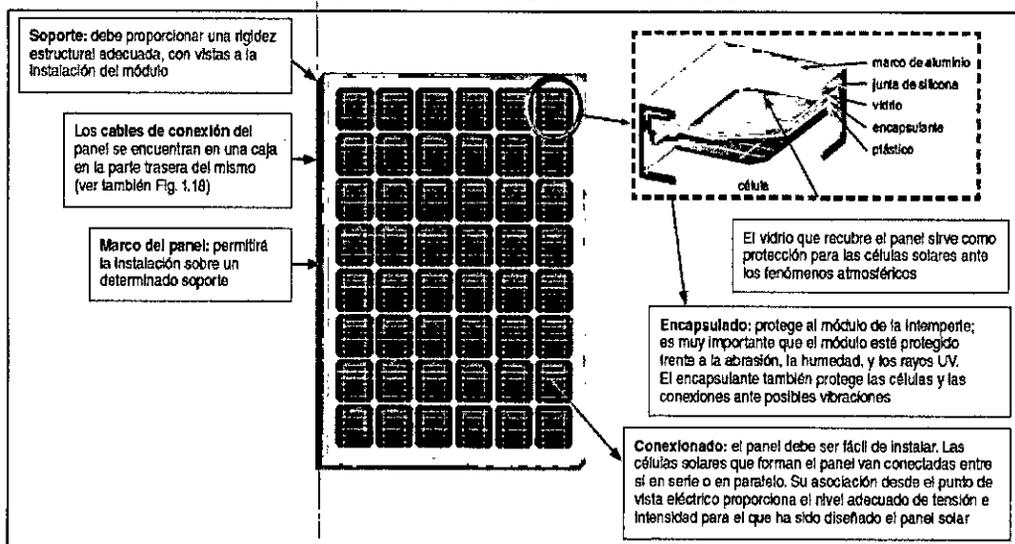
¹¹ <http://www.autoconsumosi.com/autoconsumo-solar/elementos-de-una-instalacion-solar-fotovoltaica/>

¹² https://issuu.com/accionsustentable/docs/componentes_instalacion_solar_fotovoltaica

Paneles solares

Un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6 V, 12 V, 24 V), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

FIGURA N° 2.8
CARACTERÍSTICAS DE UN PANEL SOLAR



Fuente: issuu.

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- Silicio amorfo.

En la Tabla 2.4 podemos observar las diferencias que existen entre ellos¹³.

¹³ https://issuu.com/accionsustentable/docs/componentes_instalacion_solar_fotovoltaica

TABLA N° 2.4
DIFERENCIA DE PANELES SEGÚN SU TECNOLOGIA DE FABRICACION

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocrystalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre si (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocrystalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: issuu.

✓ Potencia de la célula solar

La potencia que proporciona una célula de tamaño estándar (digamos de 10 x 10 cm) es muy pequeña (en torno a 1 o 2 W), por lo que generalmente será necesario tener que asociar varias de ellas con el fin de proporcionar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico de la instalación. Es de este hecho de donde surge el concepto de panel solar o módulo fotovoltaico, cuyos elementos y características acabamos de ver.

Según la conexión eléctrica que hagamos de las células, nos podemos encontrar con diferentes posibilidades:

- La conexión en serie de las células permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.
- La conexión en paralelo permitirá aumentar la intensidad total del conjunto.

Acumuladores. Tipos de baterías

La llegada de la energía solar a los módulos fotovoltaicos no se produce de manera uniforme, sino que presenta variaciones por diferentes motivos. Algunas de estas variaciones son predecibles, como la duración de la noche o las estaciones del año, pero existen otras muchas causas

que pueden producir alteraciones de manera aleatoria en la energía recibida, como puede ocurrir con un aumento de la nubosidad en un determinado instante.

Este hecho hace necesario utilizar algún sistema de almacenamiento de energía para aquellos momentos en que la radiación recibida sobre el generador fotovoltaico no sea capaz de hacer que la instalación funcione en los valores diseñados. Para ello se utilizarán las baterías o acumuladores. Las baterías son dispositivos capaces de transformar la energía química en eléctrica. El funcionamiento en una instalación fotovoltaica será el siguiente:

Energía eléctrica (generación) → Energía química (almacenamiento) → Energía eléctrica (consumo).

Las baterías son recargadas desde la electricidad producida por los paneles solares, a través de un regulador de carga, y pueden entregar su energía a la salida de la instalación, donde será consumida.

Tres son las misiones que tienen las baterías en las instalaciones fotovoltaicas:

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

Uno de los parámetros más importantes que tener en cuenta a la hora de elegir un acumulador es la capacidad. Se define como la cantidad de electricidad que puede lograrse en una descarga completa del acumulador partiendo de un estado de carga total del mismo. Se mide en amperios hora (Ah)¹⁴.

¹⁴ https://issuu.com/accion sustentable/docs/componentes_instalacion_solar_fotovoltaica

Además de la capacidad, debemos considerar otros parámetros en los acumuladores que vamos a utilizar en las instalaciones fotovoltaicas:

- Eficiencia de carga: relación entre la energía empleada para recargar la batería y la energía realmente almacenada. Interesa que sea un valor lo más alto posible (próximo al 100 %, lo que indicaría que toda la energía utilizada para la recarga es factible de ser empleada en la salida de la instalación). Si la eficiencia es baja, será necesario aumentar el número de paneles solares para obtener los resultados deseados.
- Auto descarga: proceso mediante el cual el acumulador, sin estar en uso, tiende a descargarse.
- Profundidad de descarga: cantidad de energía, en tanto por ciento, que se obtiene de la batería durante una determinada descarga, partiendo del acumulador totalmente cargado. Está relacionada con la duración o vida útil del acumulador. Si los ciclos de descargas son cortos (en torno al 20 %, por ejemplo), la duración del acumulador será mayor que si se les somete a descargas profundas (por ejemplo, del 80 %).

Además de los parámetros eléctricos, las características que serían deseables para las baterías a utilizar en las instalaciones solares son:

- Buena resistencia al ciclado (proceso de carga-descarga).
- Bajo mantenimiento.
- Buen funcionamiento con corrientes pequeñas.
- Amplia reserva de electrolito.
- Depósito para materiales desprendidos.
- Vasos transparentes.

Existen diferentes tecnologías en la fabricación de baterías, si bien unas son más adecuadas que otras para utilizarlas en las instalaciones solares.

✓ Tipos de baterías

Las baterías se clasifican en función de la tecnología de fabricación y de los electrolitos utilizados. En la Tabla 2.5 podemos comparar los principales tipos de baterías que hay en el mercado, a través de sus características básicas.

TABLA N° 2.5
CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE BATERIAS

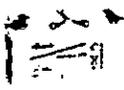
Tipo de batería	Tensión por celda (V)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	N.º de celdas	Capacidad (por litio)	Precio
Plomo-ácido	2	8-16 horas	< 5 %	Medio	30-50 Wh/kg	Bajo
Ni-Cd (níquel-cadmio)	1,2	1 hora	20 %	Elevado	50-80 Wh/kg	Medio
Ni-Mh (níquel-metal hidruro)	1,2	2-4 horas	20 %	Medio	60-120 Wh/kg	Medio
Li ion (ión litio)	3,6	2-4 horas	6 %	Medio-bajo	110-160 Wh/kg	Alto

Fuente: issuu.

Las baterías más utilizadas en las instalaciones solares son las de plomo-ácido, por las características que presentan.

La siguiente tabla nos muestra diferentes modelos de baterías de plomo-ácido que se utilizan en la práctica (dependiendo de la aplicación de la instalación), con las ventajas e inconvenientes que pueden presentar¹⁵.

TABLA N° 2.6
BATERIAS UTILIZADAS EN INSTALACIONES SOLARES

TIPO	VENTAJAS	INCONVENIENTES	ASPECTO
Tubular estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> Ciclado profundo. Tiempos de vida largos. Reserva de sedimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> Precio elevado. Disponibilidad escasa en determinados lugares. 	
Arranque (SU, automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> Precio. Disponibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Mal funcionamiento ante ciclado profundo y bajas corrientes. Tiempo de vida corto. Escasa reserva de electrolito. 	
Solar	<ul style="list-style-type: none"> Fabricación similar a SU. Amplia reserva de electrolito. Buen funcionamiento en ciclos medios. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempos de vida medios. No recomendada para ciclos profundos y prolongados. 	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> Escaso mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de V. 	

Fuente: issuu.

¹⁵ https://issuu.com/acciones sustentable/docs/componentes_instalacion_solar_fotovoltaica

En aquellas instalaciones en las que vamos a tener descargas profundas, elegiremos baterías tubulares estacionarias, así como en las instalaciones en las que necesitemos una capacidad elevada. Es el caso que se da en las instalaciones autónomas de viviendas. Si la instalación solar es de pequeña dimensión, o de muy difícil mantenimiento, deberemos elegir baterías de gel, vigilando que no se produzcan ciclos de descargas profundos.

Un ejemplo puede ser una instalación solar que alimenta un pequeño repetidor en lo alto de un monte. A la hora de elegir los acumuladores, es importante tener en cuenta el efecto de la temperatura sobre los mismos. La capacidad aumenta a medida que sube la temperatura, y al revés, disminuye cuando baja la temperatura del lugar donde se encuentra ubicado.

Si prevemos la posibilidad de que existan temperaturas por debajo de 0 °C en el lugar de la instalación, deberemos elegir un acumulador de capacidad mayor que la calculada en el dimensionado de la instalación, con el fin de que no haya problemas en su funcionamiento.

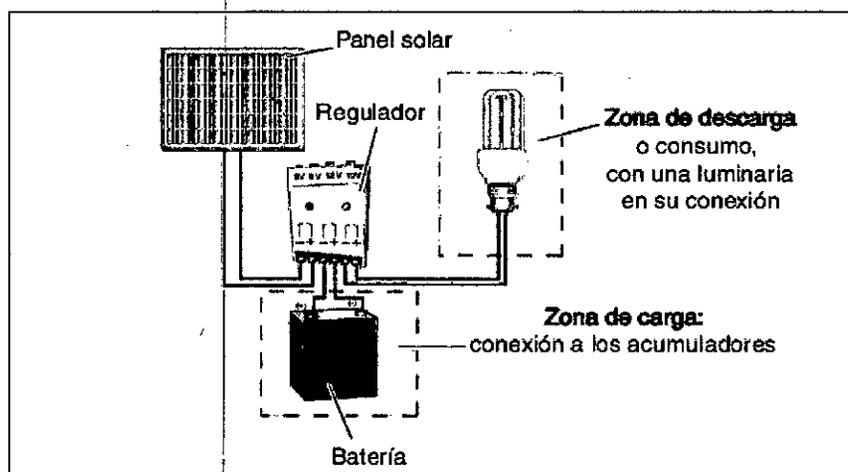
La construcción del acumulador se realiza conectando vasos individuales hasta obtener las condiciones de tensión y capacidad requeridas en la instalación que estamos realizando, en el caso de la utilización de baterías tubulares estacionarias. En las baterías monoblock, deberemos elegir aquella que sea acorde con la tensión de trabajo de la instalación y la potencia que se va a consumir en la misma.

Regulador

Para un correcto funcionamiento de la instalación, hay que instalar un sistema de regulación de carga en la unión entre los paneles solares y las baterías. Este elemento recibe el nombre de regulador y tiene como misión evitar situaciones de carga y sobre descarga de la batería, con el fin de alargar su vida útil.

El regulador trabaja por tanto en las dos zonas. En la parte relacionada con la carga, su misión es la de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar las situaciones de sobrecarga, y en la parte de descarga se ocupará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería¹⁶ (Figura. 2.9).

FIGURA N° 2.9
CONEXIONES DE UN REGULADOR A UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA



Fuente: issuu.

Dado que los módulos solares tienen una tensión nominal mayor que la de la batería, si no existiera regulador se podrían producir sobrecargas.

El motivo de que esta tensión nominal de los paneles sea así se debe fundamentalmente a dos razones:

- Atenuar posibles disminuciones de tensión por el aumento de la temperatura.
- Asegurar la carga correcta de la batería. Para ello la tensión VOC del panel deberá ser mayor que la tensión nominal de la batería.

El dimensionado de la instalación solar se realiza de manera que se asegure el suministro de energía en las peores condiciones de luminosidad del sol. Por ello se toman como referencia los valores de irradiación en invierno. Esto puede provocar que en verano la energía

¹⁶ https://issuu.com/acciones sustentable/docs/componentes_instalacion_solar_fotovoltaica

aportada por los módulos solares sea en ocasiones casi el doble de los cálculos estimados, por lo que, si no se conecta el regulador entre los paneles y las baterías, el exceso de corriente podría llegar incluso a hacer hervir el electrolito de los acumuladores, con el riesgo que ello conlleva.

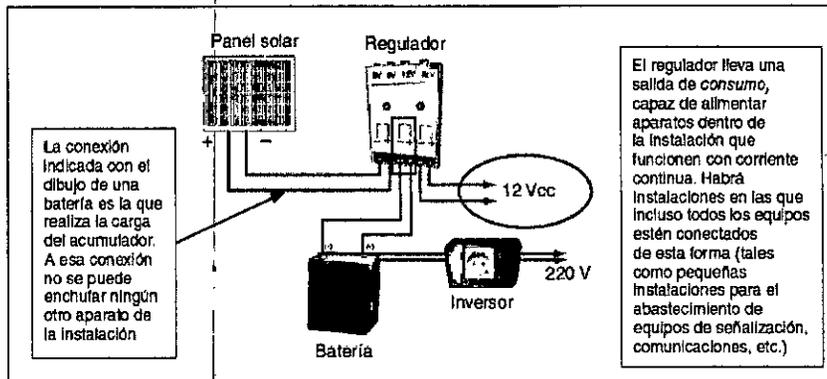
Los fabricantes nos proporcionarán los valores de trabajo del regulador sobre una hoja de características. En estas hojas aparecerán:

- Características físicas del regulador: peso, dimensiones, material empleado en su construcción, etc.
- Características eléctricas.
- Normas de seguridad que cumple.

También hay que considerar otro tipo de aspectos, como pueden ser medidas de seguridad, etc. El regulador debe proteger tanto la instalación como a las personas que lo manejen, por lo que deberá llevar sistemas que proporcionen las medidas de seguridad adecuadas para cada uno de los casos. Los fabricantes nos proporcionan también este tipo de información. En los catálogos se nos indica el tipo de regulación que lleva (si es serie o paralelo), el tipo de batería que podemos conectar a la salida del equipo, así como todas las alarmas que proporciona ante un mal funcionamiento, y las protecciones que lleva. Como en todos los equipos, se hace mención de la temperatura a la que va a trabajar el aparato y la posible influencia que pueda tener esta sobre el correcto funcionamiento del mismo (no es igual realizar una instalación en una zona de frío extremo que en una zona cálida).

El esquema de conexión del regulador en una instalación será el siguiente:

FIGURA N° 2.10
ESQUEMA DE CONEXIÓN DE UN REGULADOR EN LA INSTALACION



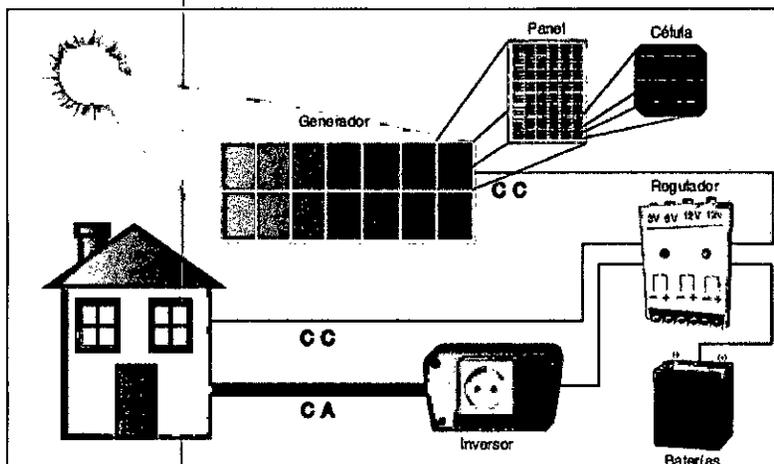
Fuente: antusol.

Inversor.

El inversor se encarga de convertir la corriente continua de la instalación en corriente alterna, igual a la utilizada en la red eléctrica: 220 V de valor eficaz y una frecuencia de 50 Hz¹⁷.

Es un elemento imprescindible en las instalaciones conectadas a red, y estará presente en la mayoría de instalaciones autónomas, sobre todo en aquellas destinadas a la electrificación de viviendas. Un esquema de este tipo de instalaciones es el representado en la Fig. 2.11.

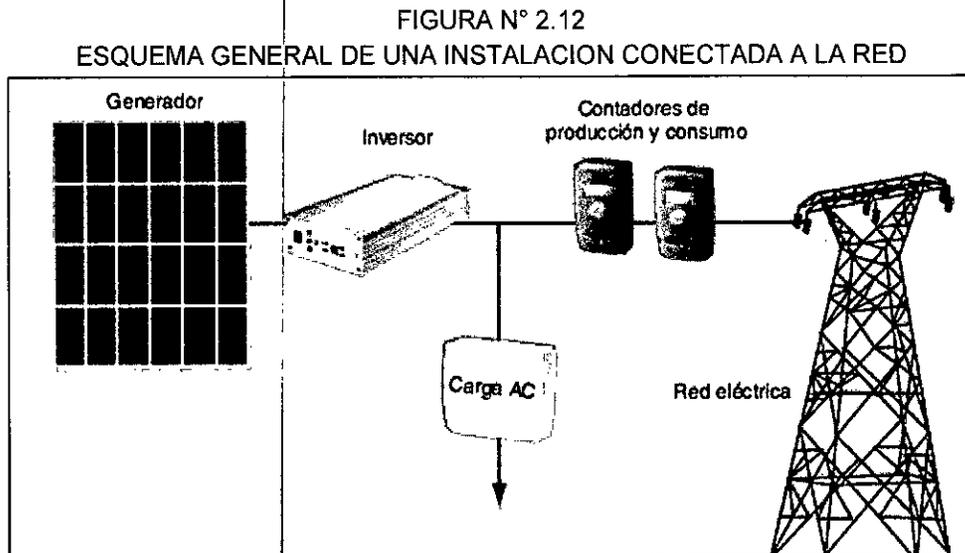
FIGURA N° 2.11
ESQUEMA GENERAL DE UNA INSTALACION AUTONOMA CON INVERSOR



Fuente: issuu.

¹⁷ https://issuu.com/accionsustentable/docs/componentes_instalacion_solar_fotovoltaica

En el caso de una instalación conectada a red, el esquema que se seguiría es el representado en la siguiente figura.



Fuente: antusol.

Como vemos, la principal diferencia entre las dos instalaciones es que en las autónomas se cuenta con los acumuladores para almacenar la energía y los reguladores de carga de los mismos, mientras que, en las instalaciones conectadas a la red, la energía no se almacena, sino que se pone a disposición de los usuarios a través de la red eléctrica según se produce. En este tipo de instalaciones existirán equipos de medida, tanto de la energía que se vende a la red eléctrica como del propio consumo de la instalación productora.

Las características deseables para un inversor DC/AC las podemos resumir de la siguiente manera¹⁸:

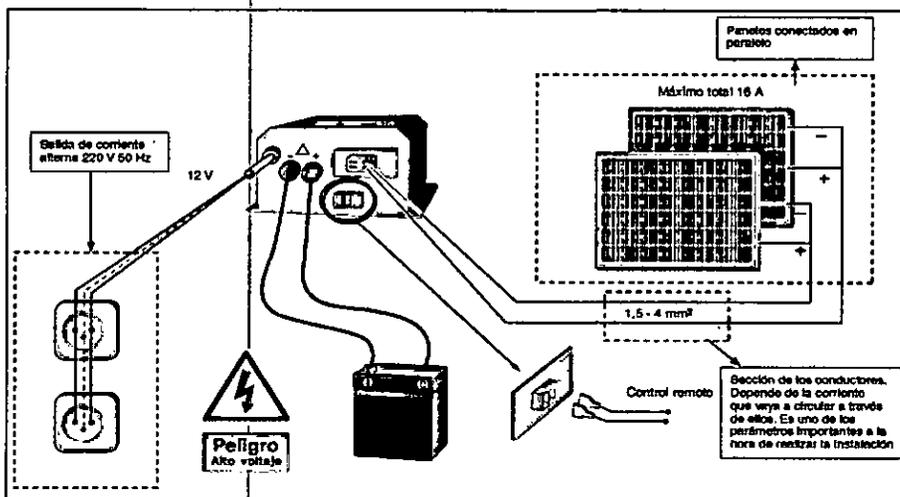
- Alta eficiencia: debe funcionar bien para un amplio rango de potencias.
- Bajo consumo en vacío, es decir, cuando no hay cargas conectadas.

¹⁸ https://issuu.com/accionsustentable/docs/componentes_instalacion_solar_fotovoltaica

- Alta fiabilidad: resistencia a los picos de arranque.
- Protección contra cortocircuitos.
- Seguridad.
- Buena regulación de la tensión y frecuencia de salida, que como ya hemos comentado debe ser compatible con la red eléctrica.

Algunos inversores funcionan también como reguladores de carga de las baterías. En este caso no sería necesario incluir el regulador en la instalación. Un ejemplo de una conexión de este tipo lo vemos a continuación:

FIGURA N° 2.13
CONEXIÓN DE UN INVERSOR – REGULADOR EN UN SFA DE 12 V



Fuente: antusol.

Podemos observar el cableado, y los colores estándares utilizados en las conexiones. Así, en la parte de continua, para el polo positivo utilizaremos cable de color rojo, y para el negativo, cable de color negro. En la parte de alterna, tendremos tres conductores:

- El de color amarillo verde para la conexión a tierra.
- El de color azul para el neutro de la instalación.
- El de color marrón para la fase.

➤ Proceso de dimensionado del sistema fotovoltaico

Para dimensionar y seleccionar los componentes que forman parte del sistema fotovoltaico es conveniente seguir el siguiente procedimiento:

A. Inclinación de paneles.

Es necesario hallar el ángulo de inclinación óptima anual para conseguir la mayor radiación solar anual posible sobre los módulos fotovoltaicos, está en función de la latitud del lugar, y se determina mediante la siguiente fórmula.¹⁹

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot |\phi| \quad \dots\dots (1)$$

Donde:

- β : ángulo de inclinación óptima (°).
- $|\phi|$: latitud del lugar, sin signo (°).

B. Demanda Energética

En este punto debemos analizar y tener claro los elementos que van a ser necesarios para cubrir las necesidades energéticas de nuestro sistema para ello debemos realizar un análisis del tiempo de uso diario, las cantidades y las características de los aparatos.

Se recomienda elaborar una tabla e introducir los datos de los puntos mencionado líneas atrás.

La demanda total de energía será calculada de la siguiente manera:

$$E = \sum_1^n (P_{aparato} * \text{cantid. de aparatos} * \text{horas de uso al dia}) \quad \dots (2)$$

$$E_d = E * (1 + P) \quad \dots (3)$$

¹⁹ <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/09/inclinacion-optima-de-placas-fotovoltaicas/>

Donde:

- $P_{aparato}$: Potencia del aparato, (w).
- E : consumo total de energía diaria, (w).
- P : porcentaje de proyección en los los siguientes años, (w).
- E_d : consumo total de energía diaria con proyección a futuro, (w).

C. Energía Disponible

Para diseñar cualquier sistema solar es importante poder determinar la cantidad de radiación solar disponible, también llamada insolación en la zona de instalación.

Para este caso utilizaremos los niveles promedio mensuales de irradiación solar que se encuentran en la página del Centro de Datos de Ciencia Atmosférica de la NASA, ingresando los datos de latitud y longitud respectivamente.

El siguiente paso sera ubicarnos en la zona cuya inclinación y orientación sea la optima para dimensionar los módulos fotovoltaicos.

D. Dimensionado del generador fotovoltaico

Dada la demanda de electricidad, la radiación solar minima mensual y el rendimiento promedio del sistema, es bastante fácil calcular el tamaño de un panel solar fotovoltaico que cubra esta demanda mediante la siguiente ecuación²⁰:

$$P_{FV} = \frac{E_d}{(n_{sist} * R_B)} \dots\dots (4)$$

Donde:

²⁰ SILVA PIGENUTT, César, Aplicación de sistemas fotovoltaicos en zonas marginadas del estado de Veracruz sin recursos de energía eléctrica. Tesis para optar el título de ingeniero Eléctrico Electrónico. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 2015.

- P_{FV} : Potencia del generador fotovoltaico, (KW).
- E_d : Consumo diario total, (KW).
- n_{sist} : Rendimiento medio del sistema.
- R_B : Valor promedio mensual de la irradiación diaria sobre el módulo fotovoltaico con un ángulo de inclinación β_{opt} .

Una vez obtenido la potencia del sistema fotovoltaico a diseñar, se elijira el tipo de panel que se va a instalar.

Para calcular el número total de módulos fotovoltaicos que se necesitan para el sistema se requiere de la siguiente ecuación²¹:

$$N_T = \frac{P_{FV}}{P_{STC\ mod}} \dots\dots (5)$$

Donde:

- N_T : Número total de módulos fotovoltaicos.
- P_{FV} : Potencia del generador fotovoltaico, (W).
- $P_{STC\ mod}$: Potencia máxima del módulo fotovoltaico en condiciones estándar de medida, SCT, (Wp).

Conexión de paneles solares:

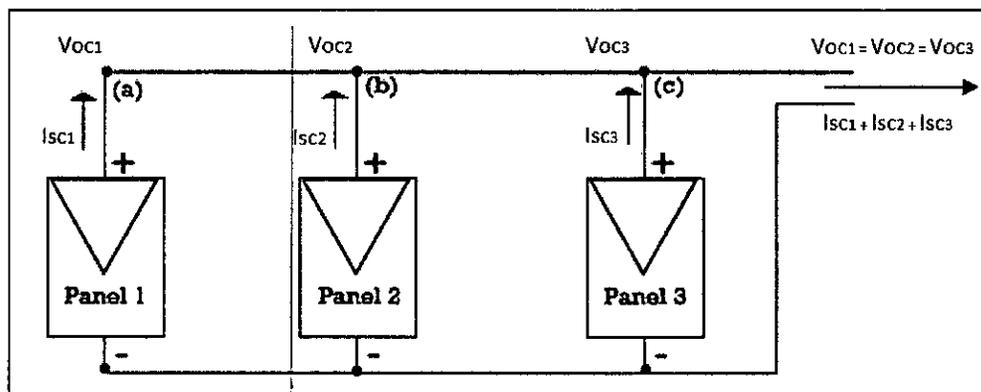
En la mayoría de proyectos fotovoltaicos, sobre todo de las instalaciones solares aisladas y dependiendo de la potencia de la instalación, será necesario asociar varios paneles en serie o paralelo para obtener los niveles de tensión y corriente deseados

Para la conexión de placas solares fotovoltaicos, hay tres opciones posibles²²:

²¹ SILVA PIGENUTT, César, Aplicación de sistemas fotovoltaicos en zonas marginadas del estado de Veracruz sin recursos de energía eléctrica. Tesis para optar el título de ingeniero Eléctrico Electrónico. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 2015.

- Conexión de placas solares en Paralelo: se conectan todos los paneles por sus polos positivos y, por separado, por todos los polos negativos. Con esto, lo que conseguimos es aumentar la corriente generada en la rama (suma de las corrientes de cada panel) pero se mantiene la misma tensión que la de uno de los paneles que componen la rama.

FIGURA N° 2.14
CONEXIÓN DE PANELES EN PARALELO

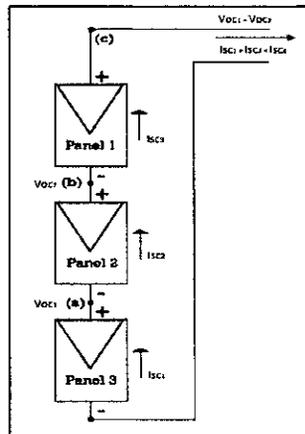


Fuente: Sun Fields.

- Conexión de módulos fotovoltaicos en Serie: para este tipo de configuración se conecta el polo positivo de un módulo, con el polo negativo del siguiente, así sucesivamente con cuantos paneles sean necesarios. Con esto se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada.

²² <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-calculo-paneles-solares-fotovoltaicos/>

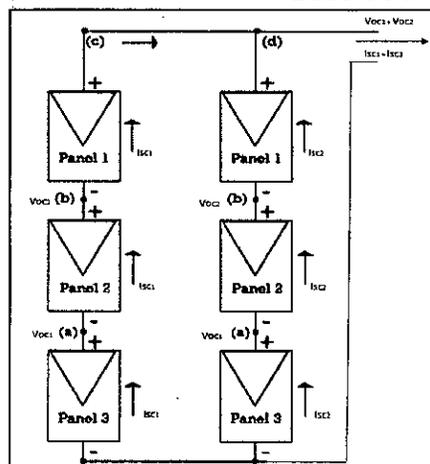
FIGURA N° 2.15
CONEXIÓN DE PANELES EN SERIE



Fuente: Sun Fields.

- Conexión mixta de placas solares: sería la última opción de configuración de las que nos podemos encontrar, en este caso sería una configuración donde encontramos ramas con paneles conectados en serie y a su vez, estas ramas, conectadas en paralelo²³. Esta configuración se usa cuando debemos lograr unas corrientes y tensiones de salida muy determinadas, y entonces “jugamos” con las opciones que nos dan los distintos tipos de conexionado. Veamos un ejemplo al respecto:

FIGURA N° 2.16
CONEXIÓN MIXTA DE PANELES SOLARES



Fuente: Sun Fields.

²³ <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-calculo-paneles-solares-fotovoltaicos/>

E. Dimensionado del banco de energía.

El tamaño de la batería solar de almacenamiento también depende de la importancia de la confiabilidad del suministro de potencia. En muchos de los casos es suficiente un almacenamiento en baterías de 2 o 3 días. Esto significa que la capacidad de la batería debería ser de por lo menos 2 o 3 veces el consumo de energía diario para poder suplir durante 2 o 3 días sin brillo solar.

Pero esto es sólo suficiente cuando las baterías funcionan a un 100% de eficiencia y cuando las baterías pueden descargarse al 100%, ambos no son los casos. Las baterías no pueden ser descargadas en más del 50% de lo contrario su tiempo de vida disminuirá demasiado.

Por lo tanto, se debe tener especial cuidado con el dimensionamiento de las baterías, ya que, si se sub dimensiona, los ciclos de vida se pueden reducir drásticamente. Debido a una profundidad de descarga mayor a la máxima.

Para dimensionar el banco de baterías se debe conocer la capacidad necesaria del banco:²⁴

$$C_{banco} = \frac{E_d * DOA * F_{seguridad}}{V_{sist} * P_{d\ max} * F_{temp}} \dots\dots (6)$$

Donde:

- *DOA*: Son los días de autonomía.
- *P_{d max}*: Es la profundidad máxima de descarga.
- *F_{seguridad}*: Es un factor de seguridad (normalmente 1.5 – 2).
- *F_{temp}*: Es el factor de temperatura (0.9 – 1).
- *V_{sist}*: Tension del sistema (V).

²⁴ VALDIVIEZO SALAS, Paulo. Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Tesis para optar el título de ingeniero Mecánico. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2014.

El número de baterías debe poder satisfacer la capacidad necesaria, es por ello, que se calcula de la siguiente manera:

$$N^{\circ}_{bp} = \frac{C_{banco}}{C_{bateria}} \dots \dots (7)$$

$$N^{\circ}_{bs} = \frac{V_{sistema}}{V_{bateria}} \dots \dots (8)$$

Donde:

- N°_{bp} : Es la cantidad de baterías en paralelo.
- N°_{bs} : Es la cantidad de baterías en serie.
- $C_{bateria}$: Es la capacidad de la batería, (Ah).
- $V_{bateria}$: Es el voltaje de operación nominal de la batería, (V).

Tan igual que en los paneles fotovoltaicos, la conexión de baterías se dara en serie o paralelo para obtener los niveles de tensión y corriente deseados.

F. Dimensionado del controlador de carga.

El tamaño del controlador solar está determinado por la máxima corriente que puede esperarse del sistema fotovoltaico. Esta puede ser tanto la corriente de los paneles a la batería y/o uso final, o la corriente de la batería hasta el uso final.

Asimismo, para que el regulador pueda evitar una sobrecarga simultanea, se debe de tener las siguientes consideraciones²⁵:

- ✓ *Corriente en la línea del generador: incrementar en un 25% a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico en condiciones estándar de medida.*
- ✓ *Corriente en la línea de consumo: incrementar en un 25% a la corriente máxima de carga de consumo.*

²⁵ <http://eliseosebastian.com/dimensionar-un-regulador-de-carga/>

Ambas corrientes máximas deben calcularse para determinar la capacidad de la unidad de control. La corriente más alta determina la capacidad.

Intensidad de entrada al Regulador.

Una vez calculado la cantidad y calidad de paneles para nuestro sistema donde se va a instalar el regulador se calculará la Intensidad de entrada al Regulador ($I_{entrada}$) mediante la siguiente formula:

$$I_{entrada} = I_{sc} * N^{\circ}paneles * 1.25 \quad \dots\dots (9)$$

Donde:

- I_{sc} : Es la corriente de corto circuito del panel, (A).

Intensidad de salida (carga) del Regulador:

Teniendo como base la máxima demanda de energía para el sistema y las características de la batería antes seleccionada, se calculara la Intensidad de salida del Regulador (I_{salida}):

$$I_{salida} = \frac{P_{inst} * 1.25}{V_{bateria} * n_{bateria}} \quad \dots\dots (10)$$

Donde:

- P_{inst} : Es la Potencia de equipos, (W).
- $V_{bateria}$: Es el voltaje de cada batería seleccionada, (V).
- $n_{bateria}$: Es la eficiencia de la batería.

G. Selección del inversor.

El inversor se encarga de transformar la corriente DC en AC, es por ello que el parámetro que define a este equipo es la potencia mínima a convertir²⁶.

$$W_{min\ inversor} = W_{max\ inversor} * C_s \dots\dots (11)$$

Donde:

- $W_{max\ inversor}$: Este valor coincide con la potencia demandada, (W).
- C_s : Es el coeficiente de simultaneidad.

Es muy poco probable que todas las cargas funcionen al mismo tiempo. Sin embargo, asumiendo el caso crítico, es prudente colocar un coeficiente de simultaneidad de 100%.

$$N^{\circ}_{inversores} = \frac{W_{min\ inversor}}{W_{sistema}} \dots\dots (12)$$

H. Dimensionamiento de cables.

El cable eléctrico de conexión representa el componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un sistema fotovoltaico.

Los cables eléctricos utilizados en un sistema fotovoltaico están cuidadosamente diseñados.

Para el dimensionamiento y selección de cables se calcula la intensidad de corriente para cada tramo del sistema. Tomando como referencia la ecuación 13 se determina que, para el tramo de panel hasta los demás componentes, será de la siguiente manera:

²⁶ VALDIVIEZO SALAS, Paulo. Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Tesis para optar el título de ingeniero Mecánico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2014.

$$I_{p-c} = I_{entrada} \dots\dots (13)$$

$$I_{c-b} = I_{b-i} = I_{salida} \dots\dots (14)$$

$$I_{i-a} = \frac{P_{inst}}{V_{AC}} \dots\dots (15)$$

Donde:

- I_{p-c} : intensidad de corriente del panel hacia el controlador, (A).
- I_{c-b} : intensidad de corriente del controlador a las baterías, (A).
- I_{b-i} : intensidad de corriente de las baterías al inversor, (A).
- V_{AC} : tensión en AC, (V).
- I_{i-a} : intensidad de corriente del inversor a los aparatos finales, (A).

Una vez determinado las intensidades de cada tramo se procede a calcular las secciones de los conductores según la ecuación:²⁷

$$S_{cond} = \frac{2 * L * I}{C_{material} * \Delta U\%} \dots\dots (16)$$

Donde:

- S_{cond} : sección del conductor, (mm²).
- L : longitud del conductor, (m).
- I : intensidad de corriente que pasa por el conductor, (A).
- $C_{material}$: constante del material.
- $\Delta U\%$: porcentaje de caída de tensión admisible, (%).

²⁷ http://www.hmsistemas.es/shop/catalog/calculadora_seccion.php

➤ Operación y mantenimiento

Operación

Se deberá capacitar al personal encargado de la operación del sistema, esto mediante una asesoría por parte de la empresa que suministran los equipos, asimismo el personal deberá de tener en cuenta los siguientes aspectos:

Seguridad eléctrica: en cualquier tipo de instalaciones eléctricas, como es el caso de una instalación fotovoltaica, se deben tener en consideración los riesgos eléctricos que se pueden originar durante la operación.

Dentro de los riesgos destacan:

- Choque eléctrico y electrocución.
- Quemaduras eléctricas.
- Caídas de distinto nivel a causa de un choque eléctrico.

Espacios de trabajo alrededor de sistemas eléctricos: se deberá proveer las condiciones necesarias para trabajar en una instalación fotovoltaica, incluyendo módulos o tablero de disyuntores, las unidades de inversores y su interruptor.

Se sugiere que todos los equipos y componentes estén instalados con suficiente espacio alrededor para moverse libremente, facilitando el acceso y las tareas propias de operación.

Consideraciones generales:

para el correcto funcionamiento también se deberán tener en cuenta algunos puntos que se mencionan a continuación²⁸:

- ✓ Verificación de cumplimiento de la normativa y tests a realizar.

²⁸ <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/article/view/3858/6761>

- ✓ Análisis del certificado de conformidad.
- ✓ Estudio de impacto de red.
- ✓ Personal y medios para la operación del sistema.
- ✓ Organigrama de operación.
- ✓ Distribución de responsabilidades.
- ✓ Regímenes de funcionamiento.
- ✓ El libro del turno.
- ✓ Responsabilidades del operador

Mantenimiento

En el caso de los paneles solares la tarea se inicia con una inspección visual, una limpieza periódica y una verificación de su estado de operación poniendo especial cuidado en las conexiones eléctricas y en los valores de voltaje de circuito abierto, que deben estar dentro de las recomendaciones entregadas por el fabricante.

La acumulación de polvo y suciedad en los módulos FV, al igual que objetos como hojas, papeles, excremento de animales, ramas de árboles, impiden el ingreso de la energía solar en las células FV y ocasiona una disminución de energía eléctrica generada. La limpieza es económica y eficiente cuando las pérdidas evitadas superan el costo de la limpieza.

Antes de la limpieza es necesario considerar algunas precauciones de seguridad²⁹:

- ✓ Asegurar que el circuito este desconectado del inversor antes de comenzar la limpieza.
- ✓ No se debe caminar sobre los paneles FV.
- ✓ Verificar que no hay módulos rotos.
- ✓ No usar limpiador de alta presión.

²⁹ <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/article/view/3858/6761>

- ✓ No usar agua con detergentes o disolventes.
- ✓ No usar agua a presión
- ✓ Tener en cuenta y leer las instrucciones de limpieza del fabricante del módulo.

En el caso de la batería, el proceso de mantenimiento depende del tipo de batería utilizado, en términos generales debe inspeccionarse los alrededores de las baterías en busca de evidencia de fugas o de humedad, revisarse las conexiones eléctricas y el voltaje de cada batería con el fin de ver si su valor se encuentra dentro de los valores establecidos por el fabricante.

En el regulador de voltaje el procedimiento es similar asegurando que las conexiones se encuentren en buen estado y que los parámetros de funcionamiento del regulador estén de acuerdo con lo establecido por el fabricante o proveedor del equipo.

2.2.4 Tecnologías de fabricación de paneles solares

Generalmente, un módulo o panel fotovoltaico consiste en una asociación de células, encapsulada en dos capas de EVA (etileno-vinilo-acetato), entre una lámina frontal de vidrio y una capa posterior de un polímero termoplástico (frecuentemente se emplea el tedlar) u otra lámina de cristal cuando se desea obtener módulos con algún grado de transparencia.

Muy frecuentemente, este conjunto es enmarcado en una estructura de aluminio anodizado con el objetivo de aumentar la resistencia mecánica del conjunto y facilitar el anclaje del módulo a las estructuras de soporte.

Las células más comúnmente empleadas en los paneles fotovoltaicos son de silicio, y se puede dividir en tres subcategorías:

➤ Células de silicio monocristalino:

Las células de silicio monocristalino están constituidas por un único cristal de silicio, normalmente manufacturado mediante el proceso Czochralski. Este tipo de células presenta un color azul oscuro uniforme.

Este tipo de celda tiene una estructura cristalina ordenada, con cada átomo idealmente situada en una posición pre-ordenada y muestra un comportamiento predecible y uniforme.

El silicio pasa a través de varios ciclos de filtración intensiva lenta con la energía y los procesos de separación y por lo tanto es el tipo más costoso de silicio³⁰.

Estas celdas normalmente se crean en una forma circular o un "cuadrado-sin-esquinas. Esto es porque, cuando se cultivan a partir de un lingote, la única manera de crear estructuras cristalinas de alta pureza es extruido del líquido fundido y la gravedad hace el resto, con respecto a la creación de un bloque cilíndrico de que las celdas más pequeñas se cortan. Por lo general, los fabricantes dejan las células en una forma circular, sin embargo, debido a los avances en el reciclaje, las células se están cortadas en cuadrados-sin-esquinas para maximizar la densidad de empaquetamiento de los módulos.

Ventajas de los paneles solares monocristalinos:

- ✓ Los paneles solares monocristalinos tienen las mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. La eficiencia en estos paneles está por encima del 15% y en algunas marcas supera el 21%.
- ✓ La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.

³⁰ <http://samueloropel1minuevo.blogspot.pe/2015/08/energia-solar-fotovoltaica.html>

- ✓ Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.
- ✓ Aunque el rendimiento en todos los paneles se reduce con temperaturas altas, esto ocurre en menor medida en los policristalinos que en los monocristalinos.

Desventajas de los paneles monocristalinos:

- ✓ Son más caros. Valorando el aspecto económico, para uso doméstico resulta más ventajoso usar paneles policristalinos o incluso de capa fina.
- ✓ Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse. Si decide poner paneles monocristalinos, pero cree que pueden quedar sombreados en algún momento, lo mejor es usar micro inversores solares en vez de inversores en cadena o centrales. Los micro inversores aseguran que no toda la instalación solar se vea afectada por sólo un panel afectado.
- ✓ El proceso Czochralski es el usado para la fabricación de silicio monocristalino. Como resultado, se obtienen bloques cilíndricos. Posteriormente, se recortan cuatro lados para hacer las láminas de silicio. Se derrocha una gran cantidad de silicio en el proceso.

➤ Células de Silicio policristalino:

Las células de silicio policristalino (también llamado multicristalino) están constituidas por un conjunto de cristales de silicio, lo que explica que su rendimiento sea algo inferior al de las células monocristalinas. Se caracterizan por un color azul más intenso.

Este tipo de celda contiene varias regiones de silicio cristalino que se mantienen juntas a través de un enlace covalente y separados por 'límites de grano'.

El silicio pasa a través de un menor número de ciclos de filtración intensiva de energía que los procesos de separación de las células monocristalinas y por lo tanto son un material menos costoso para los fabricantes.

Estas celdas son fabricadas en una forma cuadrada. Esto es debido a que el líquido fundido en los lingotes (cuadrado) no es para ser extruido o ir a través de otro proceso, sino para producir un bloque de silicio fuera de los cuales las pequeñas células son cortadas. Las uniones entre los granos tienen un efecto interesante en la eficiencia de la celda solar.³¹

Ventajas de los paneles policristalinos:

- ✓ El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple, lo que redundará en menor precio. Se pierde mucho menos silicio en el proceso que en el monocristalino.

Inconvenientes de los paneles policristalinos:

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

³¹ <http://samuelorope1minuevo.blogspot.pe/2015/08/energia-solar-fotovoltaica.html>

2.3 Marco Normativo

2.3.1 Ley N° 27744, de electrificación rural y de zonas aisladas y de frontera.³²

Promulgada el 31 de mayo del 2002 constituye el marco general que contiene la política de electrificación rural del Estado. Sin embargo, las disposiciones emanadas de la Ley de Bases de la Descentralización y la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, promulgadas el 17 Julio del 2002 y 08 de noviembre del 2002, respectivamente, han generado conflictos con la Ley de Electrificación Rural y de Zonas Aisladas y de Frontera en lo referente a los alcances de las funciones de la Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas (DEP/MEM). Con la finalidad de revertir esta situación, el Ejecutivo viene promoviendo la aprobación de la Ley de Promoción a la Inversión Privada en Electrificación Rural, la cual permitirá promover la inversión privada en las diversas áreas de la electrificación, y que complementa y actualiza la Ley N° 27744.

Asimismo, la Comisión permanente del Congreso de la República aprobó el texto para la promulgación de la “Ley de Promoción y Utilización de Recursos Energéticos Renovables no Convencionales en Zonas Rurales, Aisladas y de Frontera del País”, que tiene por objeto promover el uso de las energías renovables no convencionales para fines de electrificación rural con el objeto de contribuir al desarrollo integral de las zonas rurales, aisladas y de frontera del país.

2.3.2 Código Nacional de Electricidad.³³

El Código Nacional de Electricidad (CNE), da las pautas y exigencias que deben tomarse en cuenta durante el diseño, instalación, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas, de telecomunicaciones y equipos asociados, salvaguardando los derechos y la seguridad de las

³² www.adinelsa.com.pe/files/normaslegales/Ley_de_Electrificacion_Rural_27744.pdf

³³ <http://www.pqsperu.com/Descargas/NORMAS%20LEGALES/CNE.PDF>

personas y de la propiedad pública y privada. Sin embargo, el CNE tiene vacíos en lo que respecta al diseño de los sistemas eléctricos para las zonas rurales y aisladas, fuera de las áreas de concesión de las empresas distribuidoras, por lo que la DEP/MEM ha desarrollado normas técnicas de diseño y ejecución de estas obras, rescatando lo aplicable del CNE y de las Normas Internacionales como la IEEE, ANSI, IEC y otras, que garantizan el cumplimiento, en gran medida, de un buen diseño y por ende de la calidad de los servicios eléctricos.

- Norma Técnica de Diseño y Construcción para la elaboración de los estudios de un proyecto de electrificación rural

El 31 de diciembre del 2003 se aprobaron las Normas Técnicas de Electrificación Rural, a través de Resoluciones Directorales emitidas por la Dirección General de Electricidad. Estas normas tienen por objeto establecer los criterios de diseño para los proyectos de electrificación rural sobre la base de las prescripciones de normas nacionales y del extranjero. Asimismo, estandarizar las características técnicas de los materiales y equipos para facilitar la elaboración de los estudios y la compra masiva de suministros y equipos; y la de definir las configuraciones típicas de estructuras en los que se plasman los criterios de seguridad eléctrica, coordinación de aislamiento, criterios mecánicos, puestas a tierra y materiales normalizados.

2.3.3 Plan nacional de electrificación rural (PNER).³⁴

La DEP/MEM tiene como responsabilidad la formulación y actualización anual del Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) que constituye una herramienta fundamental de gestión que sirve como insumo básico para el logro de los objetivos de la política de electrificación de la Nación. El objetivo del PNER es ampliar la frontera eléctrica desarrollándola en

³⁴ www.osinergmin.gob.pe/newweb/.../2/Plan_Nacional_de_Electrificacion_Rural.pdf

forma articulada entre el Gobierno Nacional y los Gobiernos Regionales y Locales, utilizando tecnologías adecuadas que minimicen costos de inversión, proporcionando un medio para acelerar el desarrollo socio-económico y mejorar la calidad de vida de los habitantes de las localidades aisladas y rurales del país.

El PNER no es sólo un listado de proyectos, sino que contiene una priorización, valuación y organicidad que responde a criterios técnicos de evaluación de proyectos sociales. Este Plan Nacional de Electrificación Rural no es una lista cerrada de proyectos ni tampoco implica que la priorización resultante sea inamovible. Por el contrario, una de las características que tiene el PNER es su flexibilidad, lo cual le permite sufrir modificaciones en el orden de prioridad e introducir nuevos proyectos, de acuerdo a las posibilidades de auto-financiamiento o co-financiamiento que la propia comunidad posea. El PNER ha sido elaborado en estrecha coordinación con los Gobiernos Regionales, a fin de compatibilizar su contenido con los respectivos

Planes de Desarrollo Regional. La ejecución de este conjunto de proyectos considerados en el PNER, beneficiará a 4,3 millones de habitantes, logrando alcanzar un coeficiente de electrificación del 91% hacia el año 2013.

➤ **Objetivos específicos del PNER**

- ✓ Desarrollo integral y coordinado de los planes de electrificación rural entre el Gobierno Nacional y los Gobiernos Regionales y Locales.
- ✓ Mantener la presencia promotora y redistributiva del Estado en el segmento del mercado eléctrico menos desarrollado.
- ✓ Incrementar el coeficiente de electrificación nacional, principalmente de aquellas provincias ubicadas en las zonas de la

sierra y de la selva del país, donde los índices de cobertura eléctrica son más bajos.

- ✓ Estimular y propiciar la inversión privada en proyectos de electrificación rural, de manera que Estado y sector privado asuman roles complementarios.
- ✓ Enmarcar la electrificación rural dentro de un Plan de Desarrollo Rural Integral, orientando la electrificación a potenciar el desarrollo de la zona.
- ✓ Promover la preservación del medio ambiente de los impactos negativos que generan o puedan generar los proyectos eléctricos.
- ✓ Promover el uso productivo y el ahorro de la energía eléctrica, en los centros poblados rurales y aislados del país, que cuentan con servicio eléctrico.
- ✓ Utilizar tecnologías apropiadas y de mínimo costo en el diseño de proyectos, orientados no solo a la extensión de las redes eléctricas, sino también a la utilización intensiva de nuevas fuentes de energía renovables, para la implementación de proyectos de electrificación rural.

2.4 Definiciones de términos básicos.

- Insolación mensual en el plano horizontal: Se define como la cantidad de energía recibida en la parte exterior de la atmósfera, por unidad de superficie mensual.
- Insolación Difusa mensual en el plano horizontal: Es la insolación en el plano horizontal pero dispersada de los componentes de la atmósfera, incluidas las nubes.
- Insolación Directa superficie inclinada para un período mensual: la que llega a la tierra directamente en línea con el disco solar, en una superficie inclinada con el propósito de mantener estables los niveles de radiación que se reciben en las distintas épocas del año.

- Temperatura (T): Magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema. Sus unidades son °C, °F, °R.
- Transformador: Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito
- Potencia eléctrica: Es el ritmo al que se usa o genera la energía, medida en vatios (W). La capacidad o potencia de una planta se mide en vatios, pero la energía generada o producida anualmente se mide en vatios-hora (Wh) o kilovatios-hora (Kwh) entre otros.
- Energía: Propiedad de los cuerpos que se manifiesta por su capacidad de realizar un cambio (de posición o de cualquier otro tipo).
- Acumulador: Elemento de instalación capaz de almacenar la energía eléctrica, transformándola en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o en paralelo.
- Amperio-hora: Unidad usada para especificar la capacidad de una batería.
- Dimensionado: Proceso por el cual se estima el tamaño de una instalación de energía solar fotovoltaica para atender unas necesidades determinadas con unas condiciones meteorológicas dadas.
- Kilovatio (Kw): Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.
- Rendimiento: Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.
- Vatio (W): Unidad de potencia eléctrica, que equivale a un julio por segundo.
- Voltaje: Anglicismo del término Tensión.

CAPITULO III

VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Variables de la investigación

3.1.1 Variable independiente.

Es la variable que puede ser manejada o manipulada sistemáticamente por el experimentador, cuyos cambios controlados tienen un efecto directo en la variable dependiente³⁵. Para este caso nuestra variable independiente fue:

- Diseño del Sistema Fotovoltaico autónomo.

3.1.2 Variable dependiente.

Es el factor cambiante dentro del estudio cuyo comportamiento termina siendo afectado por los factores que el experimentador manipula. De ahí su nombre, ya que “depende” de los cambios hechos a la variable independiente³⁶. En base a ello nuestra variable dependiente vendría a ser:

- Electrificación rural de las granjas.

3.2 Operacionalización de variables

Viene a ser el proceso metodológico que consiste en descomponer deductivamente las variables que componen el problema de investigación, partiendo desde lo más general a lo más específico.

Se pueden visualizar en la tabla 3.1:

³⁵ <https://www.lifeder.com/variables-dependiente-independiente/>

³⁶ <https://www.lifeder.com/variables-dependiente-independiente/>

TABLA N° 3.1
OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR
Independiente: SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO	- Demanda de energía eléctrica.	- Calidad de equipos - Carga eléctrica de equipos - Tiempo de uso. - Tipo de corriente de equipos
	- Capacidad de energía solar generada.	- Cordenadas geográficas de la zona - Inclinacion de paneles - Capacidad de radiación - Dias de Autonomia.
	- Dimensionamiento y selección de equipos.	- Dimensiones y calidad de paneles solares - Capacidad de acumuladores (baterías) - Tipo de corriente producido. - Tipo de regulador / controlador - Caracyeristicas del conversor.
Dependiente: ELECTRIFICACION RURAL	- Iluminación	- Cantidad de galpones y zonas de permanencia del personal.

Fuente: propia.

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis general

- Si se diseña un sistema fotovoltaico autónomo 6 KW se consigue cubrir los servicios de electrificación rural en las granjas - ganadera Santa Elena – Cañete.

3.3.2 Hipótesis específicas

- Si se determina la demanda de energía eléctrica que se requiere se puede proyectar el sistema fotovoltaico autónomo.
- Si se determina la capacidad de energía solar se puede diseñar el sistema fotovoltaico autónomo.
- Si se determina las dimensiones y equipos adecuados del sistema, las granjas se pueden abastecer de energía eléctrica.

CAPITULO IV METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

- Investigación aplicada.

Según Ciro Espinoza Montes, el tipo de investigación que se desarrolló en este proyecto es de tipo aplicativo, porque tuvo como propósito aplicar los resultados de la investigación para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad.

Asimismo, el nivel de investigación que se desarrolló es de carácter tecnológico porque permite apoyarse en el conocimiento y teorías existentes para lograr la transformación de una realidad en particular.

4.2 Diseño de investigación

- Diseño No experimental.

Caracterizada así debido a que el proyecto se realizó sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que se hizo en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. Basándome en conceptos, variables, sucesos, contextos que ya ocurrieron o se dieron sin la intervención directa del investigador.

4.2.1 Parámetros básicos de investigación.

Los parámetros básicos para este proyecto son los siguientes:

- ✓ Demanda de energía eléctrica: 6 KW.
- ✓ Cantidad de granjas: 4.
- ✓ Ubicación de las granjas: km 135 panamericana sur, carretera acceso a Quilmana, Cañete.
- ✓ Incidencia de radiación solar anual: 4.06 KWh/m²/dia.

- ✓ Angulo optimo de instalacion: 12°.

4.2.2 Etapas de la investigación.

Este proyecto está compuesto por las siguientes etapas:

- Etapa I: Recopilación de datos.
- Etapa II: Calculo de demanda y energía generada.
- Etapa III: Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos y selección de equipos.
- Etapa IV: Planos de distribución electrica.

4.2.3 Detalles de la investigación.

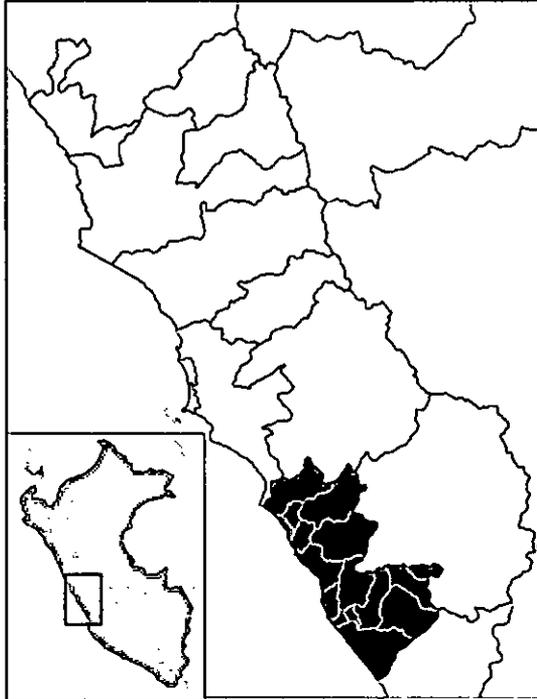
- **Etapa I:** Recopilación de datos.

A. Ubicación del sistema.

Para dar inicio al proceso de dimensionamiento y selección de equipos haremos una breve descripción de la localidad donde se instalará el sistema fotovoltaico.

La Provincia peruana de Cañete es una de las diez provincias que conforman Lima, bajo la administración del Gobierno Regional de Lima - Provincias. Ubicada al sur extremo sur occidental de dicho departamento, limita por el norte con la provincia de Lima y con la provincia de Huarochirí; por el este con la provincia de Yauyos; por el sur con el Departamento de Ica; y por el oeste con el océano Pacífico, con una importante extensión de litoral; sin embargo, su articulación continental está favorecida por los ejes fluviales de cuatro cuencas importantes que caen en su territorio y que, a la vez, son el nexos con el ámbito alto andino.

FIGURA N° 4.1
UBICACIÓN DE LA PROVINCIA DE CAÑETE



Fuente: Wikipedia.

Las granjas Colinas, Cerros, Rocas y Piedras son granjas que pertenece a la Ganadera Santa Elena, se encuentra ubicada a la altura del kilómetro 132 de la panamericana sur, carretera acceso a Quilmana, Cañete. Entre las coordenadas geográficas 12°56'20.2" Latitud Sur y 76°28'11.6" Latitud Oeste. Según se muestra en la siguiente tabla.

TABLA N° 4.1
CARACTERISITCAS GEOGRAFICAS DE LA PROVINCIA DE
CAÑETE

Descripcion	Unidad	Valor
Latitud	°S	-12.939
Longitud	°O	-76.473
Elevación	m	1915
Temperatura promedio anual	°C	13

Fuente: SENAMHI - Oficina de estadística

FIGURA N° 4.2
VISTA SATELITAL DE LA PROVINCIA DE CAÑETE



Fuente: Google Earth.

B. Zonas de instalación.

El diseño contempla el dimensionamiento y selección de componentes de un sistema fotovoltaico autónomo, con una capacidad de generación de energía necesaria para cubrir los servicios de electrificación.

La zona de instalación está conformada por cuatro granjas que pertenecen a la ganadera Santa Elena, cada granja cuenta con una serie de galpones y puntos de vigilancia.

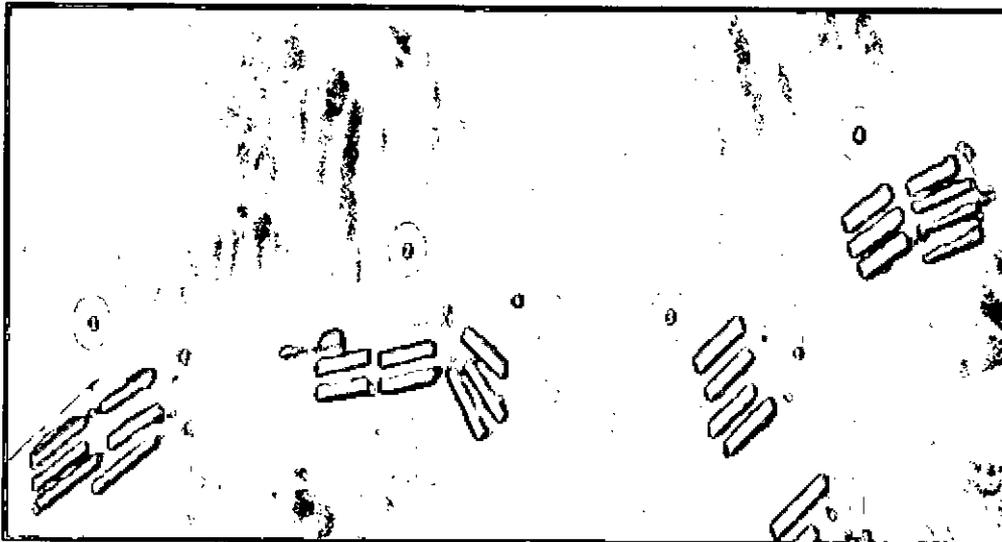
Para ambos casos se cuantificó los puntos de electrificación, según se muestra en el siguiente cuadro:

TABLA N° 4.2
CANTIDAD DE PUNTOS DE ELECTRIFICACION SEGÚN CANTIDAD DE GRANJAS

Ítem	Nombre de granja	Cantidad de galpones	Puntos de electrificación
1	Colinas	6	14
2	Cerros	7	14
3	Rocas	4	14
4	Piedras	7	14

Fuente: Propia.

FIGURA N° 4.3
VISTA SATELITAL DE LAS GRANJAS COLINAS, CERROS, PIEDRAS Y ROCAS



Fuente: Google Earth

➤ **Etapa II: Calculo de demanda y energía generada.**

A. Inclinación de paneles.

Según la tabla 4.1, la latitud del lugar es -12.939°S , remplazando en la ecuación 1 obtenemos:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot |-12.939|$$

$$\beta_{opt} = 12.63^{\circ}$$

B. Demanda Energética

El sistema se diseñará para cubrir la demanda de energía de los servicios básicos de electrificación en las granjas: colinas, cerros, rocas y piedras.

Los equipos o aparatos a instalar serán de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA N° 4.3
PROYECCION DE APARATOS INSTALADOS EN LAS GRANJAS

Equipos	Granja Colinas		Granja Cerros		Granja Rocas		Granja Piedras	
	Cantidad (Unid)	Potencia (W)	Cantidad (Unid)	Potencia (W)	Cantidad (Unid)	Potencia (W)	Cantidad (Unid)	Potencia (W)
Equipos								
Foco 220	10	10 ³⁷	10	10	10	10	10	10
celular	2	10	2	10	2	10	2	10
linterna	2	30 ³⁸	2	30	2	30	2	30
TOTAL	14		14		14		14	

Fuente: Propia.

Como se muestra en el cuadro anterior la cantidad y características de los aparatos es similar para todas las granjas, considerando que dichos equipos funcionan solo con corriente alterna (AC).

Teniendo estos datos se procede a calcular la demanda total de energía diaria, que cubrirá todas las granjas, mediante la ecuación 2 tenemos:

TABLA N° 4.4
DEMANDA DE ENERGIA DIARIA DE LOS APARATOS EN GRANJAS

Equipos AC	Cantidad (Unid)	Potencia (W)	Consumo total (W)	horas por día (h/día)	consumo por día (Wh/día)
Foco 220 AC	40	10	400	10	4000
celular	8	10	80	4	320
linterna	8	30	240	2	480
TOTAL			720		4800

Fuente: Propia.

³⁷ Ver anexo 2.

³⁸ Ver anexo 3.

Considerando que la proyección del proyecto aumentara en un 25% en los siguientes años, tenemos según la ecuación 3:

TABLA N° 4.5
DEMANDA DE ENERGIA TOTAL DIARIA DE LOS APARATOS EN GRANJAS CON
PROYECCION DEL 25%

Equipos AC	Cantidad (Unid)	Potencia (W)	Consumo total (W)	horas por día (h/día)	consumo por día (Wh/día)
Foco 220 AC	40	10	400	10	4000
celular	8	10	80	4	320
linterna	8	30	240	2	480
TOTAL			720		4800
proyeccion de consumo adicional:			25%		25%
TOTAL			900		6000

Fuente: Propia.

Por lo tanto, la demanda total de energía diaria final para todas las granjas será $E = 6 \text{ kwh/día}$.

Con el fin de optimizar el costo de equipos, rendimiento, implementación e inslatacion del sistema fotovoltaico autónomo, se hes mas conveniente diseñar, de forma independiente, un sistema fotovoltaico para cada granja.

Como indica la tabla 4.3 la cantidad aparatos a instalar tiene el mismo valor para cada granja por lo que seria conveniente tomar como referencia la demanda de una de ellas, que sirva como modelo para implementar de forma similar en las demas granjas.

Tomando como muestra la granja Colinas, se procederá a hacer los cálculos y dimensionamieno de los equipos que conformaran cada sistema fotovoltaico autónomo.

De la tabla 4.5 obtenemos los siguientes datos:

TABLA N° 4.6
 DEMANDA DE ENERGIA TOTAL DIARIA DE LOS APARATOS EN LA GRANJA
 COLINAS CON UN ADICIONAL DEL 25%

Equipos AC	Cantidad (Unid)	Potencia (W)	Consumo total (W)	horas por dia (h/dia)	consumo por dia (Wh/dia)
Foco 220 AC	10	10	100	10	1000
celular	2	10	20	4	80
linterna	2	30	60	2	120
TOTAL			180		1200
proyeccion de consumo adicional:			25%		25%
TOTAL			225		1500

Fuente: Propia.

Por lo tanto, cada sistema independiente, tendrá una potencia de aparatos (P_{Inst}) = 225 w. y demanda total de energía diaria $E_d = 1500$ wh/dia.

C. Energía Disponible

Para este caso utilizaremos los niveles promedio mensuales de irradiación solar que se encuentran en la página del Centro de Datos de Ciencia Atmosférica de la NASA.

TABLA N° 4.7
 RADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL EN UNA SUPERFICIE INCLINADA CON PUNTA
 ECUATORIAL (KWH / M2 / DÍA)

Lat: -12.94 Lon: -76.47	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Novi	Dic	Promedio Anual
SSE HRZ	6.61	6.71	6.82	6.23	5.08	3.89	3.78	4.13	4.9	5.91	6.43	6.65	5.58
K	0.59	0.61	0.65	0.66	0.6	0.5	0.47	0.46	0.49	0.55	0.58	0.59	0.56
Difusa	2.17	2.12	1.73	1.44	1.41	1.53	1.62	1.84	2.08	2.21	2.2	2.14	1.87
Directa	6.37	6.51	7.31	7.29	6.05	4.07	3.65	3.6	4.12	5.25	6.05	6.53	5.56
$\beta = 0^\circ$	6.47	6.59	6.73	6.17	5.04	3.86	3.75	4.1	4.84	5.81	6.3	6.51	5.51
$\beta = 12^\circ$	6.57	6.56	6.79	6.53	5.53	4.24	4.06	4.32	4.93	5.72	6.36	6.64	5.68
$\beta = 27^\circ$	6.39	6.22	6.55	6.67	5.89	4.53	4.28	4.4	4.84	5.36	6.15	6.5	5.64
$\beta = 90^\circ$	2.67	2.06	2.38	3.61	4.01	3.28	2.98	2.66	2.31	1.79	2.47	2.84	2.76
Optimo	6.57	6.61	6.8	6.67	5.95	4.6	4.31	4.4	4.93	5.81	6.37	6.64	5.8
Optimo A.	11	4	9	25	36	38	35	26	13	0	9	13	18.3

Fuente: Centro de Datos de Ciencia Atmosférica de la NASA³⁹.

³⁹ <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>

Del cual se puede obtener la radiación máximo promedio anual: 5.68 kWh / m² / día, a un ángulo óptimo de 12°.

Por lo tanto, para realizar el diseño fotovoltaico se debe de considerar el mes con menos cantidad de radiación, mes crítico, según la tabla anterior tenemos:

TABLA N° 4.8
RADIACIÓN PROMEDIO MENSUAL EN UNA SUPERFICIE CON INCLINACION
OPTIMA (KWH / M2 / DÍA)

Lat: -12.94 Lon: -76.47	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Novi	Dic	Promedio Anual
$\beta = 12^\circ$	6.57	6.56	6.79	6.53	5.53	4.24	4.06	4.32	4.93	5.72	6.36	6.64	5.68

Fuente: Centro de Datos de Ciencia Atmosférica de la NASA.⁴⁰

Según el cuadro el mes con menos cantidad de radiación es Julio, por lo que la energía disponible para el sistema (R_B) tendría el valor de 4.06 kWh / m² / día.

➤ **Etapas III: dimensionamiento y selección de equipos.**

A. Dimensionado del generador fotovoltaico

Dada la demanda de electricidad, la energía disponible y considerando un rendimiento promedio del sistema de 80%; se calcular el tamaño del panel solar fotovoltaico según la ecuación 4:

$$P_{FV} = \frac{1500 \text{ wh/día}}{(80\% * 4.06 \text{ wh/m}^2/\text{día})} = 0.4618 \text{ kw}$$

$$P_{FV} = 461.82 \text{ w}$$

Para este diseño se selecciona módulos fotovoltaicos de tipo policristalinos, debido a que, en temperaturas elevadas, la pérdida de eficiencia en general es menor que en paneles de celdas monocristalinas.

⁴⁰ <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>

Este tiene el efecto que paneles policristalinos producen más energía en condiciones de temperaturas elevadas.

La pérdida por la degradación provocado por la luz (LID - light induced degradation) es menor en este tipo de paneles. Entonces en el transcurso de los años, pierden ligeramente menos eficiencia.

Para cubrir el tamaño total del sistema fotovoltaico se seleccionará módulos de 250 wp, con las siguientes características (ver anexo 4):

- ✓ V_{OC} : Tensión de circuito abierto: 43.50 V.
- ✓ V_{mpp} : Tensión máxima: 36.20 V.
- ✓ I_{SC} : corriente de corto circuito: 7.52 A.
- ✓ I_{mpp} : Corriente máxima: 6.91 A.

El número total de módulos fotovoltaicos que se necesitan para el sistema será utilizando la ecuación 5:

$$N_T = \frac{461.82 \text{ w}}{250 \text{ w}} = 1.847$$

$$N_T \approx 2$$

Obteniendo así en el sistema una potencia nominal ($W_{nom \text{ panel}}$) de 500 wp, suficiente para cubrir el tamaño de los módulos.

La tensión de voltaje para el sistema será de 24V, debido a que se desea obtener menor caída de tensión, menores intensidades y por tanto secciones de cable menor.

Teniendo en cuenta la cantidad, características del panel y la tensión del sistema, la conexión de módulos se realizará en paralelo manteniendo el voltaje de los paneles de forma constante y sumando las intensidades de corriente, con lo cual me llevaría a una potencia que me cubra el tamaño total del panel solar fotovoltaico.

B. Dimensionado del banco de energía.

Para dimensionar el banco de baterías se debe conocer la capacidad necesaria del banco, y para ello se considera lo siguiente:

- ✓ DOA : 3 días.
- ✓ $P_{d\ max}$: 50%.
- ✓ $F_{seguridad}$: 1.6
- ✓ F_{temp} : 1.
- ✓ V_{sist} : 24 V.

Utilizando la ecuación 6:

$$C_{banco} = \frac{1500\ wh/dia * 3\ dias * 1.6}{24\ v * 50\% * 1} = 600\ Ah.$$

Tomando en cuenta que las tensiones de las baterías son de:

- 12 V si la potencia es menor que 1.500 W.
- 24 V o 48 V si la potencia esta entre 1.500 y 5.000 W.
- 48 V o 120 V si la potencia es mayor de 5.000 W o 5 Kw.

Para este caso se seleccionarán baterías de 12 V y 200 Ah.

De las ecuaciones 7 y 8 tenemos:

$$N^{\circ}_{bp} = \frac{600\ Ah}{200\ Ah} = 3$$

$$N^{\circ}_{bs} = \frac{24\ V}{12\ V} = 2$$

Por lo tanto, la conexión será de 2 baterías en serie y 3 en paralelo, siendo un total de 6 baterías para el sistema de almacenamiento de energía.

C. Dimensionado del controlador de carga.

Para ello se calcula la corriente de los paneles a la batería y/o uso final, o la corriente de la batería hasta el uso final.

De las ecuaciones 9 y 10 obtenemos:

Intensidad de entrada al Regulador.

$$I_{entrada} = 7.52 \text{ A} * 2 * 1.25 = 18.8 \text{ A}.$$

Intensidad de salida (carga) del Regulador.

✓ $n_{bateria}$: 60%.

$$I_{salida} = \frac{225 \text{ w} * 1.25}{12 \text{ v} * 80\%} = 29.3 \text{ A}.$$

De los calcuos realizados el mayor valor de intensidad de corriente es de la salida del Regulador (28.78 A), y considerando que existen controladores / reguladores Solares de Carga de 8 A / 12 A / 20 A / 30 A, el optimo a elegir será de una capacidad de 30 A.

D. Selección del inversor.

Calculando la potencia mínima a convertir, según la ecuación 11.

✓ C_s : 1.

$$W_{min\ inversor} = 225 \text{ w} * 1 = 225 \text{ w}.$$

Seleccionamos un inversor de 24 V (DC) – 375 V (AC), potencia nominal 300 w, potencia pico máxima de 700 w. y remplazando en la ecuación 12, tenemos:

$$N^{\circ}_{inversores} = \frac{225 \text{ w}}{300 \text{ w}} = 0.75 \approx 1$$

E. Dimensionamiento y selección de conductores.

Considerando algunos parámetros para el dimensionamiento de cables tenemos:

- V_{AC} : 220 V.
- $C_{material}$: constante del material, para cobre = 56.
- $\Delta U\%$: porcentaje de caída de tensión admisible, según la siguiente tabla:

TABLA N° 4.9
PORCENTAJE DE CAÍDA DE TENSIÓN ADMISIBLE

$\Delta U\%$	
Elementos	Maxima
Panel - controlador	3%
Controlador - Baterias	1%
Baterias - Inversor	1%
Inversor - aparatos	3%

Fuente: HM sistemas.⁴¹

- Cuadro de Equivalencias: que nos permitirá seleccionar el calibre de los conductores según la sección calculada.

TABLA N° 4.10
EQUIVALENCIAS AWG / MCM A MM2

AWG	MCM	Sección Real (mm ²)	mm ²
22	-	0.324	0.5
20	-	0.517	0.75
18	-	0.821	1
16	-	1.31	1.5
14	-	2.08	2.5
12	-	3.31	4
10	-	5.26	6
8	-	8.37	10
6	-	13.3	16
4	-	21.2	25
2	-	33.6	35
1	-	42.4	50
1/0	-	53.3	70
2/0	-	67.4	70
3/0	-	85	95
4/0	-	107.2	120
-	250	126.7	150
-	300	152	170
-	350	177.4	185
-	400	202.7	240

Fuente: Todoprecios.com.⁴²

⁴¹ http://www.hmsistemas.es/shop/catalog/calculadora_seccion.php

⁴² <http://necesitoprecios.com/2011/10/equivalencias-awgmcm-a-mm2/>

Según las ecuaciones 13, 14 y 15, calculamos la intensidad de corriente para cada tramo del sistema, asimismo mediante la ecuación 16 obtenemos el valor de la sección del conductor S_{cond} , según se muestra en la siguiente tabla:

TABLA N° 4.11
SECCION DE CABLES DEL SISTEMA

Tramo del sistema	Intensidad de corriente (A)	Longitud prom. (m)	S_{cond} (mm ²)	Calibre (AWG)
Panel - controlador	18.80	20	18.65	4
Controlador - Baterías	28.78	5	18.82	4
Baterías - Inversor	28.78	5	18.82	4
Inversor - aparatos	1.02	230	1.25	16

Fuente: propia.

Sistema puesto a tierra.

La puesta a tierra comprende tanto la puesta a tierra de los equipos (tierra de protección) como la puesta a tierra de un conductor activo (tierra del sistema).

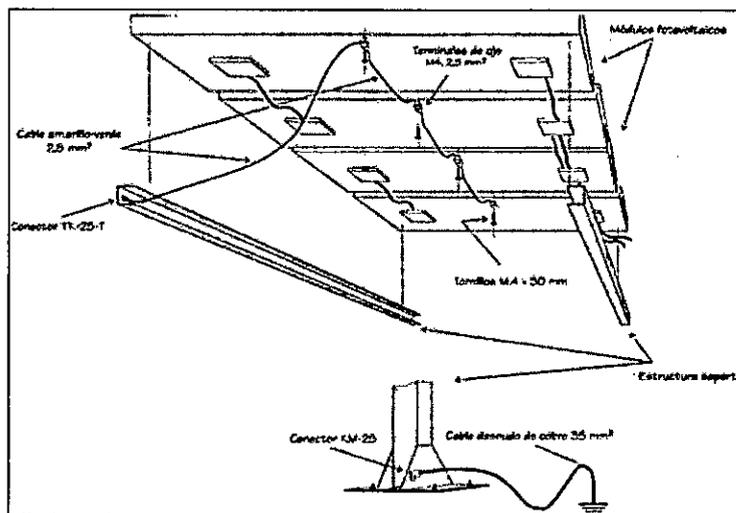
Los módulos solares fotovoltaicos disponen en el marco de un orificio (taladro) específico para su puesta a tierra (generalmente señalado mediante el símbolo de puesta a tierra). La toma se realiza por medio de esos orificios en el marco debido a que, generalmente, los marcos son de aluminio anodizado, que es un tratamiento superficial que se aplica al marco de aluminio y que hace que se comporte como un aislante relativamente bueno, por lo que la conexión del conductor de protección a tierra en otro orificio no sería lo recomendable.

Por lo tanto, para asegurar un buen contacto eléctrico, se recomienda utilizar un terminal de conexión de acero inoxidable. De todos modos, a efectos eléctricos, el marco de un panel solar se debe considerar como una parte metálica expuesta.

Para implementar un sistema puesto a tierra se debe de tener en cuenta lo siguiente:⁴³

- ✓ Es recomendable que el conductor de protección a tierra no se atornille directamente al marco de los paneles, sino hacerlo por medio de un terminal auxiliar, de modo que se pueda quitar un módulo (por avería, mantenimiento, etc.) sin interrumpir la conexión a tierra del resto de la instalación.
- ✓ La simple conexión de los marcos de los módulos a una estructura anclada en el suelo no se considera como una puesta a tierra eficaz. Error muy habitual.
- ✓ El conductor de protección a tierra de los módulos solares es recomendable que se conecte también a un punto de la estructura.
- ✓ El conductor de puesta a tierra del sistema fotovoltaico debe ser desnudo, o ir protegido bajo tubo.

FIGURA N° 4.4
CONEXIÓNADO DE PUESTA A TIERRA EN PANELES



Fuente: Sfe Solar.

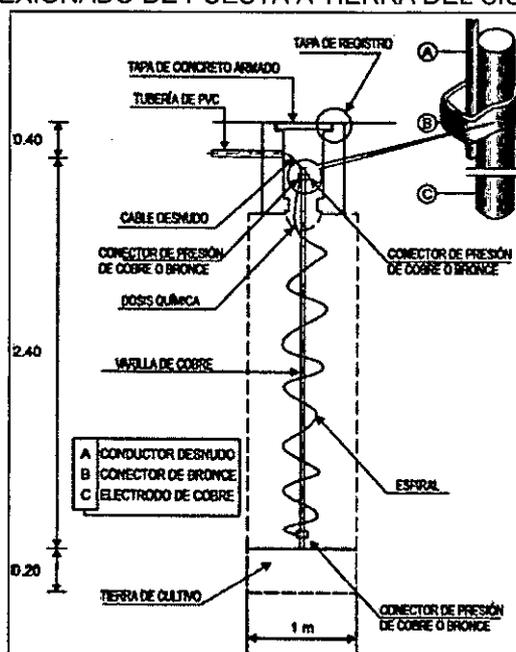
Los materiales a emplear para la elaboración de los pozos a tierra, en cada granja, son:

⁴³ <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/puesta-a-tierra-de-instalaciones-con-placas-solares/>

- ✓ 01 Caja de registro con tapa de concreto armado (40 x 40cm).
- ✓ 01 Electrodo principal (varilla de cobre puro de 3/4" x 2.40 m)
- ✓ 03 Conectores desmontable (tipo pico de loro de 3/4")
- ✓ 15 mts de conductor de conexión (cable N° 6 AWG, color amarillo-verde o amarillo).
- ✓ 06 metros de cable de cobre desnudo N°8 AWG para la bobina helicoidal, paralelo a la barra.
- ✓ 01 Pozo vertical por granja de Ø 1m x 3m de profundidad.
- ✓ 03 metros cúbicos de tierra de cultivo, totalmente tamizada en malla de 1/ 2".
- ✓ 02 dosis química de Thorgel o similar
- ✓ 05 sacos de bentonita de 30 kilos.

La instalación típica para pozos verticales se muestra en la figura 4.5, y el procedimiento a seguir será según el “manual de ejecución de sistemas de puesta a tierra – osinergmin orienta”.⁴⁴

FIGURA N° 4.5
CONEXIÓNADO DE PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA



Fuente: Osinergmin – manual de instalación de pozos a tierra.

⁴⁴ <http://www.osinergminorienta.gob.pe/documents/54705/340006/capitulo+9.pdf>

➤ **Etapa IV: Planos de distribución eléctrica.**

Como última etapa del proyecto se presentarán los planos de distribución, tanto la ubicación de equipos como en línea de alimentación eléctrica hacia los aparatos instalados en cada granja, dichos planos se encuentran en los anexos:

- ✓ Plano eléctrico de la granja Colinas: anexo 10.
- ✓ Plano eléctrico de la granja Cerro: anexo 11.
- ✓ Plano eléctrico de la granja Rocas: anexo 12.
- ✓ Plano eléctrico de la granja Piedras: anexo 13.

4.3 Población y muestra

Para fines de la presente investigación, la población quedó determinada por la cantidad de centros de producción de aves o granjas que se encuentran en dicha localidad y se verá reflejado en la siguiente tabla:

TABLA N° 4.12
CANTIDAD DE GRANJAS EN LA LOCALIDAD

Ítem	Nombre de granja	Cantidad de galpones	Puntos de luz
1	Colinas	6	14
2	Cerros	7	14
3	Rocas	4	14
4	Rocas 2	7	9
5	Piedras	9	14
6	Lomas	4	7
7	Roldan	7	9
8	Malacuca	14	12
9	Pedregal 1	13	14
10	Pedregal 2	8	12

Fuente: propia.

FIGURA N° 4.6
VISTA SATELITAL DE LA TOTALIDAD DE GRANJAS



Fuente: Google Earth.

De los cuales se tomarán como muestra las granjas: Colina, Cerros, Piedras y Rocas, por tener una cantidad promedio de puntos de luz y ser zonas aledañas.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica documental

La técnica documental permite la recopilación de evidencias para demostrar la hipótesis de investigación. Esta formada por documentos de diferentes tipos: memorias, actas, registros de datos, catalogos.⁴⁵

Algunos datos de medidas e imágenes serán a través de un programa informático denominado Google Earth, que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.

El mapa de Google Earth está compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos Sistemas de

⁴⁵ http://www.ujaen.es/investiga/tics_tfg/dise_documental.html

información geográfica (SIG) de todo el mundo y modelos creados por computadora.

Asimismo, se utilizarán mapas de radiación solar anual presentados por el ministerio de energía y minas

TABLA N° 4.13
TECNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Técnicas	Instrumentos
Análisis documental	- Programa informático denominado Google Earth. - Análisis de especificaciones técnicas de los equipos. - Centro de Datos de Ciencia Atmosférica de la NASA

Fuente: propia.

4.5 Procedimiento de recolección de datos.

Para ello se realizó las siguientes actividades:

- ✓ Visita técnica con personal autorizado.
- ✓ Levantamiento de información de las zonas donde se realizaría el trabajo.
- ✓ Toma de datos de los equipos necesarios para la instalación.
- ✓ Recopilación de información de mapas de radiación solar de la zona.

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos.

Este sistema fotovoltaico no se basa en resultados que derivan de métodos estadísticos. Para el diseño se toman en cuenta parámetros y valores que dependen de la zona de instalación, ya sea la radiación solar o características de los aparatos a electrificar así como también los datos técnicos de los equipos a instalar.

CAPITULO V

RESULTADOS

Teniendo en cuenta que cada granja tiene una demanda energetica de 1500 wh/dia, se propone un sistema fotovoltaico autónomo independiente, conformado por los siguientes equipos:

➤ **Generador fotovoltaico**

Conformado por dos modulos fotovoltaico, con capacidad de de 250 wp cada una, conectados en paralelo.

La tensión de voltaje para el sistema será de 24V.

Para la soprteria de los paneles, se utilizarán estructuras prefabricadas y seleccionadas segun la cantidad de paneles calculados. Tal como se muestra en el anexo 8.

➤ **Banco de energía.**

Como acumulador de energía se necesitarán seis baterías de 12 V y 200 Ah cada una. Cuya conexión será de 2 baterias en serie y 3 en paralelo.

Las características de las baterias se podrán visualizar en el anexo 5.

➤ **Regulador / Controlador de carga.**

El Regulador / controlador a elegir será de una capacidad de 30 A de salida.

Las características del regulador se podrán visualizar en el anexo 6.

➤ **Inversor.**

Seleccionaremos un inversor de 24 V (DC) – 375 V (AC), potencia nominal 300 w, potencia pico máxima de 700 W.

Las características del inversor se podrán visualizar en el anexo 7.

➤ Dimensionamiento y selección de conductores.

Se seleccionarán conductores eléctricos de calibre 4 y 16 AWG. Cuyo metraje se puede observar en el cuadro 4.11.

En la siguiente tabla 5.1 se muestran las cantidades y características de los equipos que conforman cada sistema fotovoltaico:

TABLA N° 5.1
COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA 6 KW

Item	Equipo	Marca	Modelo	Cantidad (unld)
1	Paneles	SIMAX	SP660-250W	2
2	Controladores	VICTRON	MPPT 100/30	1
3	Baterias Gel	RITAR	RA12-200	6
4	Inversor	VICTRON	24V/750VA	1

Fuente: propia.

El conexionado de los equipos se podran visualizar en el diagrama unifilar mostrado en el anexo 9.

De los resultados podemos deducir que los sistemas fotovoltaicos en cada granja tendrán una capacidad de generación de energía de **1500 wh/dia**.

Sabiendo que son cuatro las granjas (colinas, cerrro, rocas y piedras), se estaría cubriendo la demanda de energía eléctrica en su totalidad con una producción de **6 kwh/dia**.

Impacto ambiental en la instalación del sistema.

Se considera que el impacto principal se produce en el uso de grandes cantidades de energía para la tranformacion del silicio, componente principal para la elaboracion de paneles, a pesar de ser el material más abundante de la tierra.

De igual forma analizaremos el impacto sobre los siguientes puntos:

- **Clima:** la generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no produce emisiones de CO2 que apoyen al calentamiento global. Solo, en cierta medida, se vería afectada en el transporte de equipos, de la zona de fabricación hasta la zona de instalación.
- **Suelo:** en el suelo se realizará la excavación para la elaboración de bases de concreto que servirán de apoyo a la estructura que soportara los paneles, no siendo en gran medida, una amenaza para el terreno.
- **Flora y fauna:** no es afectada por ser una zona desértica.
- **Paisaje:** el impacto visual y paisajístico no se verá condicionado, puesto que el sistema no tiene grandes dimensiones.
- **Medio socioeconómico:** en la zona de instalación no practican la agricultura, solo lo realizan en lugares aledaños y lejanos.

Costo estimado de elaboración e instalación del sistema.

Teniendo los resultados y una vez seleccionado los equipos, realizaremos un estimado de costo total del proyecto:

TABLA N° 5.2
COSTO ESTIMADO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTONOMO 6 KW

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (US\$)	Sub Total (US\$)	Total (US\$)
1	Equipos de instalacion					4,300.00
1.1	Paneles	unid	2	320.00	640.00	
1.2	Controladores	unid	1	200.00	200.00	
1.3	Baterias Gel	unid	6	530.00	3,180.00	
1.4	Inversor	unid	1	280.00	280.00	
2	Especialidad					6,088.66
2.1	Materiales y obras civiles	glb	1	1,272.72	1,272.72	
2.2	Estructura soporte	glb	1	1,060.60	1,060.60	
2.3	Materiales y obras electricas	glb	1	2,454.54	2,454.54	
2.4	Movilidad de equipos y personal	glb	1	800.00	800.00	
2.5	Gastos generales	glb	1	500.80	500.80	
Costo de equipos y trabajos de intalacio por granja (US\$):						10,389
<i>El costo estimado total vendria a determinarse por la cantidad total de granjas =</i>						4
Estimado de inversion para diseño e instalacion de un sistema fotovoltaico autonomo de 6 KW						
Costo total de equipos y trabajos de instalacion (US\$)=						41,554.64
Costo por elaboracion de proyecto (US\$) =						3,671.21
Sub total (US\$):						45,226
Tipo de cambio (Nov. 2017)* :						3.30
Costo estimado total del proyecto: (S/.)						149,245

Fuente: propia.

Costo comparativo de equipos de un SFA vs algunos equipos conectados a red.

Según se explicó anteriormente la zona de ubicación de las granjas no cuenta con electrificación, por lo tanto, si se desea instalar nuevas líneas de transmisión, se tendría que conectar a la línea principal que se ubica en la panamericana sur, a 4 km. Ocasionando así, una mayor inversión.

Para dar una idea sobre costos de los equipos del sistema fotovoltaico y algunos componentes de líneas de transmisión se realizó una comparación, de forma resumida, de ambos sistemas, según la siguiente tabla:

TABLA N° 5.3
COSTO COMPARATIVO SFA 6 KW VS ALGUNOS COMPONENTES DE LINEAS DE TRANSMISIÓN

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U. (US\$)	Sub Total (US\$)	Total (US\$)
1	SFA 6 KW					17,200.00
1.1	Paneles	unid	8	320.00	2,560.00	
1.2	Controladores	unid	4	200.00	800.00	
1.3	Baterias Gel	unid	24	530.00	12,720.00	
1.4	Inversor	unid	4	280.00	1,120.00	
2	Sistema conectado a red.					20,000.00
2.1	poste importado de madera tratada tipo YSP 8 m clase 4 (cada 100m)	unid	40	500.00	20,000.00	

Fuente: propia.

Como se puede apreciar en la tabla 5.3, para producir una capacidad de energía eléctrica mediante un SFA de 6 KW, se necesitó en equipamiento un valor aproximado de US\$ 17 200.00, y para implenetar una nueva línea de transmisión, tan solo en postes de madera tratada que sirven para el tendido de cables, se necesitaría un valor aproximado de US\$ 20 000, sin contar los materiales civiles y electricos.

Esto nos da entender, desde un punto económico, que es mas factible instalar sistemas autónomos en algunas zonas rurales del país, donde aun no llegan la energía eléctrica; mas aun si tienen como fuente un tipo de energia renovable.

CAPITULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación de la Hipótesis con los resultados

6.1.1 Contratación de la hipótesis general:

- Si se diseña un sistema fotovoltaico autónomo 6 KW se consigue cubrir los servicios de electrificación rural en las granjas - ganadera Santa Elena – Cañete.

Del desarrollo de la tesis se concluye lo siguiente:

- a. Se aplica metodologías tanto probadas como verificadas, utilizando datos reales de radiación según el lugar, optimizando así los resultados, en consecuencia, nos permite asegurar que el diseño propuesto sea viable, cubra la demanda de energía necesaria (6 KW) y cumpla con todos los requerimientos que se necesitan para la electrificación rural de las granjas.
- b. El diseño fotovoltaico seleccionado es una alternativa con menor costo con respecto a los demás sistemas de generación de energía, tiene como base la energía solar, considerándose una fuente de energía renovable, limpia e inofensivo para el medio ambiente.

6.1.2 Contratación de la hipótesis específicos:

- Si se determina la demanda de energía eléctrica que se requiere se puede proyectar el sistema fotovoltaico autónomo.

Se determino la demanda de energía necesaria para cubrir los servicios de electrificación, este valor es muy importante en la proyección del sistema fotovoltaico autónomo, porque nos brinda la capacidad de energía eléctrica total necesaria para iluminar y alimentar a los aparatos y artefactos instalados en las granjas.

- Si se determina la capacidad de energía solar se puede diseñar el sistema fotovoltaico autónomo.

Es muy importante contar con la capacidad de energía suministrada en el lugar, esto nos permite realizar un correcto dimensionamiento y selección de equipos que conforman el sistema fotovoltaico.

- Si se determina las dimensiones y equipos adecuados del sistema, las granjas se pueden abastecer de energía eléctrica.

El correcto dimensionamiento y selección de equipos de nuestro sistema fotovoltaico autónomo es determinante para garantizar el abastecimiento de la demanda energética, el rendimiento y el costo económico de instalación.

6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares

El diseño del sistema fotovoltaico autónomo de 6 kW para la electrificación en granjas de la ganadería Santa Elena, Cañete; es comparado con el sistema fotovoltaico implementado en la empresa BACKUS Y JOHNSTON S.A.A. ubicada en el distrito San Vicente de Cañete, instalado en diciembre del 2011, dicho sistema tiene la capacidad de suministrar energía eléctrica mediante un arreglo de paneles solares, con una potencia instalada de 18 kW, De este modo la empresa garantiza la operatividad de la planta cuando exista un corte de fluido eléctrico en la red. Según se puede apreciar en el anexo 9.

En base a ello y teniendo las condiciones del lugar de forma similar, no habría inconvenientes en el funcionamiento de un sistema de 6kw, teniendo como premisa un sistema de 18 kw, instalada y en operatividad.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar un sistema fotovoltaico autónomo de 6 KW, para cubrir la demanda de energía eléctrica que consumen los aparatos instalados en las granjas, teniendo como fuente principal un tipo de energías renovables, en este caso la solar; y sirve como ejemplo para fomentar y promocionar el uso de energías renovables en las empresas privadas, ya sea en el sector ganadero o agrícola.
- Se determinó la capacidad de energía solar diaria, con un total de 6 KWh/día, que consumen los aparatos electricos, siendo uno de los puntos importantes para el dimensionado de los paneles fotovoltaicos.
- Se determinó la capacidad de energía solar producida en el lugar, que permitió realizar un correcto dimensionamiento y selección de los equipos que comprende el sistema.
- Se determinó las dimensiones y equipos adecuados del sistema fotovoltaico, que garantiza el correcto funcionamiento y operación del sistema.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

- Para un correcto dimensionamiento y selección de equipos del sistema se debe de realizar un conteo exacto de todos los aparatos a energizar, así como la toma de datos de sus características, que permitirá realizar un óptimo diseño,
- Las instalaciones de los paneles deben ser en lugares libres de sombras de árboles, galpones u otros obstáculos que impidan recibir directamente los rayos del sol.
- La instalación del sistema fotovoltaico debe ser realizado solo por personal calificado, ellos se encargarán de verificar el funcionamiento y operación del sistema desde los módulos fotovoltaicos hasta los aparatos a electrificar.
- No se debe conectar al sistema fotovoltaico, equipos de gran potencia que no hayan sido considerados en el diseño, ni hacer modificaciones a la instalación sin consultar a los especialistas, ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar un mal funcionamiento.
- No utilizar lámparas incandescentes. Es recomendable la utilización de lámparas led o en su defecto de bajo consumo.
- Si el inversor se protege, ya sea por sobretensión o bien por sobreintensidad, y se apaga cuando lo sometemos a una carga superior a la que admite. No debemos reiniciarlo, después de unos minutos el inversor se rearmará automáticamente.
- Nada se debe colocar por encima de las baterías. No manipular sus bornes con las manos. No dejarlas al alcance de los niños. ya que la mayoría de las baterías solares despiden gases.

CAPITULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **ESPINOZA MONTES, Ciro. Metodología de investigación tecnológica Pensando en sistemas**, Huancayo, Editorial Imagen Grafica SAC. Primera edición, 2010.
- **MUÑOZ ANTICONA, Delfor Flavio. Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país**. Tesis para optar el título de ingeniero Mecánico Electrico. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2005.
- **VALDIVIEZO SALAS, Paulo. Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP**. Tesis para optar el título de ingeniero Mecánico. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2014.
- **VÁSQUEZ CHIGNE, Laura. ZÚÑIGA ANTICONA, Bibi. Proyecto de Pre factibilidad para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica y Térmica en el Campamento Minero Comihuasa**. Tesis para optar el título de ingeniero Industrial. Lima. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2015.

Referencias de publicaciones web

- **ELECTRICIDAD GRATUITA. Cálculo del número de Paneles Solares Fotovoltaicos.** Disponible en:
<http://www.electricidad-gratuita.com/calcular-numero-de-panel-solar-fotovoltaico/>. Consultado el 20 de agosto del 2017.
- **OSINERGMIN. Introducción a las energías renovables.** Disponible en:
<http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/IntroduccionEnergiasRenovables.html>. Consultado el 8 de setiembre del 2017.
- **ENERGIA SOLAR. Energía solar fotovoltaica.** Disponible en:
<https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica>. Consultado el 15 de setiembre del 2017.
- **SUNFIELDS EUROPE. Dimensionamiento y cálculos de paneles solares fotovoltaicos.** Disponible en:
<https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-calculo-paneles-solares-fotovoltaicos/>. Consultado el 5 de octubre del 2017.
- **SENCICO. Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario.** Disponible en:
<https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?id=80>. Consultado el 10 de octubre del 2017.
- **BOTERO BOTERO, Sergio. Análisis de los costos de capital en la generación de energía y su impacto en los mercados eléctricos de América latina.** Disponible en:
<http://www.vocesenelfenix.com/content/an%C3%A1lisis-de-los-costos-de-capital-o-inversi%C3%B3n-en-la-generaci%C3%B3n-de-energ%C3%AD-y-su-impacto-en-los>. Consultado el 8 de octubre del 2017

- **MH EDUCACION. Componentes de una instalación solar fotovoltaica.** Disponible en:
<http://assets.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.
Consultado el 12 de octubre del 2017.
- **OSINERGMIN. Ejecución de sistemas de puesta a tierra.** Disponible en:
<http://www.osinergminorienta.gob.pe/documents/54705/340006/capitulo+9.pdf>. Consultado el 14 de octubre del 2017.
- **HM SISTEMAS. Calculo de sección de cables.** Disponible en:
http://www.hmsistemas.es/shop/catalog/calculadora_seccion.php.
Consultado el 16 de octubre del 2017.
- **DELTA VOLT. Energias Renovables.** Disponible en:
<http://deltavolt.pe/energia-renovable/renovable-peru>. Consultado el 18 de octubre del 2017.

CAPITULO X

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
<p>Problema principal: ¿Cómo diseñar un sistema fotovoltaico autónomo 6 KW para la electrificación rural de las granjas - ganadera Santa Elena – Cañete?</p> <p>Problemas específicos ¿Cómo determinar la demanda de energía eléctrica que se requiere para proyectar el sistema fotovoltaico autónomo? ¿Cómo determinar la capacidad de energía solar? ¿Cómo determinar las dimensiones y equipos adecuados del sistema fotovoltaico?</p>	<p>Objetivo general: Diseñar un sistema fotovoltaico autónomo de 6 KW para la electrificación rural de las granjas - ganadera Santa Elena – Cañete.</p> <p>Objetivos específicos. Determinar la demanda de energía eléctrica que se requiere para proyectar el sistema fotovoltaico autónomo. Determinar la capacidad de energía solar. Determinar las dimensiones y equipos adecuados del sistema fotovoltaico.</p>	<p>Hipótesis general: Si se diseña un sistema fotovoltaico autónomo 6 KW se consigue cubrir los servicios de electrificación rural en las granjas - ganadera Santa Elena – Cañete.</p> <p>Hipótesis específicas Si se determina la demanda de energía eléctrica que se requiere se puede proyectar el sistema fotovoltaico autónomo. Si se determina la capacidad de energía solar se puede diseñar el sistema fotovoltaico autónomo. Si se determina las dimensiones y equipos adecuados del sistema, las granjas se pueden abastecer de energía eléctrica.</p>	<p>Variable Independiente: Sistema Fotovoltaico autónomo.</p> <p>Variable dependiente: Electrificación rural</p>	<p>Tipo de investigación: Investigación tecnológica.</p> <p>Método de investigacion: Dinámico.</p> <p>Diseño de la investigacion: Diseño no experimental</p>	<p>Población: La poblacion esta dada por la cantidad de granjas que existe en la zona, y son:</p> <p>Colinas Cerros Rocas Rocas 2 Piedras Lomas Roldan Malacuca Pedregal Pedregal 2</p>

Anexo 2: Ficha técnica del Foco de L.E.D.

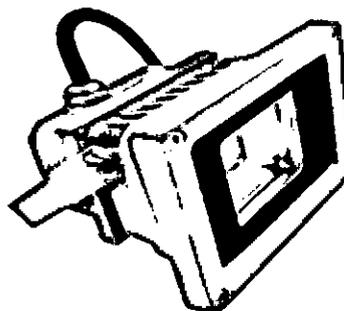
Foco de led 10W LED JND-7700N

Descripción

Foco de led 10W de alto rendimiento 10W de potencia con una iluminación semejante a uno de 50W de incandescencia.

Este tipo de foco LED es adecuado para la instalación tanto en interior como en exterior al tener una carcasa de aluminio estanca.

El foco led de 10W es de luz blanco natural 4.200°K (equivale a un fluorescente 840), este tipo de luz es la mas parecida a la luz natural con un buen equilibrio entre contraste y color.



Ficha técnica:

Referencia	JND-7700N
Potencia	10W
Color luz	4200°K
Angulo	120°
Flujo Luminoso	800 Lm
Lumen / Wat	80 Lm/wat
Matriz LED	1 x 10W
Alimentación	220VAC 50/60hz
Ra	Ra > 80
Temp operativa	-30 a +50°C
Carcasa	Aluminio y cristal
Protección IP	IP65
Duración media	25.000 horas
Dimensiones	113 x 88 x 88 mm
Peso	0,387 gramos
Certificados	CE y ROHS

Características:

Material	Aluminio y cristal
Angulo	120°
Carcasa	Gris oscura
Color Luz	4000K
Color Marco	Gris oscuro
Conector	Cable
Eficiencia	A+
Forma	Rectangular
Garantía	2 Años
Marca	Jandei
Montaje	Superficie
Pais	China
PF	0.7
Potencia	10W
Proteccion	IP65 - Exterior
Tipo	Proyector
Vida útil	35.000- 50.000H
Voltaje	240Vac

Anexo 3: Ficha técnica de la lámpara de mano.

LED lámpara de mano - LUX.PRO ME2608118

Descripcion

Temperatura de color: blanco (4000-4500K)

Cargador homologado por GS

Carcasa resistente a impacto y a golpes

Aumento de la temperatura imperceptible durante el funcionamiento (20 a 25 ° C)

Artículo nuevo, embalaje original

Datos técnicos:

Batería: 3,7V - 2000mAh

37 LED de luminosidad 13000 mcd cada uno

Medidas:

Longitud x Anchura x Altura: 24 x 15,5 x 18,5 cm



Incluye:

1 x linterna LED

1 x cargador 220V / Homologado por GS!

1 x 12V cargador para encendedor

Marca[LUX.PRO]

Autonomía: hasta 12 horas

La batería incorporada se puede cargar a través de adaptador de alimentación de 230 V o toma de corriente de 12V

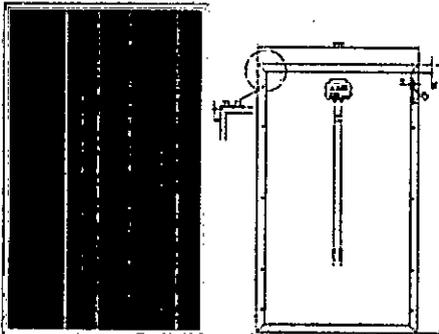
Anexo 4: Ficha técnica del panel solar.

EN

Specification | Photovoltaic Module



SIMAX 156 Solarmodule (SP660-230W-235W-240W-245W-250W)



Mechanical Characteristics

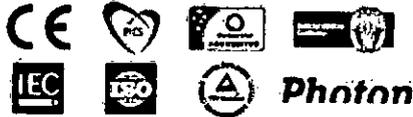
Solar Cell	Polycrystalline silicon 156x156(mm)
No. of Cells	60 (6 x 10)
Dimensions	1640 x 892 x 40 / 50 (mm)
Weight	20 kg
Front Glass	3.2mm (0.13 Inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

Output

Cable Type	Ø = 4 mm ²
Lengths	L = 900 mm
Junction Box	PV - JB003 MC4

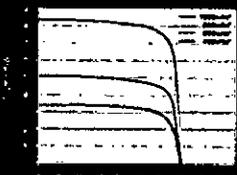
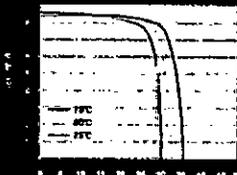
Temperature Coefficients

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of (P _{max})	-0.39% / °C
Temperature Coefficient of (V _{oc})	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of (I _{sc})	0.035% / °C



Parameters	SP660-230	SP660-235	SP660-240	SP660-245	SP660-250
Peak power [Wp] P _{max}	230W	235W	240W	245W	250W
Power Tolerance	0~+3%	0~+3%	0~+3%	0~+3%	0~+3%
Module Efficiency (%)	14.3%	14.5%	14.7%	14.8%	15.2%
Open circuit voltage [V] V _{oc}	36.6	37.2	37.2	37.2	37.8
Maximum Power Voltage [V] (V _{mp})	28.5	30.0	30.0	30.0	30.5
Maximum Power Current [A] (I _{mp})	7.80	7.83	8.00	8.17	8.20
Short circuit Current [A] (I _{sc})	8.42	8.46	8.65	8.74	8.85

STC: Irradiance : 1000 W/m²; Spectrum AM 1.5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s



- Provide the best solutions for photovoltaic power generation and technical support
- Provide Cost-effective products
- Provide 12 Years Quality Warranty
- Power out ≥ 90% in 10 years
- Power out ≥ 80% in 25 years

Simax Green New Energy (Europe) GmbH
 Mergenerstr. Allee 23 / 25
 85760 Eschborn / Germany
 Tel : +49 8198 9739 825
 Fax : +49 8198 5029 834
 info@simaxsolar.com
 www.simaxsolar.de

Simax (Beijing) Green New Energy Co., Ltd
 Address: No. 927 Guotou Road, Taicang city
 Jiangsu province, China
 PC: 215402
 Tel: +86 512 5337 8555
 Fax: +86 512 5337 8558
 info@simaxsolar.com
 www.simaxsolar.com

Simax (Australia) Green New Energy Pty Ltd
 5/78 Frankston Gardens Drive,
 Cammen Downs, VIC 3210
 Tel: +61 03 9705 7430
 Fax: +61 03 9705 7432
 info@simaxsolar.com
 www.simaxsolar.com.au

Anexo 5: Ficha técnica del acumulador de energía.



RA12-200 (12V200Ah)



RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards. With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security system applications.

Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	200Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 60.0 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Max. Discharge Current	2000A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 4 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C -60°C Charge: 0°C-50°C Storage: -20°C-60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 6°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/Unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current	60 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/Unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge rate less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F10/F16
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



MN1116



0402326-9734-16



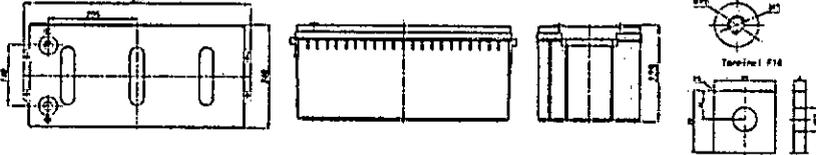
CERTIFICATE



CERTIFICATE

Dimensions

Unit: mm Dimension: 622(L) × 240(W) × 223(H)



Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.00V	569.6	426.7	344.7	200.8	124.8	77.07	52.38	42.23	35.06	23.09	20.81	11.22
10.0V	553.2	406.0	337.8	198.4	123.2	75.52	51.41	41.63	34.75	23.00	20.61	10.81
10.2V	536.8	391.7	332.3	195.3	122.0	74.72	50.95	41.22	34.52	22.79	20.40	10.61
10.5V	482.0	361.4	318.4	190.0	120.5	73.74	50.50	40.01	34.23	22.59	20.20	10.40
10.8V	435.1	329.6	291.7	183.7	118.8	73.14	49.91	39.22	34.06	22.50	20.02	10.30
11.1V	371.5	294.6	261.6	176.7	116.0	70.20	48.83	38.65	33.81	22.32	19.78	9.88

Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

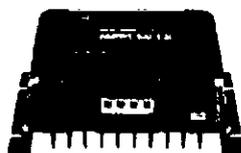
F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	5892	4544	3792	2300	1447	903.2	616.7	505.5	420.0	276.5	249.6	132.7
10.0V	5776	4405	3731	2270	1433	892.2	607.5	498.4	416.2	275.5	247.6	130.4
10.2V	5710	4289	3689	2257	1425	885.8	604.6	493.7	413.7	273.4	245.4	128.0
10.5V	5186	3994	3518	2211	1416	874.6	599.9	487.1	410.4	271.1	243.0	125.6
10.8V	4734	3681	3252	2158	1398	868.1	593.2	470.6	408.5	269.9	240.6	124.4
11.1V	4159	3326	2927	2099	1377	835.6	583.2	463.9	407.0	268.0	238.0	119.9

Anexo 6: Ficha técnica del controlador de carga.



Controlador de carga BlueSolar MPPT 100/30

www.victronenergy.com



Controlador de carga solar MPPT 100/30

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

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

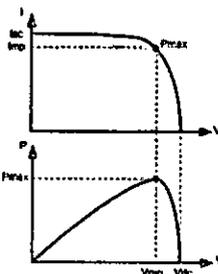
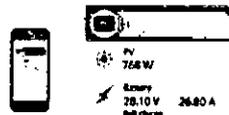
Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

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

Amplia protección electrónica
Protección de sobretensión y reducción de potencia
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles PV.
Protección de corriente inversa I.V.

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

Opciones de datos en pantalla en tiempo real
- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y...
- consulte "VELDirect" y la mochila Bluetooth Low Energy*
- Panel ColorControl



Seguimiento del punto de potencia máxima

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

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

Característica	MPPT 100/30
Tensión de la batería	Selección automática 12/24 V
Corriente máxima de salida	30 A
Potencia PV máxima, 12V / 16A	440 W (carga MPPT, 15 V a 80 V)
Potencia PV máxima, 24V / 16A	880 W (carga MPPT, 30 V a 80 V)
Tensión máxima del circuito abierto I.V.	180 V
Efficiencia máxima	95 %
Autoconsumo	10 mA
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 V / 30,8 V (ajustable)
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 V / 27,6 V (ajustable)
Algoritmo de carga	variable mediante app
Compensación de temperatura	-3 mV / °C, -33 mV / °C, emp
Protección	Fallo de inversa de la batería (bloquea, no activable por el usuario) Cortocircuito de salida Sobrecalentamiento
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 42°C)
Humedad	95 %, sin condensación
Puerto de comunicación de datos	VELDirect Cableado al libre blanco sobre comunicación de datos en puerto o vía serie
CARACTERÍSTICAS	
Cable	Alu (R4M 1013)
Temperatura de operación	13 mm ² / ANGS6
Tiempo de protección	0h3 (componentes electrónicos: 0h, 077 Días de garantía)
Peso	1,25 kg
Dimensiones (l x an x p)	150 x 105 x 70 mm
ESPECIFICACIONES	
Seguridad	EN60950

* El 50% de potencia PV conectada, el controlador limitará la potencia de salida a 400W o 800W, resp.
* La tensión PV debe estar en DV la tensión de la batería para que arranque el controlador.
* Una vez arrancada la tensión PV mínima será de 10V o 11V.

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1331 JG Almere | Países Bajos
Centralizar +31 (0)36 535 97 00 | Fax +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



Anexo 7: Ficha técnica del inversor.



Inversores Phoenix

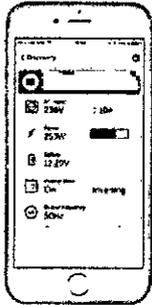
Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct



Phoenix 12/375 VE.Direct




Puerto de comunicación VE.Direct
El puerto VE.Direct puede conectarse a:

- Un ordenador (se necesita un cable de Interfaz VE.Direct a USB)
- Smartphones Apple y Android, tabletas, macbooks y demás dispositivos (se necesita una mochila VE.Direct a Bluetooth Smart)

Totamente configurable:

- Niveles de disparo de la alarma y restablecimiento por tensión baja de la batería.
- Niveles de desconexión y reinicio por tensión baja de la batería.
- Desconexión dinámica: nivel de desconexión dependiente de la carga
- Tensión de salida 210 - 245V
- Frecuencia 50 Hz o 60 Hz
- On/off del modo ECO y sensor de nivel del modo ECO

Seguimiento:

- Tensión y corriente de entrada/salida, % de carga y alarmas

Fiabilidad probada
La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años.
Los Inversores están a prueba de cortocircuitos y protegidos contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

Alta potencia de arranque
Necesaria para arrancar cargas como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

Modo ECO
En modo ECO, el Inversor se pondrá en espera cuando la carga descienda por debajo de un valor predeterminado (carga mínima: 15W). Una vez en espera, el Inversor se activará brevemente (ajustable: por defecto: cada 2,5 segundos). Si la carga excede el nivel predeterminado, el Inversor permanecerá encendido.

Interruptor on/off remoto
Se puede conectar un interruptor On/Off remoto a un conector bifásico o entre el positivo de la batería y el contacto de la izquierda del conector bifásico.

Diagnóstico LED
Por favor, consulte el manual para obtener su descripción.

Para transferir la carga a otra fuente CA: el conmutador de transferencia automático
Para nuestros Inversores de menor potencia recomendamos nuestro conmutador de transferencia automático Filax. El tiempo de conmutación del 'Filax' es muy corto (menos de 20 milisegundos), de manera que los ordenadores y demás equipos electrónicos continuarán funcionando sin interrupción.

Disponible con tres tomas de corriente distintas

Schuko	UK	AU/NZ	EC-320 (enchufe macho incluido)	Nema 5-15R
				

Bornes de tornillo
No se necesitan herramientas especiales para su instalación

Inversor Phoenix	17 250W 24 cables 48 cables	17 350 24/250 48/250	17 450 24/175 48/175	17 500 47/50 48/50	17 600 24/300 48/300	17 700 24/1200 48/1200
Potencia cont. a 25°C (1)		250VA	375VA	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. a 25°C / 40°C		200 / 175W	300 / 260W	400 / 350W	650 / 560W	1000 / 850W
Pico de potencia		400W	700W	900W	1500W	2200W
Tensión / frecuencia CA de salida (ajustable)		230VCA o 120VCA ± 7.3% 50Hz o 60Hz ± 0.1%				
Rango de tensión de entrada		9.2 - 17 / 18.4 - 34.0 / 36.8 - 62.0V				
Desconexión por CC baja (ajustable)		9.3 / 18.6 / 37.2V				
Dinámica (dependencia de la carga)		Descripción dinámica, ver https://www.victronenergy.com/pages/direct-phenix-inverter-dynamic-cutoff				
Desconexión por CC baja totalmente ajustable		10.9 / 21.8 / 43.6V				
Reinicio y alarma por CC baja (ajustable)		14.0 / 28.0 / 56.0V				
Detector de batería cargada (ajustable)						
Eficiencia máx.		87 / 88 / 89%	89 / 89 / 90%	90 / 90 / 91%	90 / 90 / 91%	91 / 91 / 92%
Consumo en vacío		4.2 / 5.2 / 7.0W	5.6 / 6.1 / 8.5W	6 / 6.5 / 9W	6.5 / 7 / 9.5W	7 / 8 / 10W
Consumo en vacío predeterminado en modo ECO (intervalo de retención 2.5 s. ajustable)		0.8 / 1.3 / 2.5W	0.9 / 1.4 / 2.6W	1 / 1.5 / 3.0W	1 / 1.5 / 3.0W	1 / 1.5 / 3.0
Ajuste de potencia de parada y arranque en modo FCO		Ajustable				
Protección (2)		a - f				
Rango de temperatura de trabajo		-40 to +65°C 80% (ajustado por ventilador) (reducción de potencia del 1.25% por cada °C por encima de 25°C)				
Humedad (sin condensación)		máx. 95%				
LAHAYANA						
Materiales y color		Chasis de acero y carcasa de plástico (anul RAL 5012)				
Conexión de la batería		Bornes de tornillo				
Sección de cable máxima:		10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	10mm ² / AWG8	25/10/10mm ² / AWG4/B/B	35/25/25 mm ² / AWG 2/A/A
Tomas de corriente CA estándar		230V: Schuko IECF 741, IEC 320 (incluye macho incluido) UK (BS 1363), AU/NT (AS/NZS 3112) 120V: Norma 5-15R P 21				
Tipo de protección						
Peso		2,6kg / 5,7lbs	3,0kg / 6,6lbs	3,9kg / 8,5lbs	5,5kg / 12lbs	7,4kg / 16,3lbs
Dimensiones (a x an x p en mm.) (A x an x p. pulgadas)		86 x 165 x 240 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 165 x 260 3.4 x 6.5 x 10.2	86 x 172 x 275 3.4 x 6.8 x 10.8	105 x 216 x 305 4.1 x 8.5 x 12.1 (12V modHo)	117 x 232 x 327 4.6 x 9.1 x 12.9 (12V modHo)
Accesorios						
On/Off remoto		Sí				
Conmutador de transferencia automático		F2a				
ESTANDARES						
Seguridad		EN IEC 60335-1 / EN IEC 62109-1				
FMC		EN 55014-1 / EN 55014-2 / IEC 61000-6-1 / IEC 61000-6-2 / IEC 61000-6-3				
Directiva de autotención		ECE R10-4				
1) Carga no lineal, factor de cresta 3:1						
2) Claves de protección:						
a) cortocircuito de salida						
b) sobrecarga						
c) tensión de la batería demasiado alta						
d) tensión de la batería demasiado baja						
e) temperatura demasiado alta						
f) ondulación CC demasiado alta						



Alarma de batería

Indica que la tensión está demasiado alta o demasiado baja por medio de una alarma visual y sonora y de un relé de señalización remota



Mochila VE.Direct o Bluetooth Smart.
(Debe pedirse por separado)



Monitor de baterías BMV

El monitor de baterías BMV dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de alta resolución para la medición de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o el tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

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

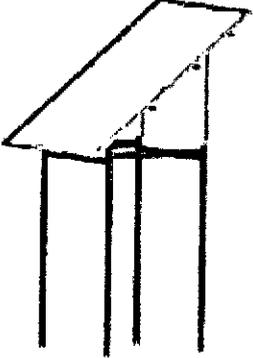
victron energy
SINCE 1986

Anexo 8: Diseño típico de estructuras elevadas para instalación de paneles solares.

Estructura elevada paneles solares 60 o 72 células



↑ Estructura paneles solares Estructura elevada paneles solares 60 o 72 células

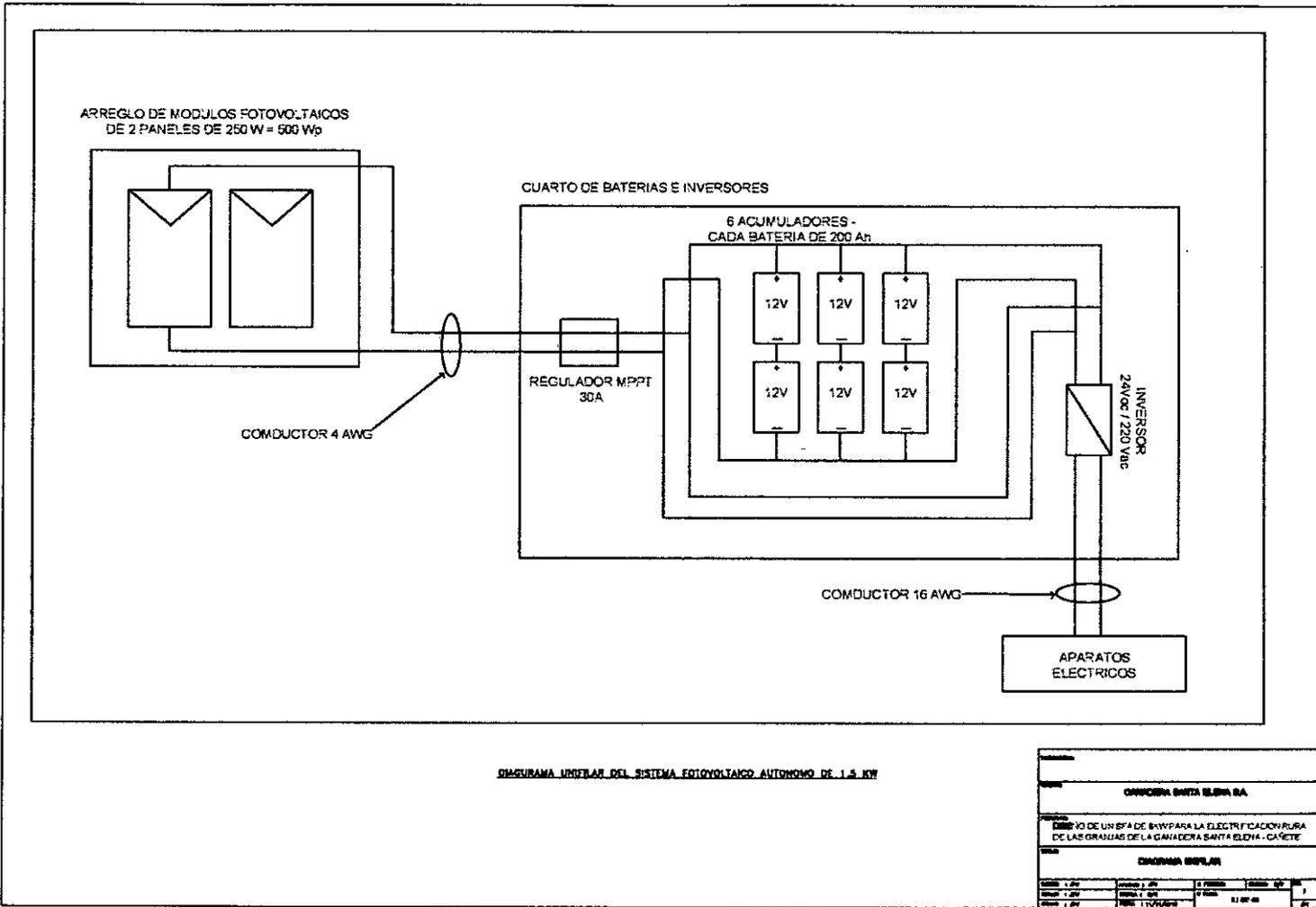


uctura elevada paneles solares 60 o 72 células

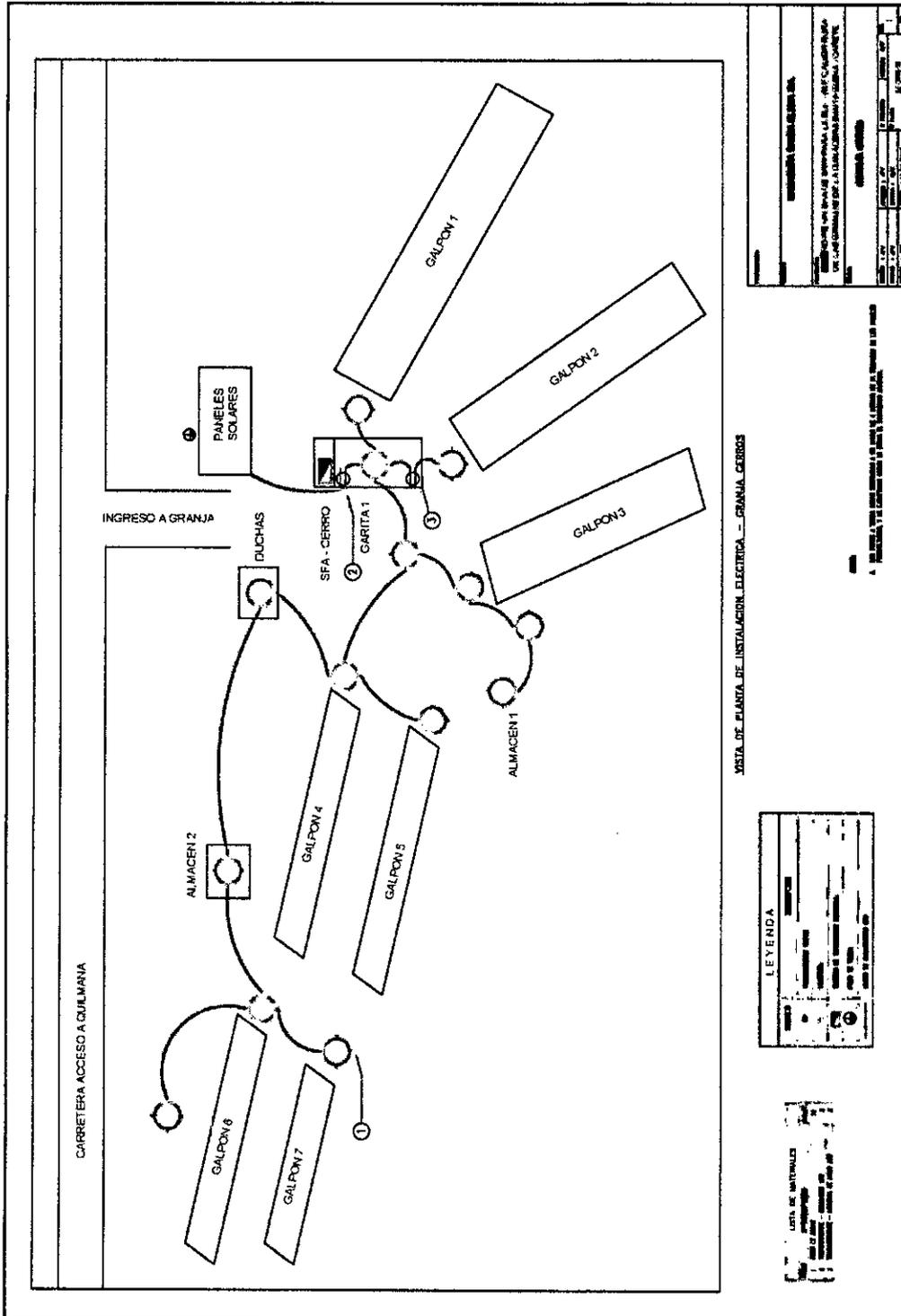
SOLARMAT

ctura solar para 4 paneles solares de 60 células o 72 células, especial antivandática. Eleva los paneles a de 3m de altura para evitar robos. Ideal para instalaciones fotovoltaicas rurales, como bombeo solar, itaciones agropecuarias, etc.

Anexo 9: Diagrama unifilar del sistema autónomo 1.5 KW. Para cada granja.



Anexo 11: Plano eléctrico – Granja Cerro.



VISTA DE PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA - GRANJA CERROS

INSTITUCION: INSTITUTO VECINAL DE QUILMANA PROYECTO: PROYECTO DE MEJORA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD VECINAL DE QUILMANA FECHA: 11/02/2010	
DISEÑADO POR: ING. CARLOS ALBERTO VILLALBA REVISADO POR: ING. CARLOS ALBERTO VILLALBA APROBADO POR: ING. CARLOS ALBERTO VILLALBA	ESCALA: 1:100 HOJA: 11 TOTAL: 11

LEYENDA

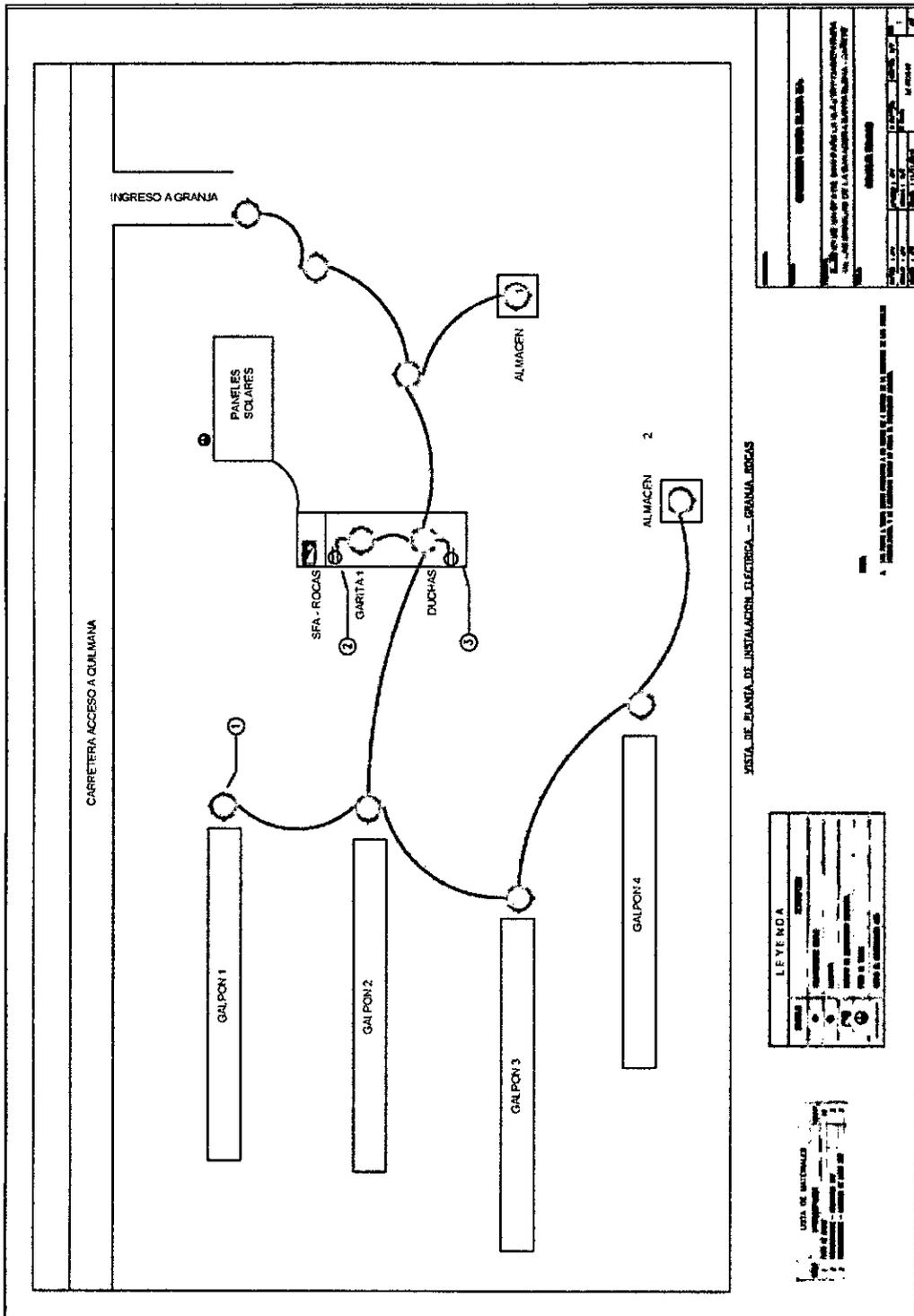
	GALPON
	ALMACEN
	SFA
	DUCHA
	PANELES SOLARES
	CARITA
	INGRESO
	CARRETERA

LISTA DE MATERIALES

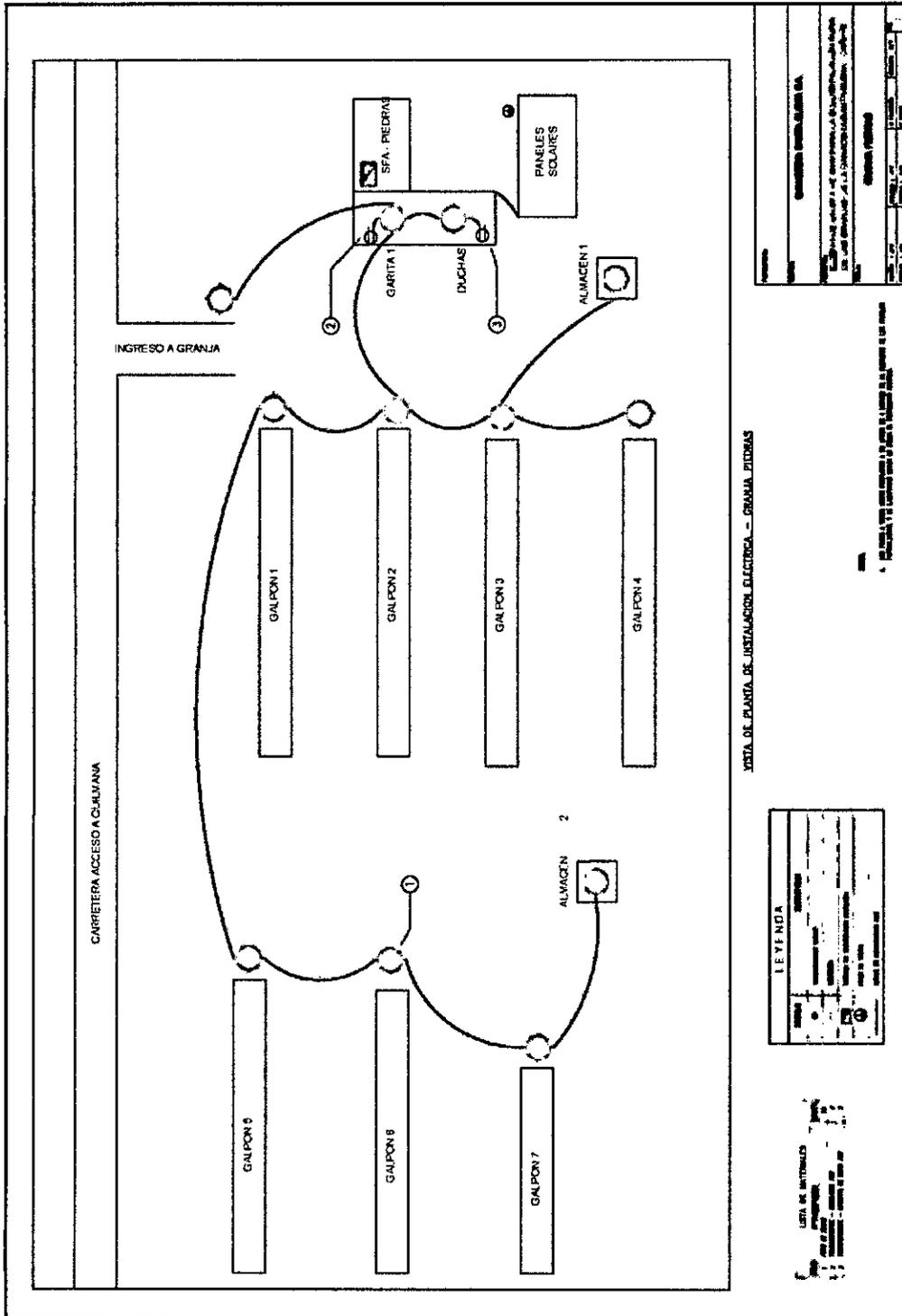
Material	Cantidad	Unidad
Cable	100	M
Conector	50	U
Interruptor	10	U
Alambres	20	M

4. ELABORADO POR: **ING. CARLOS ALBERTO VILLALBA**
 5. REVISADO POR: **ING. CARLOS ALBERTO VILLALBA**
 6. APROBADO POR: **ING. CARLOS ALBERTO VILLALBA**

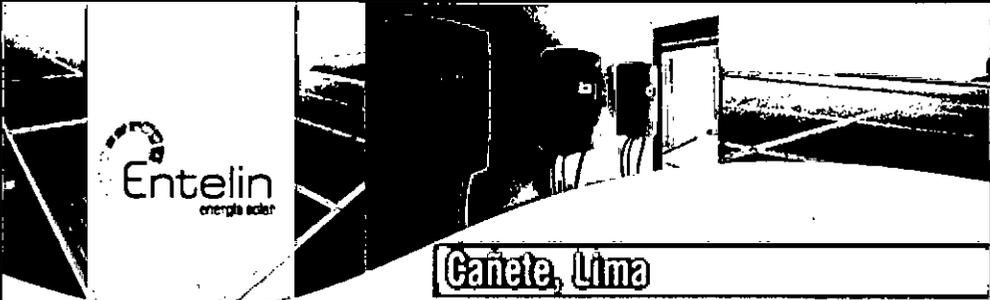
Anexo 12: Plano eléctrico – Granja Rocas.



Anexo 13: Plano eléctrico – Granja Piedras.



Anexo 14: Sistema fotovoltaico de 18 Kwp en planta BACKUS Y JOHNSTON S.A.A, Cañete, 2011.



Cañete, Lima

Alcance del proyecto:
El sistema tiene la capacidad de suministrar energía eléctrica de forma continua, mediante un arreglo de paneles solares, con una potencia instalada de 18kWp, la cual es empleada para cargar el banco de baterías que proporciona el respaldo energético a las cargas principales de la planta. De esta modo la empresa garantiza la operatividad de la planta cuando exista un corte de fluido eléctrico en la red.

 Sistema de almacenamiento:
2000Ah @48Vdc

 Potencia solar instalada:
18kWp
Sistema de conversión:
Entrada 24Vdc, Salida 18000W18kW @230Vac trifásico

Cliente: BACKUS Y JOHNSTON S.A.A.
Ciudad de instalación: Distrito San Vicente de Cañete, Provincia de Cañete, región Lima
Año Ejecución: 05 de Diciembre 2011
Objeto del contrato: Sistema de energía solar de 18 kWp conectado a red, con Backup de 2000 Ah para uso auxiliar en planta de la empresa BACKUS Y JOHNSTON S.A.A, sede cañete