UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

"DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°287 DE LA COMUNIDAD NATIVA VILLA GONZALO, DISTRITO RÍO SANTIAGO, PROVINCIA CONDORCANQUI, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS"

TESIS

PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

AUTORES:

Bach. CORREA MONTENEGRO HILTON JHOEL

Bach. GONZÁLES SILVA VICTOR JUAN

ASESOR:

Ing. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS

TITULO DE LA TESIS

"DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°287 DE LA COMUNIDAD NATIVA VILLA GONZALO, DISTRITO RÍO SANTIAGO, PROVINCIA CONDORCANQUI, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS"

Como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico.

Aceptada por la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

PRESENTADA POR

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
PRESIDENTE

Ing. Oscar Ucchelly Romero Cortez
SECRETARIO

Ing. Lucía Isabel Chamán Cabrera
VOCAL

LAMBAYEQUE, PERÚ
2018

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

"DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°287 DE LA COMUNIDAD NATIVA VILLA GONZALO, DISTRITO RÍO SANTIAGO, PROVINCIA CONDORCANQUI, DEPARTAMENTO DE AMAZONAS"

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Autores:

Bach. Correa Montenegro, Hilton Jhoel

Bach. Gonzáles Silva, Victor Juan

Ing. Oblitas Vera, Carlos Leonardo
Asesor

Lambayeque – Perú
2018

Dedicatoria:

A mis padres:

SEFERINO CORREA FONSECA

MARÍA ENA MONTENEGRO HEREDIA

Que, con su amor, paciencia y su digno ejemplo, guían mi camino y me apoyan en el logro de mis objetivos.

A mis hermanos:

CORREA MONTENEGRO CHARLES JHOSEP

CORREA MONTENEGRO NATALY TALIA

Quienes con su existencia llenan mi vida de felicidad y son la fuente de inspiración para ser cada día mejor.

HILTON JH. CORREA MONTENEGRO

A mis padres:

NORA TERESA SILVA CARRASCO

VICTOR RAÚL GONZÁLES SAMAMÉ

Que con su constante amor, paciencia y apoyo incondicional me ayudan y me animan a salir adelante, que están conmigo en las buenas y en las malas y que me brindan esa confianza franca y sincera.

Este y todos mis logros son sus logros, éste y todas mis metas cumplidas es de ustedes.

VICTOR JUAN GONZÁLES SILVA

Agradecimiento:

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a:

Dios, por ayudarme a cumplir mis metas profesionales dándome la fuerza para hacerlo.

Mis padres, quienes me enseñaron lo que es una vida consagrada al trabajo y llena de valores, por tenerlos a mi lado y tener la dicha de seguir aprendiendo de ellos.

Mis hermanos, que con su apoyo y crítica constructiva permitieron conocer nuestras debilidades, ayudándonos a esforzarnos por ser cada día mejor.

HILTON JH. CORREA MONTENEGRO

Agradezco en primer lugar a Dios por la oportunidad que me da día a día para corregir mis errores y ayudarme siempre a salir adelante.

A mis padres por los valores inculcados desde mi niñez, por brindarme su apoyo incondicional, por ser mi soporte en momentos de flaquezas y por creer en mí siempre.

VICTOR JUAN GONZÁLES SILVA

PRESENTACIÓN

En la Comunidad Nativa Villa Gonzalo ubicada en el distrito Río Santiago de la provincia Condorcanqui del departamento de Amazonas, se encuentra la institución educativa inicial N°287 la cual no cuenta con el servicio de energía eléctrica. La Institución Educativa cuenta con los siguientes equipos: 1 televisor led, 5 laptops, 1 proyector multimedia, 46 focos, 1 impresora, 2 equipos de sonido y cargar celulares los cuales se utilizarán 5 horas diarias aproximadamente.

Para cubrir esta necesidad se propone realizar el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica la cual consta de 8 paneles solares de 320Wp, 12 baterías de gel 225Ah/ 12Vcd, 1 controlador de carga MPPT 150/45, 1 inversor onda pura C48/3000w 230V/60Hz. El sistema fotovoltaico está diseñado para 3 días de autonomía, operando a una tensión de 48V.

Con este diseño de sistema fotovoltaico se satisface la demanda del consumo de energía eléctrica de la Institución Educativa.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo ubicada en el distrito Río Santiago de la provincia Condorcanqui del departamento de Amazonas. El objetivo de este trabajo de investigación es proponer el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica a la institución educativa de la comunidad debido a la ausencia del servicio eléctrico en redes de baja tensión, además de contribuir a la reducción de emisiones de CO_2.

Para el diseño del proyecto, desarrollado en el Capítulo III, se estudió la máxima demanda de energía eléctrica en la Institución Educativa N°287, se tuvo en cuenta los parámetros de dimensionamiento, así como la radiación solar que existe en la comunidad nativa usando datos de NASTEC y se evaluó varios equipos con distintas características para la correcta selección de los componentes a utilizar. Mediante cálculos matemáticos se determinó el número de paneles solares a utilizar, el tipo y numero de baterías, el regulador de carga adecuado, las características del inversor y la forma en que los equipos queden interconectados entre sí.

En el Capítulo IV se realizó los cálculos de costo en la generación de energía eléctrica utilizando grupo electrógeno, el presupuesto para la ejecución del proyecto y se determinó la rentabilidad del proyecto haciendo uso de herramientas financieras como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) considerando un tiempo de vida del proyecto de 20 años.

ABSTRACT

The present research work has been developed in Educational Institution N ° 287 of the Villa Gonzalo Native Community located in the Río Santiago district of the Condorcanqui province of the department of Amazonas. The objective of this research work is to propose the design of an autonomous photovoltaic system for the generation of electric power to the educational institution of the community due to the absence of electric service in low voltage networks, in addition to contributing to the reduction of emissions of CO2.

For the design of the project, developed in Chapter III, the maximum demand of electric power in the Educational Institution N ° 287 was studied, taking into account the sizing parameters as well as the solar radiation that exists in the native community using data from NASTEC and evaluated several equipment with different characteristics for the correct selection of the components to be used. Through mathematical calculations, the number of solar panels to be used, the type and number of batteries, the appropriate charge regulator, the characteristics of the inverter and the way in which the equipment is interconnected were determined.

In Chapter IV, cost calculations were made in the generation of electric power using a generator, the budget for project execution and the profitability of the project was determined using financial tools such as the Net Present Value (NPV) and the Rate Internal Return (IRR) considering a project life time of 20 years.

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global, también conocido como cambio climático, es un fenómeno que preocupa cada vez más al mundo ya que su avance está modificando cada uno de los aspectos naturales del planeta Tierra, cono nefastas consecuencias a corto y largo plazo. Se trata del creciente aumento de la temperatura terrestre a causa de la excesiva liberación de dióxido de carbono y otros gases que actúan atrapando el calor de la atmósfera.

De esta manera, con cada emisión se va formando una gruesa capa de gases que atrapa el calor del sol direccionándolo directamente sobre la superficie terrestre. Año tras año las actividades humanas que generan estos gases aumentan, aumentando así el proceso del calentamiento del planeta.

Este proyecto tiene la finalidad de implementar sistemas fotovoltaicos autónomos en comunidades que aún no cuentan con el servicio eléctrico, en algunos casos hay la necesidad de utilizar combustibles fósiles para generar energía eléctrica. La implementación de estos sistemas nos permitirá mejorar la calidad de vida de las personas y permitirá disminuir las emisiones de CO2 hacia la atmosfera y además contribuiremos con la protección del medio ambiente. El compromiso es capacitar a la población sobre la gran importancia que tiene la energía solar y sus diferentes aplicaciones y así lograr el desarrollo de muchas familias de nuestro país.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN 1
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 2
1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA 2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO 6
1.5 HIPÓTESIS 6
1.6 OBJETIVOS 6
1.6.1 Objetivo General 6
1.6.2 Objetivos Específicos 6
1.7 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 7
CAPÍTULOII: MARCO TEÓRICO 8
2.1 ANTECEDENTES 9
2.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL 12
2.3 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR RECURSOS RENOVABLES 12
2.3.1 Energía Geotérmica 12
2.3.2 Energía Hidráulica 13
2.3.3 Energía de la Biomasa 14
2.3.4 Energía Eólica 14
2.3.5 Energía Solar 15
2.4 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO 16
2.5 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PERÚ 18
2.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA 21
2.6.1 Energía Solar Fotovoltaica en el Mundo 21
2.6.2 Energía solar fotovoltaica en el Perú 24
2.6.3 Radiación Solar 26
2.7 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS 27
2.7.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos 28
2.7.1.1 Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica 28
2.7.1.2 Sistema Fotovoltaico Autónomo 29
2.7.2 Aplicaciones de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos 29
2.7.3 Componentes de un sistema Fotovoltaico Autónomo 30
2.7.3.1 Módulo Fotovoltaico 31
2.7.3.2 Acumuladores o Baterías 36
2.7.3.3 Controlador de Carga 40
2.7.3.4 Inversor 43
2.7.3.5 Cableado del sistema 45
CAPÍTULO III: DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO 48
3.1 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO 49
3.1.1 Determinación de los consumos 49
3.1.2 Parámetros de Dimensionamiento 51
3.1.3 Radiación de la Zona 51
3.1.4 Generador Fotovoltaico 52
3.1.5 Capacidad de las Baterías 56
3.1.6 Cálculo de la Corriente del Controlador de Carga 59
3.1.7 Cálculo de la Potencia del Inversor 62
3.1.8 Cálculo del calibre de los Conductores Eléctricos 63
3.2 HOJAS DE CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO 65
3.3 Selección de Componentes del Sistema Fotovoltaico 68
3.3.1 Módulo Fotovoltaico 68
3.3.2 Baterías 69
3.3.3 Controlador de Carga 70
3.3.4 Inversor 72

3.4 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO 74
3.5 ENERGIA GENERADA 78
3.5.1 Energía generada con el sistema convencional 78
3.5.2 Energía generada con el sistema fotovoltaico autónomo 79
CAPÍTULOIV: ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO 82
4.1 Costos de generación de energía – SISTEMA CONVENCIONAL 83
4.2 Inversión del Proyecto 83
4.3 Flujo de Caja 85
4.3.1 Flujo de caja proyectado 85
2.7.3.1 Los ingresos y egresos 85
4.4 RENTABILIDAD DEL PROYECTO 88
4.4.1 Indicadores 88
4.4.1.1 Valor Actual Neto (VAN) 88
4.4.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR) 89
CAPÍTULOV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 92
CONCLUSIONES 93
RECOMENDACIONES 95
BIBLIOGRAFÍA 96
ANEXOS 100
ANEXO A: Radiación Solar según software de dimensionamiento NASTEC 101
ANEXO B: Especificaciones técnicas del panel solAr 102
ANEXO C: Especificaciones técnicas de la batería solar 104
ANEXO D: Especificaciones técnicas del controlador de carga 105
ANEXO E: Especificaciones técnicas del inversor 106
ANEXO F: Especificaciones técnicas del cable THW-90 107
ANEXO G: diagrama unifilar del Sistema Fotovoltaico Autónomo 109
ANEXO H: Plano de la estructura para los módulos fotovoltaicos 110
ANEXO I: Plano de Diseño del Sistema Fotovoltaico Autónomo 111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de Cargas *49*
Tabla 2: Consumo de Energía *50*
Tabla 3: Parámetros de Dimensionamiento *51*
Tabla 4: Radiación Solar – Institución Educativa N°287 ..... *52*
Tabla 5: Características del módulo Yingli Solar 250Wp *54*
Tabla 6: Número de Paneles de 250Wp *54*
Tabla 7: Características del módulo CNBM Solar de 280Wp *54*
Tabla 8: Número de paneles de 280Wp *55*
Tabla 9: Características del módulo Jinko Solar de 320Wp *55*
Tabla 10: Número de Paneles de 320Wp *56*
Tabla 11: Características Batería de Plomo-Ácido 12Vdc/260Ah *58*
Tabla 12: Capacidad de Batería de Ácido - Plomo 12Vdc/260Ah *58*
Tabla 13: Características Batería de GEL 12Vdc/225Ah *58*
Tabla 14: Capacidad de Batería de GEL de 12Vdc/225Ah *59*
Tabla 15: Características eléctricas del arreglo FV con paneles de 250Wp *60*
Tabla 16: Características eléctricas del arreglo FV con paneles de 280Wp *60*
Tabla 17: Características eléctricas del arreglo FV con paneles de 320Wp *60*
Tabla 18: Características del controlador MorningStar TS-MPPT-45 ..... *61*
Tabla 19: Características del controlador BlueSolar MPPT 150/45 ..... *61*
Tabla 20: Características del controlador PWM EPSOLAR VS6048AU *62*
Tabla 21: Características Inversor Onda Pura C48/3000 Phoenix Victron *63*
Tabla 22: Características del Panel Jinko Solar *69*
Tabla 23: Características Batería de GEL *70*
Tabla 24: Características Generales Controlador MPPT 150/45 Victron Energy *71*
Tabla 25: Características Generales Inversor C48/3000W Victron Energy *73*
Tabla 26: Balance Energía Generada – Consumida con el Sistema Convencional *78*
Tabla 27: Balance de Energía Generada – Energía Consumida con Sistema FVA *80*
Tabla 28: Costo de Generación – Sistema Convencional *83*
Tabla 29: Costos de Mantenimiento del Grupo Electrógeno *83*
Tabla 30: Costo de Suministro de Equipos *84*
Tabla 31: Presupuesto del Proyecto *85*
Tabla 32: Precios de Equipos *86*
Tabla 33: Egresos anuales *86*
Tabla 34: Indicadores de Rentabilidad *90*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa del Distrito Río Santiago 3
Figura 2: Ubicación Comunidad Nativa Villa Gonzalo 4
Figura 3: Comunidad Nativa Villa Gonzalo 4
Figura 4: Institución Educativa N°287 5
Figura 5: Energía Geotérmica 13
Figura 6: Energía Hidráulica 13
Figura 7: Energía de la Biomasa 14
Figura 8: Energía Eólica 15
Figura 9: Energía Solar 15
Figura 10: Crecimiento de las Energías Renovables 16
Figura 11: Generación de Energías Renovables en el Perú 20
Figura 12: Energías Renovables en el Perú 20
Figura 13: Evolución de las Instalaciones Fotovoltaicas Mundiales Anuales 22
Figura 14: Potencia Instalada 2015 23
Figura 15: Aportación Fotovoltaica por zona a la Potencia Instalada Global 23
Figura 16: Parque Solar Kurnool Ultra Mega Solar Park - India 24
Figura 17: Central Solar Repartición 20T – La Joya 25
Figura 18: Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Convencional 28
Figura 19: Sistema Fotovoltaico Autónomo 29
Figura 20: Panel Solar Monocristalino 31
Figura 21: Panel Solar Policristalino 32
Figura 22: Panel Solar Amorfo 33
Figura 23: Diferencias entre los tipos de paneles solares 33
Figura 24: Parámetros Eléctricos de un panel solar 33
Figura 25: Orientación e inclinación de un panel solar 35
Figura 26: Conexión mixta de paneles solares 36
Figura 27: Relación potencia del sistema con tensión de trabajo 38
Figura 28: Acumuladores o Baterías 39
Figura 29: Conexiones de baterías 40
Figura 30: Controladores de carga PWM y MPPT respectivamente 43
Figura 31: Formas de onda de los inversores 45
Figura 32: Caída de tensión en un sistema fotovoltaico 46
Figura 33: Cable THW-90 47
Figura 34: Datos técnicos THW-90 64
Figura 35: Ingreso de datos 66
Figura 36: Radiación del lugar 66
Figura 37: Calculo del Sistema Fotovoltaico 67
Figura 38: Suministro de Equipos 68
Figura 39: Jinko Solar 320Wp 69
Figura 40: Batería Ritar DG 12-225 70
Figura 41: Controlador MPPT 150/45 72
Figura 42: Inversor Victron Phoenix 48/3000 73
Figura 43: Conexión Baterías – Controlador de Carga 74
Figura 44: Conexión Baterías – Inversor 75
Figura 45: Estructura para los Paneles Solares 76
Figura 46: Diagrama Unifilar Sistema Fotovoltaico Autónomo 76
Figura 47: Diseño del Sistema Fotovoltaico Autónomo 77
Figura 48: Balance de Energía (Kwh/mes) - Sistema Convencional 79
Figura 49: Energía Diaria Generada (Wh/día) por los Paneles Solares 80
Figura 50: Balance de Energía (Kwh/mes) – Sistema Fotovoltaico Autónomo 81
Figura 51: Costo Equipos 84
Figura 52: Flujo de Caja Proyectado en un horizonte de 20 años 87
Figura 53: Gráfica VAN y TIR 91

CAPÍTULO I: ***PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN***

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La Comunidad Nativa Villa Gonzalo está ubicada en el distrito Río Santiago perteneciente a la provincia Condorcanqui del departamento de Amazonas, en la cual se encuentra la Institución Educativa N°287 modalidad Inicial – Jardín en donde se brinda enseñanza educativa desde el año 2008 a los menores de la comunidad y que hasta finales del 2015 utilizó un grupo electrógeno diésel en la generación de energía eléctrica. Este sistema le permitía cubrir la demanda eléctrica a la institución educativa, pero a su vez ocasionaba mucho ruido en su funcionamiento y la constante emisión de gases contaminantes al medio ambiente, además, este sistema le generaba un gasto de dinero considerable en la generación de energía eléctrica.

El motivo por el cual utilizaban el grupo electrógeno se debe a que la comunidad no cuenta con redes de distribución de energía eléctrica ni en media tensión ni en baja tensión; debido a que el último lugar en donde existen redes de distribución es la localidad de Puerto Galilea, capital del distrito Río Santiago.

Siendo el servicio eléctrico una necesidad primordial para la Institución Educativa se propone la generación de energía eléctrica haciendo uso de las energías renovables, energía solar, aprovechando la gran radiación que existe en la zona.

1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El distrito de Río Santiago es uno de los tres distritos de la Provincia de Condorcanqui, ubicado en el Departamento de Amazonas, en el norte del Perú, en el territorio que comprende básicamente la cuenca del río Santiago. Limita por el norte con el Ecuador; por el este con el Departamento de

Loreto; por el sur con el distrito de Nieva y por el oeste con el distrito de El Cenepa (1).

Figura 1: Mapa del Distrito Río Santiago

Fuente URL: http://noticiaskanus.blogspot.pe/2008/11/mapa-distrito-de-rio-santiago-amazonas.html

El distrito fue creado el 18 de Mayo de 1984 en el segundo gobierno del Presidente Fernando Belaunde Terry, con su capital Puerto Galilea, posee una extensión de 8,035.28 km2 que forma el 36.8% del territorio del Alto Marañón, con una población estimada de 14,000 habitantes y densidad poblacional de 1.2hab/Km2, cuenta con una población de características netamente rural y constituida por 59 comunidades ubicadas principalmente en las riberas del río, se trata de comunidades nativas de los pueblos indígenas Wampis y Awajun.

La Comunidad Nativa Villa Gonzalo es una de las 59 comunidades del Distrito Río Santiago, es una comunidad cuya etnia pertenece a los Wampis, con lenguaje oficial, Wampis (2)

Figura 2: Ubicación Comunidad Nativa Villa Gonzalo

Fuente URL: http://escale.minedu.gob.pe/PadronWeb/info/ce?cod_mod=1365501&anexo=0

Las familias se dedican al cultivo de yuca, papaya, plátano y cacao, cuidado de pisi granjas y de animales silvestres, además, pertenece al programa "Bosques", en el cual desarrollan un conjunto de proyectos que les ayuda a tener actividades económicas sostenibles mediante el compromiso de la comunidad de mantener y conservar una determinada superficie de bosques evitando así la tala y quema ilegal, recibiendo 10 soles por hectárea por año durante 5 años en el cual la comunidad se ha comprometido a conservar 75000 hectáreas de bosques y con eso financiar las actividades productivas que realiza generándole ingresos económicos.

Figura 3: Comunidad Nativa Villa Gonzalo

Fuente: Elaboración Propia

Figura 4: Institución Educativa N°287

Fuente: Elaboración Propia

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, hasta el año 2015 contó con suministro de energía eléctrica haciendo uso de un grupo electrógeno, llegando a generar grandes costos en la generación de electricidad, debido a que los centros de abastecimiento de combustible se encuentran muy alejados de la comunidad. Utilizó este sistema tradicional de generación de energía ya que no hay redes de distribución de energía eléctrica en la zona.

El principal problema es la falta de energía eléctrica en la institución educativa que permita satisfacer la demanda de consumo de los artefactos que se van a implementar.

Debido a esta problemática se propone diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica en la Institución Educativa N°287 a través de paneles fotovoltaicos, controlador de carga, acumuladores de energía e inversor; evitando así la emisión de gases contaminantes al medio ambiente y disminuyendo costos en la generación de energía eléctrica.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO

¿Cómo realizar el Diseño de un Sistema Fotovoltaico Autónomo para la Generación de Energía Eléctrica en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, Distrito Río Santiago, Provincia Condorcanqui, Departamento de Amazonas?

1.5 HIPÓTESIS

Si se Diseña un Sistema Fotovoltaico Autónomo, soportado en las teorías de energías renovables, entonces se podrá Generar Energía Eléctrica en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, Distrito Río Santiago, Provincia Condorcanqui, Departamento de Amazonas.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Diseñar un Sistema Fotovoltaico Autónomo para la Generación de Energía Eléctrica en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, Distrito Río Santiago, Provincia Condorcanqui, Departamento de Amazonas.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Estudiar los diferentes tipos de Sistemas Fotovoltaicos para determinar cuál se adecúa mejor a la realidad geográfica de la localidad.
- Calcular el consumo de energía eléctrica de la Institución Educativa N°287 para dimensionar correctamente el sistema fotovoltaico.
- Realizar el correcto dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico utilizando el software Excel.

- Realizar el estudio detallado de los equipos que conforman un Sistema Fotovoltaico para la selección adecuada.
- Calcular el presupuesto de inversión del Sistema Fotovoltaico.
- Determinar la rentabilidad del proyecto utilizando las herramientas financieras VAN y TIR.

1.7 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Para una comunidad nativa alejada de las grandes ciudades en donde aún no existe suministro de red eléctrica convencional, los Sistemas Fotovoltaicos mediante la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables como la radiación solar, se convierte en una alternativa energética importante.

El aporte de este proyecto es proponer el Diseño de un sistema Fotovoltaico Autónomo para la Generación de Energía Eléctrica en la Institución Educativa N°287 de la Comunidad Nativa Villa Gonzalo, distrito Río Santiago, provincia Condorcanqui, departamento de Amazonas, el cual le permitirá satisfacer la demanda de consumo de energía eléctrica de los equipos y/o artefactos que se desean implementar en dicha institución.

El desarrollo de esta fuente renovable de energía brinda grandes ventajas en el uso doméstico y comercial permitiendo reemplazar las diferentes formas de generación de electricidad y aportando al cuidado del medio ambiente.

CAPÍTULOII: ***MARCO TEÓRICO***

2.1 ANTECEDENTES

Se tiene que aclarar que anteriormente no se ha realizado ningún proyecto relacionado al tema en la Comunidad Nativa Villa Gonzalo.

TÍTULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO FOTOVOLTAICO PARA UNA COMUNIDAD AISLADA”

AUTOR:

Carlos Roberto Prado Mora

Escuela de Ingeniería Eléctrica

Facultad de Ingeniería

Universidad de Costa Rica

Costa Rica, 2008

RESUMEN: En el presente proyecto se realiza el diseño de un sistema de electrificación híbrido fotovoltaico (generador fotovoltaico – moto generador) para abastecer el consumo eléctrico de una comunidad de aproximadamente 130 casas ubicada en la Isla Cartí en el Golfo de San Blas en Panamá. Inicialmente se realiza una investigación sobre la forma en que se realiza la conversión de energía solar en electricidad a partir de las celdas solares, componente básico de los paneles solares que se emplean para formar el generador eléctrico fotovoltaico. Seguidamente, se analiza el funcionamiento de sistemas fotovoltaicos autónomos, sus principales componentes y las recomendaciones que deben tomarse en cuenta a la hora de realizar el dimensionamiento y la escogencia de los equipos a utilizar. En la segunda parte del trabajo se estima el nivel de radiación solar promedio en la zona de interés, así como el consumo eléctrico diario debido a las cargas conectadas

actualmente en la isla; se compilan además datos sobre precios de una amplia variedad de equipos para aplicaciones fotovoltaicas, a partir de los cuales se realiza un cálculo del presupuesto inicial total necesario para la implementación del proyecto. Finalmente se ofrece una posibilidad de financiamiento para el proyecto considerando las condiciones del mismo.

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL RESTAURANT EL CRUCEÑITO, UBICADO EN EL KM 901, CARRETERA LAMBAYEQUE – PIURA”

AUTOR:

Llauce Chozo, Anthony Joel

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Perú, 2016

RESUMEN: El presente proyecto de investigación se ha desarrollado en el restaurante “El Cruceñito”, ubicado en el KM 901, carretera Lambayeque – Piura; debido a que este se encuentra en un lugar donde no hay el servicio eléctrico en redes de baja tensión, se optó por la implementación de un sistema fotovoltaico comercial, reemplazando la generación eléctrica de un motor diésel.

El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar técnica y económicamente la implementación de un sistema fotovoltaico (SFV) autónomo en la generación de energía eléctrica y así proponer que estos

sistemas sean implementados a comunidades de nuestra región que aún no cuentan con el suministro eléctrico, además de contribuir a la reducción de emisiones de CO2, así mismo capacitar a la población sobre la gran importancia que tiene la energía solar y sus diferentes aplicaciones. Por otra parte, este tipo de tecnología presenta numerosas ventajas: instalación simple, emplea una fuente de energía limpia y gratuita, su operación es automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento y es amigable con el ambiente.

Para el desarrollo del proyecto se realizó el estudio de la máxima demanda de energía eléctrica en el restaurant “El Cruceñito” propiedad del Sr. Orlando Santamaría Baldera y así aplicarla al diseño. Se tuvo en cuenta la radiación solar que existe en la región de Piura usando datos estadísticos de NASTEC y de esta manera poder seleccionar los componentes a utilizar. La orientación del panel fotovoltaico tendrá la inclinación adecuada para captar la mayor radiación posible y nuestro sistema sea lo más eficiente posible. La potencia requerida para el sistema es de 870Wp que se obtuvo según cálculos y cada panel tendrá una potencia de 145Wp para que su funcionamiento sea con total eficiencia.

Al realizar el presente trabajo se logró determinar que el sistema fotovoltaico autónomo a implementar si es económicamente rentable, satisfaciendo la demanda eléctrica considerada en el proyecto, el cual me permitirá reducir el consumo de combustible diésel en 912 galones/año. Se recomienda difundir y apoyar la investigación sobre este tipo de tecnología y así desarrollar proyectos en beneficio de comunidades que aún no tienen el servicio de electricidad en sus domicilios.

2.2 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL

Se denomina energía convencional a los productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios). El único origen posible de toda energía secundaria es un centro de transformación y, el único destino posible un centro de consumo.

Este proceso de transformación puede ser físico, químico o bioquímico modificándose así sus características iniciales.

2.3 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR RECURSOS RENOVABLES

Se denomina Energía Renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales.

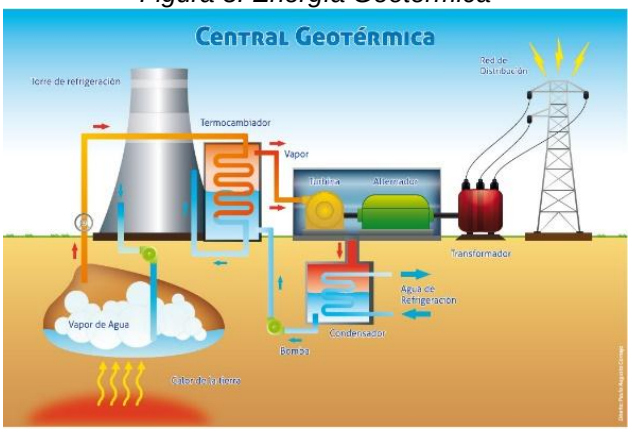
En consideración a su grado de desarrollo tecnológico y a su nivel de penetración en la matriz energética de los países, las energías renovables se clasifican en Energías Renovables Convencionales y Energías Renovables no Convencionales. Dentro de las primeras se considera a las grandes centrales hidroeléctricas; mientras que dentro de las segundas se ubica a las generadoras eólicas, solares fotovoltaicos, geotérmicas, de biomasa y las pequeñas hidroeléctricas (3).

2.3.1 Energía Geotérmica

En la investigación denominada “¿Qué es la energía geotérmica?” define a la energía geotérmica: La energía almacenada en forma de calor en el interior de la tierra. Esta definición incluye el calor que se encuentra en las rocas, suelo y aguas térmicas, cualquiera sea su temperatura, profundidad o

procedencia. En la actualidad, está considerada como una fuente de energía renovable abundante y de explotación viable (4).

Figura 5: Energía Geotérmica



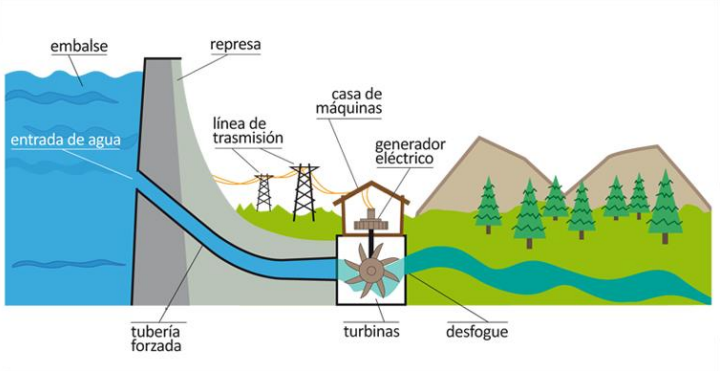
Fuente URL: http://www.mendozapost.com/nota/20633-la-energia-geotermica-ya-se-aplica-en-un-edificio-publico-de-mendoza/

2.3.2 Energía Hidráulica

En la investigación denominada "¿Qué es la energía hidráulica?" define la energía hidráulica: Se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente del agua o los saltos de agua naturales.

Para conseguir la generación de energía se aprovechan los recursos tal y como surgen en la naturaleza (cataratas, gargantas, etc.) o se construyen presas. Las instalaciones más comunes hoy en día son las centrales hidroeléctricas (5).

Figura 6: Energía Hidráulica

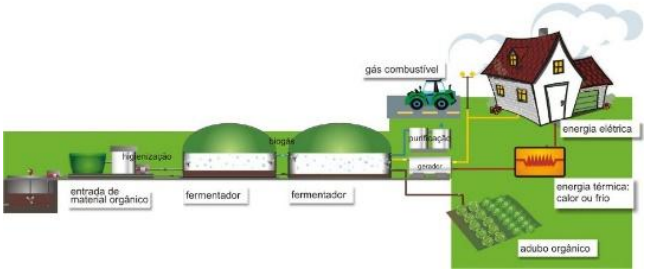


Fuente URL: http://mshidraulica.blogspot.pe/

2.3.3 Energía de la Biomasa

En el artículo denominado “Fuentes de energía y su impacto en el medio ambiente” define a la energía de la biomasa: Es la que se obtiene de los componentes orgánicos mediante procesos naturales. Con el término biomasa se alude a la energía solar, convertida en materia orgánica por la vegetación, que se puede recuperar por combustión directa o transformando esa materia en otros combustibles, como alcohol, metanol o aceite. También se puede obtener biogás, de composición parecida al gas natural a partir de desechos orgánicos (6) .

Figura 7: Energía de la Biomasa



Fuente URL: http://upload.commons/2/2a/Usinabiogas.JPG

2.3.4 Energía Eólica

En el artículo denominado “¿Qué es la energía eólica?” define a la energía eólica: La energía que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. Para ello se hace uso de los aerogeneradores, los cuales mueven una turbina y consiguen transformar la energía cinética del viento en energía mecánica. La cantidad de energía que se puede obtener está en función del tamaño del “molino”. A mayor longitud de las aspas, se obtiene más potencia y por lo tanto más energía. El tamaño de estos modernos molinos de viento suele variar ya que existen unidades que van desde los 40W y un diámetro de 3m., los cuales son usados para uso doméstico de las casas, hasta los

aerogeneradores comerciales instalados por empresa de electricidad que llegan a tener una potencia de 2.5MW y 80m. de diámetro de aspas (7) .

Figura 8: Energía Eólica

Fuente URL: http://mundogeo.com/es/blog/2013/04/05/gmv-trabaja-para-ofrecer-servicios-a-la-industria-de-la-energia-eolica/

2.3.5 Energía Solar

La energía solar es la que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta principalmente) procedente del sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas: por conversión térmica de alta temperatura (sistema foto térmico) y por conversión fotovoltaica (sistema fotovoltaico.

Figura 9: Energía Solar

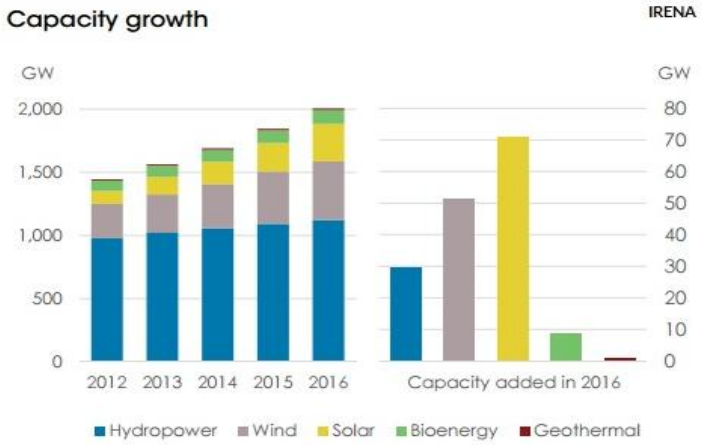
Fuente URL: http://www.weg.net/institutional/BR/pt/solutions/solar-energy

2.4 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO

En el año 2017 el sitio web “Ecopost”, realizó una investigación se concluyó con lo siguiente: La capacidad mundial de generación de energías renovables aumentó en 161 gigavatios (GW) en el 2016, lo que lo convierte en el año más fuerte en nuevas adiciones de capacidad, según los datos publicados por la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA). Las últimas estadísticas estiman que a finales del 2015 la capacidad de energía renovable del mundo llegó a 2.006GW en el 2016, año en el que el crecimiento de la energía solar superó a la energía eólica.

Los nuevos datos de IRENA muestran que las adiciones del año pasado aumentaron la capacidad de energías renovables del mundo en un 8.7%, con un record de 71GW de nueva energía solar que lideró el crecimiento. En 2016 el crecimiento de la energía solar superó a la energía eólica, que aumentó en 51GW, mientras que la energía hidroeléctrica y la bioenergía aumentaron 30GW y 9GW respectivamente, que registró su mejor año en crecimiento. La capacidad de energía geotérmica aumentó en poco menos de 1GW (8) .

Figura 10: Crecimiento de las Energías Renovables



Fuente URL: https://www.ecopost.info/2016-ano-record-la-renovables-mundo/

- **Energía Hidráulica:**

Aproximadamente la mitad de la nueva capacidad se instaló en Brasil y China (14.6GW en total). Otros países con mayor expansión hidráulica (más de 1GW) incluyen: Canadá, Ecuador, Etiopía e India.

- **Energía eólica:**

Casi tres cuartas partes de la nueva capacidad de energía eólica se instaló en tan solo cuatro países: China (19GW), EE.UU. (9Gw), Alemania (5GW) e India (4GW). Brasil siguió mostrando un fuerte crecimiento con un incremento de 2GW en 2016.

- **Biomasa:**

La mayor parte de la capacidad de expansión de la bioenergía se produjo en Asia (5.9GW); Europa (1.3GW) y América del Sur (0.9GW) fueron las otras dos regiones en las que la capacidad bioenergética se amplió de manera significativa.

- **Energía Solar:**

Asia registró el mayor crecimiento en capacidad solar el año pasado con una capacidad de 139GW de los cuales casi la mitad de toda la nueva capacidad solar se instaló en China (34GW). Otros países con una importante expansión incluyen: EE.UU. (11GW), Japón (8GW) e India (4GW). En Europa la capacidad solar creció en 5GW alcanzando los 104GW, con los mayores aumentos en Alemania y el Reino Unido.

- **Energía Geotérmica:**

La capacidad de energía geotérmica se incrementó en 780Mw, con ampliaciones en Kenia (485MW), Turquía (150MW), Indonesia (95MW) e Italia (55MW).

2.5 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PERÚ

En el año 2017 el sitio web “DeltaVolt”, realizó una investigación se concluyó con lo siguiente: En la primera década de los años 2000, el gobierno retomó sus intereses e inversiones en una producción de electricidad diversificada, que incluye la energía renovable tradicional y moderna.

En Abril del 2010 a través de un proceso de licitación de OSINERGMIN, Perú se comprometió en construir tres parques eólicos, cuatro plantas solares, dos plantas de biomasa y 17 pequeñas hidroeléctricas con una capacidad de generación total de 411.7MW.

Desde marzo del 2016 todas las instalaciones están en funcionamiento, aunque actualmente representa alrededor del 3% total de la producción nacional.

Energía Eólica:

Actualmente hay 4 parques eólicos en operación. El 2 de Mayo del 2014 se inauguró el primer parque eólico en Marcona (Ica), la cual genera 32MW con 11 turbinas modernas (cada una con diámetro de 108m). El 3 de Setiembre del 2014 empezó la operación de los parques eólicos de Cupisnique (Pacasmayo, La Libertad) con 83.15MW y Talara (Piura) con 30.86MW. Desde el 11 de Marzo del 2016 el parque eólico Tres Hermanas (Ica) genera una capacidad nominal de 97.15MW., las cuales son inyectadas a la red.

La capacidad nominal de todos los parques eólicos conectada a la red pública es de 239MW (9).

Energía Solar Fotovoltaica:

En Noviembre del 2012 fue inaugurada la primera planta “Tacna Solar” (Tacna) el cual aporta 50.000MW/h al año a la red eléctrica. El 31 de Diciembre del 2014, la quinta planta con 19MWp fue puesta en operación cerca de Moquegua.

Actualmente operan cinco parques solares conectados a la red con una capacidad instalada nominal de 96MWp, todos conectados al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional SEIN y se encuentra en construcción el parque solar el parque solar Rubí con 180MWp en el departamento de Moquegua en el sur del país.

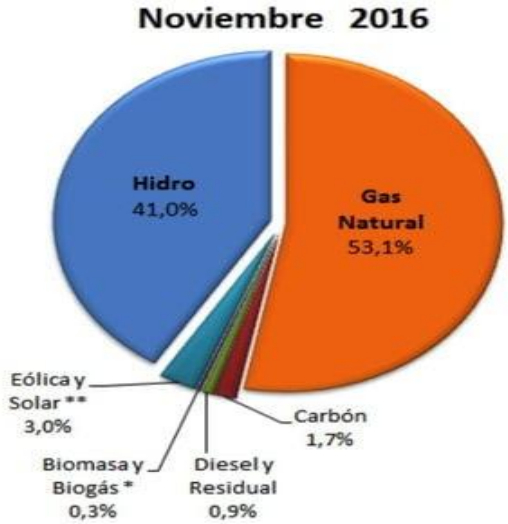
El 7 de Noviembre del 2014 la empresa Ergon Perú, ganó la licitación del proyecto “Suministro de Energía a Áreas no Conectadas a Red” que prevé la instalación de hasta 500,000 sistemas solares en zonas rurales, los cuales consiste en sistemas de pequeñas unidades individuales de aprox. 85Wp.

A inicios de Setiembre del 2015 Osinergmin publicó las bases para instalaciones de energías renovables no tradicionales con una producción anual de hasta 1,300GWh., donde la energía fotovoltaica participa con una producción anual de 415GWh, la eólica con 573GWh y la biomasa con 312GWh.

El 16 de Febrero del 2016 se adjudicaron dos centrales de biomasa para residuos con una potencia de 2MW c/u, tres parques eólicos con una potencia total de 162MW, dos parques solares de 184MWp y seis centrales hidroeléctricas que suman 79.66MW.

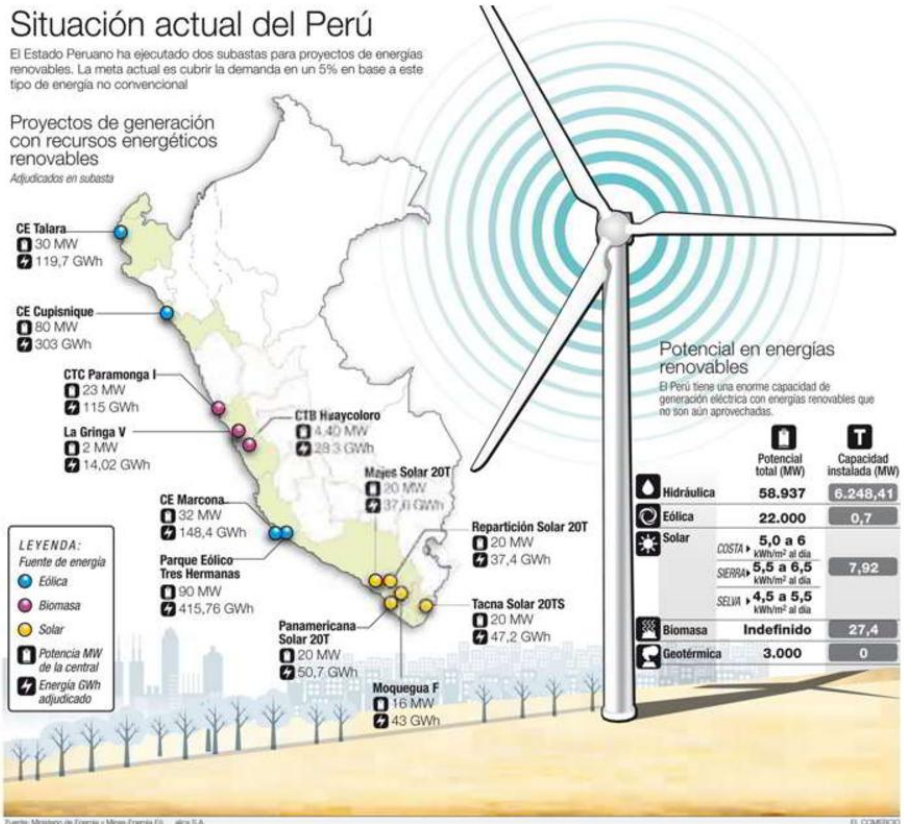
Se prevé un aumento de las energías renovables no tradicionales cerca del 5% en el 2018 de la producción total de electricidad para la red nacional (9).

Figura 11: Generación de Energías Renovables en el Perú



Fuente URL: http://deltavolt.pe/energia-renovable/renovable-peru

Figura 12: Energías Renovables en el Perú



Fuente URL: http://deltavolt.pe/energia-renovable/renovable-peru

2.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

En una investigación denominada “Guía de la Energía Solar” se concluyó con lo siguiente: La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica.

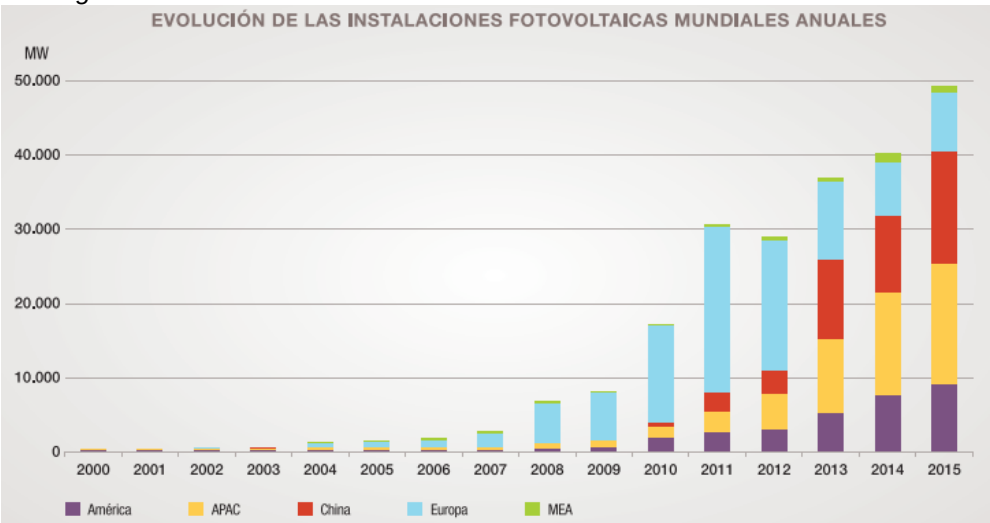
Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para su fabricación suele ser el silicio. Cuando la luz del sol (fotones) incide en una de las caras de la célula genera una corriente eléctrica que se suele utilizar como fuente de energía (10).

2.6.1 Energía Solar Fotovoltaica en el Mundo

En el informe denominado “El Tiempo de la Energía Solar Fotovoltaica” se concluyó lo siguiente: El mercado fotovoltaico global ha venido creciendo en los últimos años en torno a un 20-25%. En el año 2015 el mercado global fotovoltaico alcanzó un fuerte crecimiento y un aumento continuo de la competitividad de los sistemas de energía solar fotovoltaica, haciendo que este mercado haya tenido uno de los desarrollos tecnológicos más vibrantes del panorama energético actual.

La industria, aplicaciones y mercados han hecho que a finales de 2015 la tecnología alcanzase el hito de instalar 50GW de capacidad fotovoltaica adicional en todo el mundo, un 25% por encima de 2014 y el aumento de la capacidad acumulativa instalada de 230GW.

Figura 13: Evolución de las Instalaciones Fotovoltaicas Mundiales Anuales



Fuente: Informe Anual 2016 El Tiempo de la Energía Solar Fotovoltaica

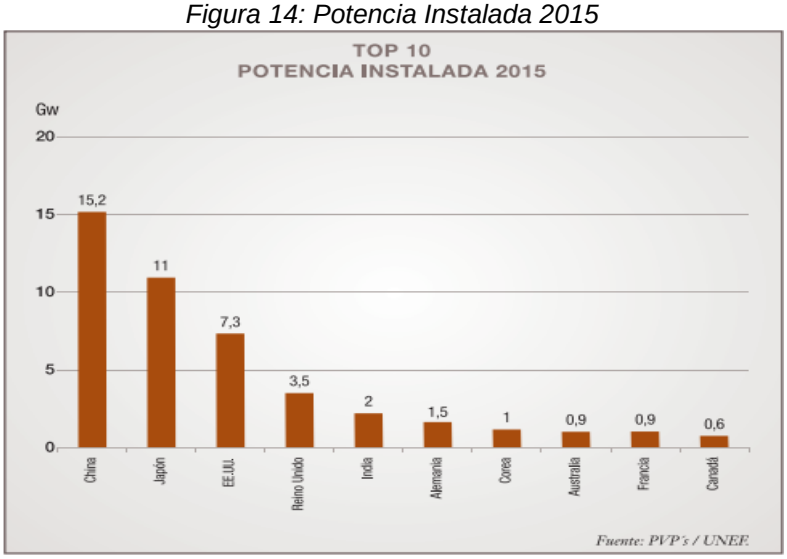
En Europa, con alrededor de 8GW instalados, el mercado vuelve a crecer, tras varios años de decrecimiento, gracias al mercado de Reino Unido con 3.5GW instalados, al que le sigue Alemania con 1.5GW y Francia con 0.9GW. En España, el año pasado se instalaron solo 49MW.

En el Sudeste asiático sigue aumentando la energía solar de un modo acelerado, con 15.2GW instalados en China y 11GW en Japón en 2015. Otro de los mercados punteros, al lado del Atlántico, fue el de Estados Unidos, con un total de 7.3GW.

En la India se instalaron casi 2GW en 2015, lo que indica que India podría convertirse en uno de los líderes mundiales del mercado de FV en los próximos años. El continente africano y Oriente Medio representan cerca de 1GW.

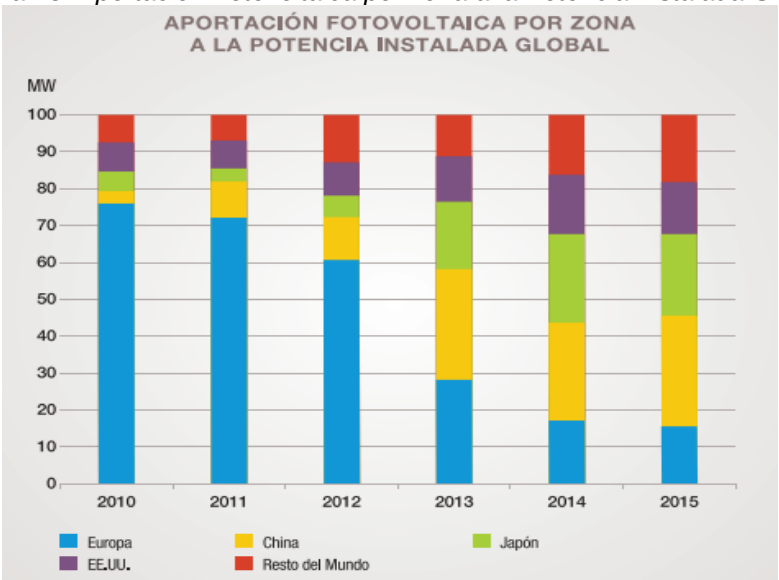
En el último año, China y Japón añadieron más energía solar que todo el continente europeo (11).

Figura 14: Potencia Instalada 2015



Fuente: Informe Anual 2016 El Tiempo de la Energía Solar Fotovoltaica

Figura 15: Aportación Fotovoltaica por zona a la Potencia Instalada Global



Fuente: Informe Anual 2016 El Tiempo de la Energía Solar Fotovoltaica

En el año 2017 el sitio web “El periódico de la energía”, realizó una investigación se concluyó con lo siguiente: El parque solar más grande del mundo es “Kurnool Ultra Mega Solar Park”, en la india, el cual cuenta con 1000MW de capacidad, ocupa una superficie de 2400 hectáreas en Panyam Mandal, en el distrito de Kurnool, en Andhra Pradesh. El parque utiliza más de 4 millones de paneles solares con una capacidad de 315Wp cada uno. Los paneles están conectados a cuatro estaciones de 220/33KV de 250MW cada uno y una subestación eléctrica de 400/220KV integrada por casi

2000km de circuitos de cables. El parque solar Kurnool genera cerca de 8GWh al día de energía, producción suficiente para satisfacer el 80% de la demanda eléctrica del distrito de Kurnool (12).

Figura 16: Parque Solar Kurnool Ultra Mega Solar Park - India

Fuente URL: http://elperiodicodelaenergia.com/las-10-mayores-plantas-fotovoltaicas-del-mundo/

2.6.2 Energía solar fotovoltaica en el Perú

El territorio peruano, por estar mucho más próximo al Ecuador, cuenta con sol durante la mayor parte del año. Según el Atlas Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energías y Minas, el Perú tiene una elevada radiación solar anual siendo en la sierra de aproximadamente 5.5 a 6.5KWh/m2; 5.0 a 6.0KWh/m2 en la costa y en la selva de aproximadamente 4.0 a 5.0KWh/m2.

La energía fotovoltaica en el Perú tiene una gran importancia en la Electrificación Rural en donde no existe conexión a la red, debido a la escasa densidad de población, las vastas distancias, entre otros. La energía fotovoltaica es la forma más económica para brindar electricidad a casas, oficinas, escuelas, centros de salud, entre otros establecimientos. Existen proyectos de energía solar que promueve el gobierno para la población rural aislada. Actualmente existe un proyecto del gobierno para electrificar hasta 500000 hogares con energía solar.

En el año 2012 se inauguró dos parques solares en La Joya y Majes, los dos primeros parques solares de energía fotovoltaica de Latinoamérica, en los cuales se instalaron más de 133,660 paneles en 206 hectáreas de desierto que captan la radiación solar para convertirla en energía eléctrica, las cuales fueron instaladas por la empresa española T-Solar. En su máxima capacidad instalada las dos plantas generan 44MW al año, la cual sirve para dar luz eléctrica a 80,000 ciudadanos (13).

Figura 17: Central Solar Repartición 20T – La Joya

Fuente URL: http://www.sectorelectricidad.com/3033/peru-inauguran-primera-central-electrica-solar-de-sudamerica-22mw/

En el año 2013 las empresas españolas Solar Pack y Gestamp Solar construyeron dos plantas fotovoltaicas en territorios de Tacna y Moquegua, la primera está ubicada en la provincia tacneña de Alto de la Alianza y la segunda en el desierto moqueguano, en el sector de Hospicio, cerca al cruce Ilo-Tacna. Estas plantas captan la radiación solar a través 151.305 paneles instalados en 121 y 123 hectáreas para convertirla en electricidad mediante transformadores.

La producción entre ambas centrales es de 40MW, anualmente la de Tacna genera 50.000MW/h y en Moquegua unos 50.676MW/h. Se estima que unas

72.000 se benefician entre estas regiones. De estos parques se integra la energía al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) (14).

Actualmente la empresa italiana Enel Green Power Perú (EGPP) está construyendo la planta de energía solar más grande del Perú la cual estará operativa en 2018. La planta tendrá una capacidad de 180MW y se ubicará en la región Moquegua. Rubí, ubicada en la provincia de Moquegua, tendrá capacidad para generar aproximadamente 440GWh, equivalente a las necesidades de consumo anual de aproximadamente 351.000 hogares peruanos, evitando la emisión a la atmósfera de más de 267000 toneladas de CO_2 al año.

Rubí iniciará sus operaciones comerciales en 2018, tras lo cual entregará su energía al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, a través de la subestación Montalvo.

2.6.3 Radiación Solar

El artículo denominado “Definición de Radiación Solar” conceptualiza: La radiación solar es un fenómeno físico debido a la emisión de energía por parte del sol en forma de radiaciones electromagnéticas. Estas radiaciones pueden ser cuantificadas y se expresan en unidades de irradiancia, una unidad que refleja su potencia por unidad de superficie. Estas radiaciones electromagnéticas son ondas que se originan por la aceleración de las cargas eléctricas, una vez que llegan a la tierra se estima que solo la mitad logra alcanzar la superficie terrestre, ya sea de forma directa o dispersada por la atmosfera (15) .

En la investigación denominada “Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas” conceptualiza:

Irradiancia

Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie, W/m2.

Irradiación

Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m2 o en caso de un día, en Wh/m2/día.

Horas de Sol Pico (HPS)

Es el número de horas en que disponemos de una hipotética irradiancia solar constante de 1000W/m2, es decir, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo cada "paquete" de 1 hora recibiendo 1000W/m2.

Para calcularla se debe dividir el valor de la irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar de medida (1000W/m2) (16).

2.7 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

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

En la portal industrial de negocios Quiminet define sistemas fotovoltaicos "La capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica, la generación de energía eléctrica dependerá de las horas que el sol brille sobre el panel solar, del tipo y cantidad de módulos

instalados, orientación, inclinación, calidad de la instalación y la potencia nominal” (17).

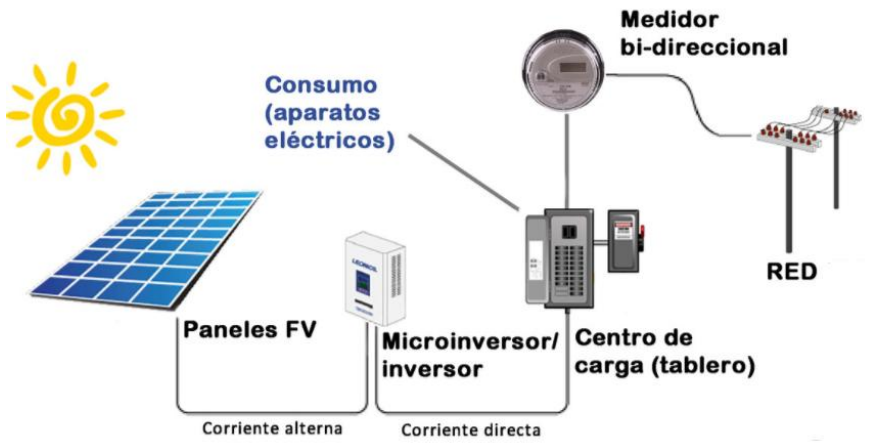
2.7.1 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

2.7.1.1 Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica

En el libro “Energía Solar Fotovoltaica” define sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Eléctrica: Un sistema cuya función es producir energía eléctrica en condiciones adecuadas para poder ser inyectada en la red convencional. Un SFCR es compone del generador fotovoltaico, un inversor DC/AC y un conjunto de protecciones eléctricas. La energía producida por este sistema será consumida parcial o totalmente en las cercanías y la energía sobrante será inyectada en la red para su distribución a otros puntos de consumo (18), produciéndose así un intercambio de energía entre el sistema fotovoltaico y la red eléctrica

Este tipo de sistemas genera múltiples beneficios económicos ya que son sistemas más baratos porque no necesitan baterías ni reguladores de carga, solamente un inversor quien convierte el voltaje producido por los paneles y la convierte al voltaje con la cual trabaja nuestra red.

Figura 18: Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red Convencional

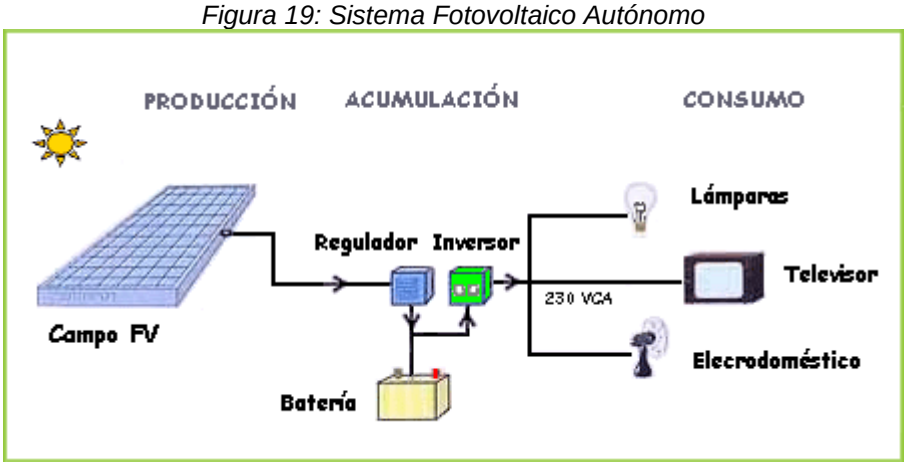


Fuente URL: http://www.greensun.com.mx/?page_id=130

2.7.1.2 Sistema Fotovoltaico Autónomo

En el libro “Energía Solar Autónoma Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo” define: “Un sistema fotovoltaico autónomo o aislado (SFA) convierte la energía proveniente del sol en energía eléctrica, almacenándola en baterías para su uso posterior. Es un sistema que no requiere de una conexión a la red eléctrica, trabajando de forma autónoma para proveer energía a los equipos. Son sistemas que se adaptan bien a lugares remotos sin conexión a la red, donde hay un bajo consumo de energía y un buen recurso solar. En lugares determinados pueden ser la solución más apropiada para electrificar un edificio o una vivienda” (19) (pag.2).

Figura 19: Sistema Fotovoltaico Autónomo



Fuente URL: https://www.tmsmx.com/informacion/sistema-fotovoltaico/interconectado/itemlist/user/331-tms

2.7.2 Aplicaciones de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

Existen una gran variedad de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica, entre ellas tenemos:

- **Iluminación**

El alumbrado público, mediante sistemas fotovoltaicos se presenta como una de las soluciones más económicas, para iluminar las entradas en los

pueblos, cruces de carreteras, áreas de descanso, etc. Este tipo de aplicaciones fotovoltaicas también se pueden encontrar en carteles publicitarios, paradas de autobús, farolas de alumbrado público, etc.

- **Telecomunicaciones**

En el campo de las telecomunicaciones la energía solar fotovoltaica se utiliza en los campos de la telefonía móvil, en repetidores de radio y televisión, los radares, la telefonía rural vía satélite, etc.

- **Electrificación Rural**

Alimentar zonas aisladas de la red eléctrica y electrificación de zonas rurales con un bajo coste de instalación y mantenimiento.

- **Relevación de desastre**

Los desastres naturales provocan una crisis de electricidad. Tales como huracanes, inundaciones, tornados y terremotos destruyen sistemas de generación y distribución de electricidad; en situaciones como estas los sistemas fotovoltaicos pueden proporcionar soluciones temporales de luz, comunicación, alimentación y sistemas de agua.

- **Bombeo de agua**

Los sistemas fotovoltaicos son un candidato perfecto para la agricultura y ganadería debido a la necesidad de agua durante los periodos con sol. Estos sistemas de bombeo pueden suministrar agua directamente a los campos o pueden almacenar agua durante el tiempo necesario.

2.7.3 Componentes de un sistema Fotovoltaico Autónomo

Los equipos que forman un Sistema Fotovoltaico Autónomo son:

En el libro “Energía Solar Fotovoltaica Cálculo de una instalación aislada” conceptualiza:

2.7.3.1 Módulo Fotovoltaico

Está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura de soporte o marco, su principal función es la de proporcionar energía eléctrica a partir de la irradiación solar, aprovechando el efecto fotoeléctrico.

Las células que forman el panel solar están interconectadas en serie y/o paralelo para adaptar el panel a los niveles de tensión y corriente, puesto que cada célula puede suministrar del orden de 0.5v.

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

En el libro “Energía Solar Fotovoltaica Cálculo de una instalación aislada” conceptualiza:

- **Monocristalino**

Presenta una estructura cristalina completamente ordenada. Se obtiene de silicio puro fundido dopado con boro. Se reconoce por su monocromía azulada oscura y metálica.

Figura 20: Panel Solar Monocristalino

Fuente URL: http://www.tiendafotovoltaica.es/Maleta-solar-doble-panel-monocristalino-40/100W

- **Policristalino**

Presenta una estructura ordenada por regiones separadas. Las zonas irregulares provocan una disminución del rendimiento. Se obtiene de la misma forma que el monocristalino, pero con menos fases de cristalización. Se reconoce porque en su superficie se distinguen distintos tonos de azules y grises metálicos.

Figura 21: Panel Solar Policristalino

Fuente URL: http://mobesa.com/productos/solar/sunmodule-sw250poly-detail.html

- **Amorfo**

Estas son manufacturadas mediante la colocación de una fina capa de amorfo (no cristalino) de silicio sobre una amplia variedad de superficies. Estos son los menos eficientes y menos costosos de producir de los tres tipos. Debido a la naturaleza amorfa, es flexible y su potencia se reduce con el tiempo, especialmente durante los primeros meses.

Figura 22: Panel Solar Amorfo

Fuente URL: https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-paneles-solares-fotovoltaicos/

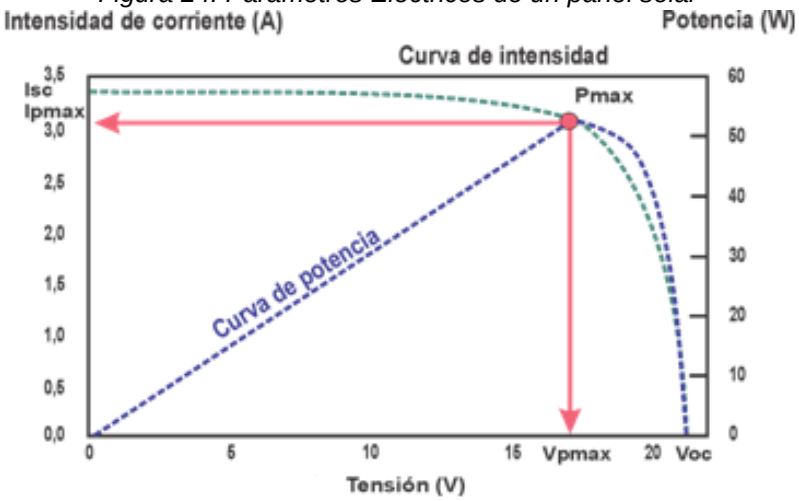
Figura 23: Diferencias entre los tipos de paneles solares

CÉLULAS		RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERÍSTICAS	FABRICACIÓN
	MONOCRISTALINO	24 %	15 - 18 %	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralsky).	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 monocristalino, 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 URL: http://eliseosebastian.com/page/28/

Parámetros Eléctricos

Figura 24: Parámetros Eléctricos de un panel solar



Fuente URL: http://www.monografias.com/trabajos82/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones/energia-solar-fotovoltaica-y-sus-aplicaciones2.shtml

- **Potencia Máxima (Pmax)**

Es el valor máximo de potencia que se obtiene entre el producto de la corriente por la tensión de salida del módulo fotovoltaico. Es la máxima potencia que puede entregar el panel en un determinado momento, también se denomina potencia de pico del panel.

- **Tensión en el punto de máxima potencia (Vpmax)**

Corresponde con el valor de tensión para la potencia máxima. Se trata aproximadamente del 80% de la tensión en circuito abierto.

- **Intensidad en el punto de máxima potencia (Ipmax)**

Corresponde con el valor de corriente para la potencia máxima.

- **Tensión en circuito abierto (Voc)**

Es el valor máximo de voltaje que se mediría en un panel o módulo si no hubiese paso de corriente entre los bornes del mismo, es decir, es la tensión en los terminales de conexión cuando no hay ninguna carga conectada en el panel.

- **Intensidad de cortocircuito (Isc)**

Es la máxima intensidad que se puede obtener en un panel o módulo fotovoltaico, se calcula midiendo la corriente entre los bornes del panel cuando se provoca un cortocircuito (tensión de salida 0 voltios) (20).

Inclinación y orientación

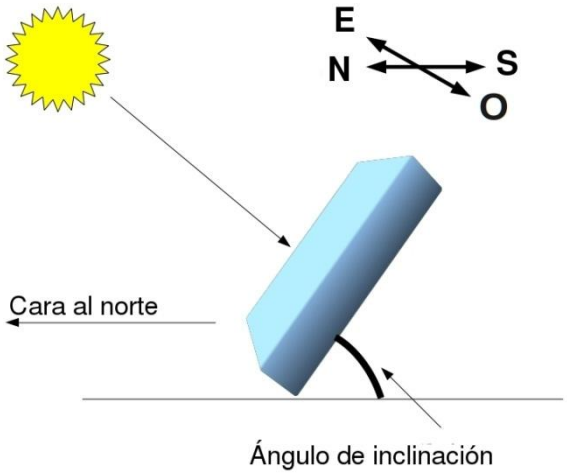
En el libro “Energía Solar Fotovoltaica Manual técnico para instalaciones domiciliarias” define: Los módulos FV están inclinados para recolectar mayor radiación solar. La cantidad óptima de energía se colecta cuando el módulo está inclinado en el mismo ángulo que el ángulo de latitud.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el ángulo mínimo de inclinación debería ser de por lo menos 15° para asegurar que el agua de las lluvias drene fácilmente. A latitudes mayores (>30° Norte o Sur), los módulos a veces están más inclinados sobre el ángulo de latitud para tratar de nivelar las fluctuaciones por estaciones.

Los módulos deben estar inclinados en la dirección correcta. Esto significa: en el hemisferio sur, los módulos están mirando exactamente hacia el Norte y en el hemisferio norte, los módulos están mirando hacia el Sur.

En países cercanos al ecuador, las consecuencias de las inclinaciones óptimas son poco importantes (21).

Figura 25: Orientación e inclinación de un panel solar



Fuente URL: http://www.lawebdelasenergiasrenovables.com/calculo-de-una-instalacion-fotovoltaica-sencilla/

Existen 3 formas de conectar los paneles solares: en paralelo, en serie o en serie y paralelo.

La conexión en paralelo se realiza conectando por un lado todos los polos positivos de los módulos y conectando todos los polos negativos por el otro

lado. De esta forma se mantiene la tensión de los paneles solares mientras se suma la intensidad de corriente.

La conexión en serie de los paneles solares se realiza para el uso en instalaciones solares de 24V o 48V, mediante la conexión directa de los módulos entre sí, conectando el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente panel. En este tipo de conexión se mantiene la intensidad y se suma el voltaje.

La conexión mixta en serie y paralelo se suele utilizar en instalaciones solares donde se conecten 5 o más paneles solares con potencia superior a 200W ya que permite obtener un voltaje no demasiado alto y a su vez multiplicar el amperaje total de la instalación (22).

Figura 26: Conexión mixta de paneles solares

Fuente URL: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo_1

2.7.3.2 Acumuladores o Baterías

Llamados también sistema de almacenamiento. Está formado por un conjunto de baterías, que almacenan la energía eléctrica generada durante

las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula radiación.

Una de las características más importantes de una batería en una instalación fotovoltaica es el ciclado. El ciclado diario se refiere a que la batería se carga en el día y se descarga en la noche. Superpuesto a este ciclado diario está el ciclado estacional que se asocia a periodos de reducida incidencia de radiación.

Los principales parámetros que definen el funcionamiento de una batería en un sistema fotovoltaico son:

- **Capacidad**

Es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad se mide en Amperios-hora (Ah).

- **Eficiencia de Carga**

Es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada.

- **Autodescarga**

Es el proceso por el cual el acumulador sin estar en uso tiende a descargarse.

- **Profundidad de descarga**

La profundidad de descarga es el valor en tanto por ciento de la energía que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado en una descarga. Pueden hacerse profundidades de descarga hasta 80% (23).

Para la elección de la tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (tensión batería), tomamos como referencia la siguiente tabla:

Figura 27: Relación potencia del sistema con tensión de trabajo

Potencia demandada por el sistema (W)	Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (Volts.)
Menos de 1.500W	12V
Entre 1.500W y 5.000W	24- 48V
Más de 5.000W	120-300V

Fuente URL: https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/

Tipos de baterías

Baterías Líquidas

Son las más antiguas, existen en versión abierta con tapas que dejan sustituir el agua o en versión “libre de mantenimiento” que son cerradas, pero con válvulas para que posibles gases puedan escapar durante cargas excesivas. Tiene una corta vida de aproximadamente 400 ciclos de carga y descarga.

Baterías tipo VRLA

Contienen una tecnología que recombinan el oxígeno e hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua. Hay dos tipos principales: los de consistencia de Gel y los AGM, donde el ácido es fijado en fibra de vidrio. Ambas se pueden usar en temperaturas bajas, además tienen una eficiencia de hasta 95%.

- **Baterías de Gel**

En estas baterías selladas, el ácido tiene la forma de gel. Su gran ventaja es que ya no hay un líquido que se pueda perder, son cerradas y funcionan en cualquier posición, la corrosión es reducida y son más resistentes a bajas temperaturas, tiene mayor tiempo de vida que las baterías líquidas y son las menos afectadas en casos de descargas profundas. La desventaja es que son más delicadas para cargar debido a que tienen una resistencia interna más alta que reduce el flujo máximo de la corriente y son más costosas.

- **Baterías tipo AGM**

En estas baterías, el ácido está fijado en fibras de vidrio (a veces llamadas baterías “secas” por su reducida cantidad de ácido). Son muy usadas en sistemas solares y eólicos debido a que tienen una alta resistencia en climas fríos (24).

Figura 28: Acumuladores o Baterías

Fuente URL: http://globalenergy.solar/about/baterias/

Al igual que los paneles, las baterías se pueden conectar entre ellas formando tres tipos diferentes de conexión:

Conexión en paralelo

Se utiliza para conectar entre sí baterías en instalaciones a 12V, para lo cual se conectan entre ellas todos los polos positivos y por el otro lado todos los

polos negativos. La conexión en paralelo sirve para multiplicar la capacidad de la batería mientras que el voltaje se mantiene constante.

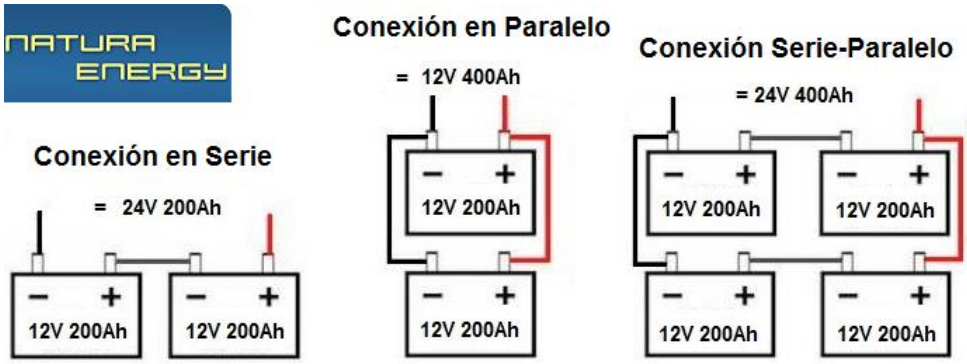
Conexión en serie

Esta conexión se realiza cuando se utilizan baterías de 12V para almacenar la energía en instalaciones de 24V, 48V, mediante esta conexión se mantiene la capacidad de la batería, pero se multiplica el voltaje, pasando de 12 a 24V.

Conexión mixta

Esta conexión se realiza en instalaciones a 24V, 48V donde se quieran conectar más de 2 baterías a la vez, en este caso se deberán poner las baterías siempre en números pares.

Figura 29: Conexiones de baterías



Fuente URL: http://www.naturaenergy.cl/soporte-tecnico/

2.7.3.3 Controlador de Carga

En el libro “Energía Solar Autónoma Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo” define: Un regulador o controlador de carga se sitúa entre el generador (módulo) y el acumulador (batería). Se encarga de:

Proteger a la batería contra la sobre carga, regulando la energía proveniente del módulo según el estado de carga de la batería. Cuando hay mucho sol y

la batería está cargada, reduce la corriente que llega a la batería para no sobre cargarla y dañarla.

Proteger a la batería contra la sobre descarga, si el consumo eléctrico es alto y el módulo no logra reponer la energía que se consume, el regulador detecta cuando el estado de carga de la batería es demasiado bajo y desconecta la carga.

El regulador permite alargar la vida útil de la batería ya que permite el paso de la electricidad según el estado en que se encuentre la batería en cada momento y también algunos permiten obtener información y parámetros del funcionamiento de la instalación.

Los reguladores de carga generalmente cargan las baterías en 4 etapas:

- **Carga inicial**

Cuando la tensión de la batería llega a un nivel intermedio, el regulador deja pasar toda la corriente disponible del módulo hasta que la batería llega a un estado de carga del 80%.

- **Carga de absorción**

La etapa en la cual el regulador mantiene la tensión final de carga y va reduciendo la corriente procedente de los módulos hasta alcanzar un estado de carga del 100%.

- **Carga de flotación**

Una vez cargada completamente la batería, el regulador solo deja pasar una corriente muy pequeña para mantener un estado de carga al 100%.

- **Carga de ecualización**

El proceso consiste en someter a la batería a una sobre carga controlada para reducir la estratificación del ácido y la sulfatación dentro de la batería, además de emparejar la tensión en las distintas celdas de la batería (19) (pág.49-50).

Existen dos tipos de controladores de carga:

- **Controlador de Carga PWM (Ancho de Pulso Modulado)**

Es un regulador de carga sencillo que actúa como un interruptor entre los paneles fotovoltaicos y la batería.

Los controladores PWM fuerzan a los paneles solares a trabajar a la tensión de la batería (13.5V aprox.) provocando pérdidas de rendimiento respecto al punto de máxima potencia de los paneles fotovoltaicos. Cuando se llega a la fase de absorción de la batería, el regulador empieza a cortar parte de la producción de los paneles solares, modificando el ancho de los pulsos, es decir, cortando muchas veces el contacto entre los paneles y la batería para que no se sobrecargue la batería.

Se recomienda utilizar controlador PWM cuando los paneles tengan una potencia menor a 200Wp o estén formados por 36 o 72 células (25).

- **Controlador de Carga MPPT (Punto de Máxima Potencia)**

El controlador MPPT lleva incorporado un seguidor de punto de máxima potencia y un convertidor de corriente continua de más alta tensión a corriente continua de más baja tensión para alargar la carga de la batería. El controlador MPPT permite alcanzar el punto de máxima potencia del panel durante el mayor tiempo posible, con lo cual se dispara su rendimiento hasta un 25% superior a utilizar un regulador PWM (26).

Figura 30: Controladores de carga PWM y MPPT respectivamente

Fuente URL: https://www.ecosolaresp.com/el-regulador-de-carga-solar/

2.7.3.4 Inversor

Este elemento permite convertir la corriente continua (cc) en alterna (ca), dado que las baterías nos entregan corriente continua es necesario realizar esta conversión para la utilización de los aparatos eléctricos comunes. A la hora de dimensionar el inversor, se tendrá en cuenta la potencia que demanda la suma de todas las cargas AC, de este modo se elegirá un inversor cuya potencia sea 20% superior a la demandada por las cargas.

Parámetros característicos del inversor

- **Tensión nominal**

Es la tensión que se debe aplicar a los terminales de entrada del inversor.

- **Potencia nominal**

Es la potencia que puede suministrar el inversor de forma continua.

- **Capacidad de sobrecarga**

Es la capacidad del inversor para suministrar una potencia considerablemente superior a la nominal.

- **Forma de onda**

En los terminales de salida del inversor aparece una señal alterna caracterizada principalmente por su forma de onda.

- **Rendimiento**

Es la relación, expresada en tanto por ciento, entre las potencias presentes a la salida y a la entrada del inversor. Su valor depende de las condiciones de carga del mismo, es decir, de la potencia total de los aparatos de consumo alimentados por el inversor en relación con su potencia nominal (27) .

Tipos de inversores según su forma de onda

- **Inversor de onda cuadrada**

Son más baratos, pero producen armónicos (frecuencias múltiples de la frecuencia de red) que generan interferencias. No son aptos para motores de inducción. Se utilizan únicamente cuando se desea corriente alterna para alimentar artefactos como televisor o un aparato eléctrico pequeño.

- **Inversor de onda sinusoidal modificada**

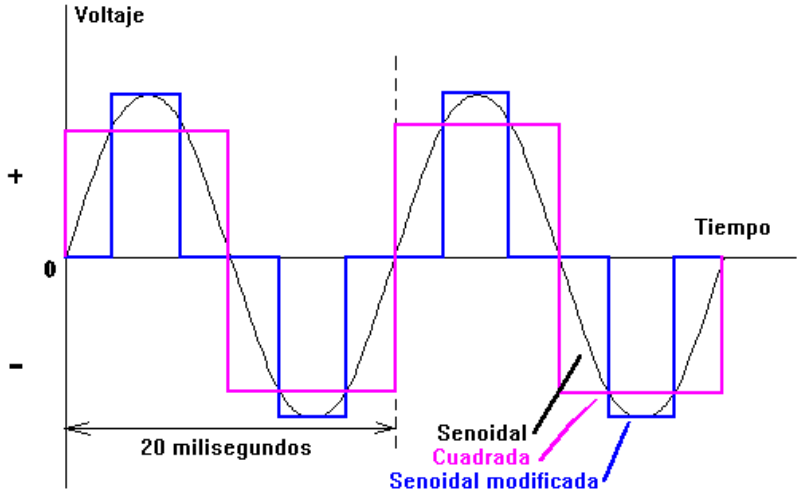
Utiliza técnicas de modulación de ancho de pulso. El ancho de la onda es modificado para acercarla lo más posible a una onda sinusoidal, permitiéndole hacer funcionar dispositivos de electrónica poco compleja como televisores, DVD, iluminación, carga de móviles, etc. Este tipo de inversor se encuentra con potencias que va desde los 180W hasta los 2000W.

- **Inversor de onda sinusoidal pura**

Genera una onda de corriente de gran calidad y precisa, la cual puede hacer funcionar todo tipo de aparatos eléctricos como bombas de agua, lavadoras,

frigoríficos, microondas, etc. El rango de potencia de los inversores senoidales de onda pura va desde los 300W hasta los 5000W (28) .

Figura 31: Formas de onda de los inversores



Fuente URL: http://www.solener.com/pregunta.html

2.7.3.5 Cableado del sistema

El cálculo de la sección del cable en una instalación fotovoltaica autónoma es muy importante ya que la corriente que generan los paneles es en corriente continua y se trabaja a baja tensión (12V, 24V o 48V).

Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. El grosor del cable dependerá de la intensidad a transportar y la distancia entre componente.

Para determinar la sección de un cable seguimos las tres condiciones siguientes:

En la investigación denominada “Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas” define:

- **Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento**

La temperatura del conductor del cable trabajando a plena carga y en régimen permanente no deberá superar la temperatura máxima admisible

asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70°C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90°C para cables con aislamiento termoestables.

- **Criterio de la caída de tensión**

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Este criterio es determinante cuando las líneas son de larga longitud.

Figura 32: Caída de tensión en un sistema fotovoltaico

Subsistema	Caída tensión Máxima	Recomendada
Paneles – Regulador	3%	1%
Regulador – Baterías	1%	0,5%
Baterías – Inversor	1%	1%

Fuente URL: https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/

- **Criterio de la intensidad de cortocircuito**

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable como consecuencia de un cortocircuito de corta duración (para menos de 5 segundos), no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Este criterio es determinante en instalaciones de alta y media tensión, no lo es en instalaciones de baja tensión (29).

Cable THW-90

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de PVC doble capa. Temperatura de operación de 90°C, alta resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceites y al calor. Retardante a la llama.

Aplicación general en instalaciones fijas; edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tablero de control. Generalmente se instalan en tubos conduit. Tensión del servicio 750 voltios.

Figura 33: Cable THW-90

Fuente URL:

https://www.nexans.pe/eservice/Navigate.nx?CZ=Peru&language=es_PE&navigationId=266552

CAPÍTULO III:

DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

3.1 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

Los pasos fundamentales para el dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico Autónomo son:

3.1.1 Determinar los consumos.

3.1.2 Definir los parámetros de dimensionamiento.

3.1.3 Hallar la radiación solar de la zona.

3.1.4 Calcular la potencia necesaria del Generador Fotovoltaico.

3.1.5 Calcular la capacidad de los Acumuladores o Baterías.

3.1.6 Calcular la corriente del Controlador de Carga

3.1.7 Calcular la Potencia del Inversor.

3.1.8 Seleccionar los conductores eléctricos.

3.1.1 Determinación de los consumos

Para determinar el consumo de energía diaria realizamos una descripción del cuadro de cargas a utilizar, como lo indica la siguiente tabla:

Tabla 1: Cuadro de Cargas

01.- CARGAS DE CORRIENTE CONTINUA					
ITEM	DISPOSITIVOS	CANT.	W	HORAS x DIA	Wh x Dia
01					
02					
03					
02.- CARGAS DE CORRIENTE ALTERNA					
ITEM	DISPOSITIVOS	CANT.	W	HORAS x DIA	Wh x Dia
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

Fuente: Elaborado por los Autores

En esta tabla ingresamos las cargas, la cantidad, potencia y horas de uso al día de cada una de las cargas en la hoja “INGRESO DATOS” del software elaborado, como se muestra en la Tabla 05:

Tabla 2: Consumo de Energía

02.- CARGAS DE CORRIENTE ALTERNA					6110
ITEM	DISPOSITIVOS	CANT.	W	HORAS x DIA	Wh x Dia
01	Televisor Led	1	50	5	250
02	Laptop	5	60	6	1800
03	Proyector Multimedia	1	1500	1	1500
04	Focos Ahorradores Leds	46	9	5	2070
05	Impresora	1	350	0.5	175
06	Minicomponente	2	40	3	240
07	Cargador de Celular	5	5	3	75

Fuente: Elaborada por los Autores

El sistema fotovoltaico autónomo se diseñará para que las cargas, que constan con una potencia de 2719W, se puedan utilizar la cantidad de horas mencionadas. Todos los equipos van a trabajar a 220Vac y se ha utilizado para el dimensionamiento una radiación en su mes crítico, además se ha considerado los parámetros necesarios para el dimensionamiento.

Después de determinar el consumo en AC en la hoja “CALCULO SIST. FV”, procedemos a calcular el consumo medio diario, para lo cual hacemos uso de la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Lmd(Wh/día)} = 1.1 * \left(\frac{\mathrm{Ldc}}{\eta\mathrm{bat}} + \frac{\mathrm{Lac}}{\eta\mathrm{bat} * \eta\mathrm{inv}}\right) * \left(\frac{1}{\eta\mathrm{cond}}\right) \ldots\ldots (\mathbf{1})$$

Donde:

$L_{md:}$ Consumo Medio Diario (Wh/día).

$L_{dc:}$ Consumo de energía diario de las cargas en continua (Wh/día).

$L_{ac:}$ Consumo de energía diario de las cargas en alterna (Wh/día).

$\eta_{bat:}$ Rendimiento de la batería.

$\eta_{inv:}$ Rendimiento del inversor.

η_{cond}: Rendimiento del conductor eléctrico.

El Consumo de energía de las cargas en alterna se calculó sumando el producto de la cantidad de equipos por su respectiva potencia por el tiempo diario de funcionamiento.

Se deben separar los consumos en corriente continua de los consumos en corriente alterna; en este caso todos los consumos son de corriente alterna.

$$\mathrm{Lmd} = 1.1 * \left(0 + \frac{6110}{0.95 * 0.95}\right) * \left(\frac{1}{0.98}\right) = 7599.07\ \mathrm{Wh/día}$$

3.1.2 Parámetros de Dimensionamiento

Se debe tener en cuenta que existen parámetros como rendimiento de la batería, rendimiento del inversor, rendimiento de los conductores, el voltaje del sistema, entre otros, que ocasionan pérdidas en la generación de energía eléctrica por el sistema fotovoltaico; estos parámetros son:

Tabla 3: Parámetros de Dimensionamiento

PARÁMETROS DEL SISTEMA	
BATERÍA	
RENDIMIENTO (η_{bat})	0.95
PROF. DESC. MAX. DIARIA ($P_{Dmax,d}$)	0.3
PROF. DESC. MAX. EST. ($P_{Dmax,e}$)	0.7
INVERSOR	
RENDIMIENTO (η_{inv})	0.95
CONDUCTOR ELÉCTRICO	
RENDIMIENTO (η_{cond})	0.98
OTROS	
MARGEN SEGURIDAD GFV	1.1
FACTOR GLOBAL DE FUNCIONAMIENTO (PR)	0.9
DÍAS DE AUTONOMÍA (Na)	3
RADIACIÓN	3.51

Fuente: Elaborado por los Autores

3.1.3 Radiación de la Zona

Para saber la radiación de la zona hacemos uso del software de dimensionamiento de Sistemas Fotovoltaico y Sistemas de Bombeo Solar "NASTEC", el cual nos brinda la radiación solar mensual durante todo el año

del lugar solicitado mediante el ingreso de las coordenadas de latitud y longitud (latitud: -3.945, longitud: -77.7541) de la Institución Educativa obtenidas en la página web del Ministerio de Educación.

Tabla 4: Radiación Solar – Institución Educativa N°287

Lugar	Dist.Río Santiago
Unidad	HPS
Enero	3.86
Febrero	3.63
Marzo	3.63
Abril	3.78
Mayo	3.73
Junio	**3.51**
Julio	3.73
Agosto	4.17
Septiembre	4.26
Octubre	4.52
Noviembre	4.48
Diciembre	4.06

Fuente: NASTEC

3.1.4 Generador Fotovoltaico

Una vez hallado el Consumo Medio Diario pasamos a hallar el número de paneles fotovoltaicos necesarios para dimensionar el sistema, el cual se calcula en función al consumo medio diario dividido entre el producto de la radiación, el factor global y la potencia del panel seleccionado:

$$\mathrm{Ntp} = \frac{\mathrm{Lmd}}{\mathrm{Pmpp} * \mathrm{HSPcrit} * \mathrm{PR}} \ldots\ldots (\mathbf{2})$$

Donde:

N_{tp}: Número Total de Paneles.

P_{mpp}: Potencia pico del panel solar (W).

HSP_{crit}: Horas Pico Sol del mes crítico.

PR: Factor global de funcionamiento que varía entre 0.85 y 0.95. Como norma general se escoge su rendimiento general del 90%, por lo que usaremos 0.90.

Después de haber hallado la cantidad de paneles solares, se deben conectar entre ellos basándose en las siguientes fórmulas:

Paneles en serie:

$$\mathrm{Nserie} \geq \frac{\mathrm{Vsist}}{\mathrm{Vmpp}} \ldots\ldots (\mathbf{3})$$

Donde:

$N_{serie:}$ Número de paneles conectados en serie.

$V_{sist:}$ Tensión del sistema (Vdc).

V_{mpp}: Tensión del módulo a potencia máxima (Vdc).

Paneles en paralelo:

$$\mathrm{Nparalelo} = \frac{\mathrm{Ntp}}{\mathrm{Nserie}} \ldots\ldots (\mathbf{4})$$

Donde:

$N_{paralelo:}$ Número de ramas de paneles conectados en paralelo.

Para el dimensionamiento del Generador Fotovoltaico hemos tomado en cuenta los paneles solares de mayor potencia ya que queremos que la instalación sea menos costosa; para lo cual hemos seleccionado 3 de los modelos más comerciales en el mercado y con nuestro software desarrollado en Excel sabremos el número de paneles que necesitamos y así determinaremos cual es la opción más económica y eficiente.

a) Panel Solar Policristalino 250Wp Yingli Solar:

El panel policristalino de 250Wp de la marca Yingli Solar presenta las siguientes características:

Tabla 5: Características del módulo Yingli Solar 250Wp

Cracterísticas Eléctricas		
Potencia máxima (W)	250	W
Voltaje a potencia máxima (Vpm)	29.8	V
Corriente a potencia máxima (Ipm)	8.39	A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	37.6	V
Corriente en corto circuito (Isc)	8.92	A
Características Generales		
Longitud	1640	mm
Ancho	990	mm
Profundidad	35	mm
Peso	18.5	Kg

Fuente: Yingli Solar

El módulo Yingli Solar de 250Wp está formado por 60 células policristalinas de 18.5% de eficiencia, tiene una tolerancia en la potencia de salida de 0/+5W, posee una eficiencia del módulo de 15.4%.

Si seleccionamos este módulo en nuestra hoja “SUMINISTRO” obtenemos el siguiente resultado:

Tabla 6: Número de Paneles de 250Wp

TOTAL PANELES	9.62	10.00
PANELES SERIE	1.61	2
RAMAS PARALELO	5.00	
POTENCIA INSTALADA	2500.00	W

Fuente: Elaborada por los Autores

Por lo tanto, utilizando paneles de 250Wp se necesitarían 10 módulos solares los cuales estarían agrupados en 5 ramas de 2 paneles por rama.

b) Panel Solar Policristalino 280Wp CNBM Solar

El panel policristalino de 280Wp marca CNBM Solar presenta las siguientes características:

Tabla 7: Características del módulo CNBM Solar de 280Wp

Cracterísticas Eléctricas		
Potencia máxima (W)	280	W
Voltaje a potencia máxima (Vpm)	36.6	V
Corriente a potencia máxima (Ipm)	7.66	A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	44.2	V
Corriente en corto circuito (Isc)	8.26	A
Características Generales		
Longitud	1956	mm
Ancho	992	mm
Profundidad	45	mm
Peso	26	kg

Fuente: CNBM Solar

El panel solar CNBM de 280Wp está formado por 72 células policristalinas de alta eficiencia, tiene una tolerancia de 0/+5W, posee una eficiencia del módulo de 16.93 %.

Si seleccionamos este módulo en nuestra hoja “SUMINISTRO” obtenemos el siguiente resultado:

Tabla 8: Número de paneles de 280Wp

TOTAL PANELES	8.59	9.00
PANELES SERIE	1.31	3
RAMAS PARALELO	3.00	
POTENCIA INSTALADA	2520.00	W

Fuente: Elaborada por los Autores

Por lo tanto, utilizando paneles de 280Wp se necesitarían 9 módulos solares los cuales estarían agrupados en 3 ramas de 3 paneles por rama.

c) Panel Solar Policristalino 320Wp Jinko Solar

El panel policristalino de 320Wp marca Jinko Solar presenta las siguientes características:

Tabla 9: Características del módulo Jinko Solar de 320Wp

Cracterísticas Eléctricas		
Potencia máxima (W)	320	W
Voltaje a potencia máxima (Vpm)	37.4	V
Corriente a potencia máxima (Ipm)	8.56	A
Voltaje en circuito abierto (Voc)	46.4	V
Corriente en corto circuito (Isc)	9.05	A
Características Generales		
Longitud	1956	mm
Ancho	992	mm
Profundidad	40	mm
Peso	26.5	kg

Fuente: Jinko Solar

El panel Jinko Solar de 320Wp está formado por 72 células policristalinas de alta eficiencia, tiene una tolerancia de 0/+5W, posee una eficiencia del módulo de 16.49 %.

Si seleccionamos este módulo en nuestra hoja “SUMINISTRO” obtenemos el siguiente resultado:

Tabla 10: Número de Paneles de 320Wp

TOTAL PANELES	7.52	8.00
PANELES SERIE	1.28	2
RAMAS PARALELO	4.00	
POTENCIA INSTALADA	2560.00	W

Fuente: Elaborada por los Autores

Por lo tanto, utilizando paneles de 320Wp se necesitarían 8 módulos solares los cuales estarían agrupados en 4 ramas de 2 paneles por rama.

3.1.5 Capacidad de las Baterías

Para hallar la capacidad nominal que debe tener la batería para poder disponer de esta energía fuera de las horas de luz o durante períodos de mal tiempo, se consideran 3 parámetros importantes los cuales son: la profundidad de descarga máxima estacional ($P_{Dmax,e}$), la profundidad de descarga máxima diaria ($P_{Dmax,d}$) y el número de días de autonomía (N_a); que permitirán almacenar la energía producida por el generador fotovoltaico.

a). Dimensionamos la capacidad nominal de las baterías en función de la profundidad de descarga máxima diaria, para la cual empleamos la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Cnd(Ah)} = \left(\frac{1}{\mathrm{Vsist}}\right) * \left(\frac{\mathrm{Lmd}}{\mathrm{PDmax,\,d}}\right) \ldots\ldots (\mathbf{5})$$

Donde:

$P_{Dmax,d}$: Profundidad de descarga máxima diaria.

Para poder tener la capacidad mínima diaria de energía, necesitamos generar el consumo medio diario (Wh/día) con las baterías, permitiendo el 30% de descarga máxima diaria, para luego dividirlo entre el voltaje seleccionado del sistema.

b). Dimensionamos la capacidad nominal de las baterías en función de la profundidad de descarga máxima estacional (70%) y de los días de

autonomía, para la cual primero hallamos la energía de la batería en “Wh” y luego lo dividimos entre la tensión del sistema, empleando la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Cne(Ah)} = \left(\frac{1}{\mathrm{Vsist}}\right) * \left(\frac{\mathrm{Lmd} * \mathrm{Na}}{\mathrm{PDmax,\,e}}\right) \ldots\ldots (\mathbf{6})$$

Donde:

$P_{Dmax,e:}$ Profundidad de descarga máxima estacional.

$N_{a:}$ Días de autonomía.

De las 2 capacidades halladas se selecciona la mayor para así evitar insuficiencia diaria o estacional de energía.

Para hallar el número de baterías necesarias a utilizar, viene dado por:

$$\mathrm{Nb} = \left(\frac{\mathrm{Cne}}{\mathrm{Csel}}\right) * \left(\frac{\mathrm{Vsist}}{\mathrm{Vb}}\right) \ldots\ldots (\mathbf{7})$$

Donde:

N_b: Número de baterías.

C_{sel}: Capacidad de batería seleccionada (Ah).

V_b: Voltaje de la batería seleccionada (V).

Para el dimensionamiento de la capacidad de acumulación de las baterías hemos considerado 2 de los modelos más comerciales en el mercado y con nuestro software desarrollado en Excel sabremos la capacidad que necesitamos y así determinaremos cual es la opción más económica y eficiente para nuestro sistema fotovoltaico.

a). **Batería Ritar de Plomo-Ácido 260Ah/12Vdc**

Esta batería tiene 6 celdas por unidad de 12 voltios, su capacidad es de 260Ah.

Presenta las siguientes características:

Tabla 11: Características Batería de Plomo-Ácido 12Vdc/260Ah

Características Generales		
Capacidad	260	Ah
Tensión	12	V
Largo	520	mm
Ancho	268	mm
Altura	220	mm
Peso	74	kg

Fuente: RitarPower

Si seleccionamos esta batería en nuestra hoja “SUMINISTRO” obtenemos el siguiente resultado:

Tabla 12: Capacidad de Batería de Ácido - Plomo 12Vdc/260Ah

Capacidad Nominal Estacional (Wh)	32567.46		
Capacidad Nominal Estacional (Ah)	48	678.49	Ah
	Nb	2.61	

Fuente: Elaborado por los autores

Por lo tanto, utilizando baterías de 260Ah de capacidad y trabajando a un voltaje de sistema de 48Vdc se necesitarían 2.61 baterías de 48Vdc/260Ah, pero debido a que no son muy comerciales las baterías de 48Vdc, utilizaremos baterías de 12Vdc; es decir, utilizaremos 12 baterías de 260Ah/12Vdc agrupados en 3 ramas de 4 baterías por rama para poder generar la energía necesaria y así abastecer nuestro consumo.

b). **Batería Ritar de GEL 225Ah/12Vdc**

Esta batería tiene 6 celdas por unidad de 12 voltios, su capacidad es de 225Ah.

Presenta las siguientes características:

Tabla 13: Características Batería de GEL 12Vdc/225Ah

Características Generales		
Capacidad	225	Ah
Tensión	12	V
Largo	522	mm
Ancho	240	mm
Altura	219	mm
Peso	65	kg

Fuente: Ritar

Si seleccionamos esta batería en nuestra hoja “SUMINISTRO” obtenemos el siguiente resultado:

Tabla 14: Capacidad de Batería de GEL de 12Vdc/225Ah

Capacidad Nominal Estacional (Wh)	32567.46		
Capacidad Nominal Estacional (Ah)	48	678.49	Ah
	Nb	3.02	

Fuente: Elaborado por los Autores

Por lo tanto, utilizando baterías de 225Ah de capacidad y trabajando a un voltaje de sistema de 48Vdc se necesitarían 3 baterías de 48Vdc/225Ah, pero debido a que no son muy comerciales las baterías de 48Vdc, utilizaremos baterías de 12Vdc; es decir, utilizaremos 12 baterías de 225Ah/12Vdc agrupados en 3 ramas de 4 baterías por rama para poder generar la energía necesaria y así abastecer nuestro consumo.

3.1.6 Cálculo de la Corriente del Controlador de Carga

El cálculo del regulador se realiza para determinar cuál es la mínima corriente que soporta a su entrada.

Para calcular la corriente de entrada que soporta el regulador multiplicamos la corriente de corto circuito del panel solar seleccionado por el número de ramas en paralelo por un factor de seguridad para evitar pérdidas de rendimiento y daños ocasionales al regulador.

$$\mathrm{Ient(A)} = \mathrm{Fs} * \mathrm{Isc} * \mathrm{Nparalelo} \ldots\ldots (\mathbf{8})$$

Dónde:

I_{ent}: Corriente a la entrada del controlador (A).

I_{sc}: Corriente en corto circuito del panel solar (A).

F_s: Factor de seguridad (F_s=1.25).

Para el dimensionamiento del Controlador de Carga debemos hallar cual es la mínima corriente que debe soportar, la potencia instalada y el máximo voltaje en circuito abierto de cada arreglo fotovoltaico, cuyos valores los hallamos en la hoja “CALCULO SIST. FV” de nuestro software en Excel:

Valores obtenidos en el arreglo fotovoltaico con Paneles Solares de 250Wp

Tabla 15: Características eléctricas del arreglo FV con paneles de 250Wp

Potencia instalada	2500	W
Tensión del circuito abierto	75.2	V
Corriente de cortocircuito	55.75	A

Fuente: Elaborado por los Autores

Valores obtenidos en el arreglo fotovoltaico con Paneles Solares de 280Wp

Tabla 16: Características eléctricas del arreglo FV con paneles de 280Wp

Potencia instalada	2520	W
Tensión del circuito abierto	132.60	V
Corriente de cortocircuito	30.98	A

Fuente: Elaborado por los Autores

Valores obtenidos en el arreglo fotovoltaico con Paneles Solares de 320Wp

Tabla 17: Características eléctricas del arreglo FV con paneles de 320Wp

Potencia instalada	2560	W
Tensión del circuito abierto	92.80	V
Corriente de cortocircuito	45.25	A

Fuente: Elaborado por los Autores

Por lo tanto, la mínima corriente que debe soportar nuestro regulador es de 30.98A, una potencia instalada máxima a 48V de 2560W y una tensión mínima de circuito abierto de 75.2V; para lo cual hemos considerado 3 de los modelos más comerciales en el mercado y con nuestro software desarrollado en Excel podremos determinar cuál es la opción más económica y eficiente para nuestro sistema fotovoltaico.

a). **Regulador de Carga MorningStar TS-MPPT-45**

El regulador MorningStar TS-MPPT-45 presenta las siguientes características:

Tabla 18: Características del controlador MorningStar TS-MPPT-45

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
Tensión del Sistema	12/24/48	V
Potencia FV a 48V	2400	W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150	Vdc
Corriente de cortocircuito máxima FV	45	A
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Altura	291	mm
Ancho	130	mm
Profundidad	142	mm
Peso	4.2	kg

Fuente: MorningStar

Este controlador de carga puede regular sistemas hasta 2400Wp trabajando el sistema a 48Vdc y soporta una corriente de corto circuito máxima FV de 45A.

b). **Regulador de Carga BlueSolar MPPT 150/45 Victron Energy**

El regulador BlueSolar MPPT 150/45 Victron Energy presenta las siguientes características:

Tabla 19: Características del controlador BlueSolar MPPT 150/45

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
Tensión del Sistema	12/24/48	V
Potencia FV a 48V	2600	W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150	Vdc
Corriente de cortocircuito máxima FV	50	A
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Altura	185	mm
Ancho	250	mm
Profundidad	95	mm
Peso	3	kg

Fuente: Victron Energy

Este controlador de carga puede regular sistemas hasta 2600Wp trabajando el sistema a 48Vdc y soporta una corriente de corto circuito máxima FV de 50A.

c). **Regulador de Carga PWM EPSOLAR VS6048AU**

El regulador de carga EPSOLAR VS6048AU presenta las siguientes características:

Tabla 20: Características del controlador PWM EPSOLAR VS6048AU

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
Tensión del Sistema	12/24/48	V
Tensión máxima del circuito abierto FV	96	Vdc
Corriente de cortocircuito máxima FV	60	A
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Altura	214	mm
Ancho	128.7	mm
Profundidad	72.2	mm
Peso	1.04	kg

Fuente: EPSOLAR

Este controlador de carga trabajando el sistema a 48Vdc soporta voltaje de circuito abierto del generador fotovoltaico de 96V y una corriente de corto circuito máxima de 60A.

3.1.7 Cálculo de la Potencia del Inversor

Para determinar la potencia del inversor, sumamos las potencias de las cargas en alterna y lo multiplicamos por un factor de seguridad ($Fs = 1.2$).

$$Pinv(W) = Fs * Pac \ldots\ldots (\mathbf{10})$$

Donde:

P_{inv}: Potencia del inversor (W).

Pac: Suma de la potencia en alterna de los equipos (W).

Por lo tanto:

$$Pinv = 1.2 * 2719 = 3262.8\ (W)$$

Por lo tanto, necesitamos un inversor de 3262.8W que trabaje a 48Vdc; debido a que esa potencia no es comercial, hemos considerado 1 modelo de inversor de 48Vdc/3000W y con ayuda de nuestro software desarrollado en Excel determinamos la opción más económica y eficiente para nuestro sistema fotovoltaico.

Inversor Onda Pura C48/3000 Phoenix Victron

El inversor de Onda Pura C48/3000 Phoenix Victron presenta las siguientes características:

Tabla 21: Características Inversor Onda Pura C48/3000 Phoenix Victron

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
Rango de tensión de entrada (CC)	38-66	Vdc
Tensión de salida	220	Vac
Potencia de Salida	3000	W
Pico de potencia	6000	W
CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Altura	362	mm
Ancho	258	mm
Profundidad	218	mm
Peso	18	kg

Fuente: Victron Energy

Este inversor tiene una potencia de salida de 3000W, permite una tensión de entrada de 48Vdc y posee una eficiencia del 95%.

3.1.8 Cálculo del calibre de los Conductores Eléctricos

Para la selección de los conductores eléctricos adecuados para el sistema se debe hallar la sección del conductor en función a la intensidad máxima admisible, la longitud del cable, el voltaje del sistema y la caída de tensión admisible:

$$S_{(mm2)} = 2 * \left(\frac{L * I}{k * V_{sist} * \%V}\right) \ldots\ldots (\mathbf{11})$$

Donde:

S: Sección del conductor (mm^2).

L: Longitud del Cable (m).

I: Intensidad de corriente (A).

$_k$: Conductividad del cobre a temperatura ambiente (56 m/Ohm*mm^2).

V_{sist}: Voltaje del Sistema (V).

%V: Caída de tensión admisible:

a. Caída de tensión recomendada entre módulo y controlador: 3%.

b. Caída de tensión recomendada entre controlador y batería: 1%.

c. Caída de tensión recomendada entre batería e inversor: 1%.

Figura 34: Datos técnicos THW-90

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

Hemos dividido el sistema en 3 tramos para poder hallar los conductores eléctricos apropiados:

a). **Tramo Generador Fotovoltaico – Controlador de carga:**

$$S = 2 * \left(\frac{10 * (4 * 9.05)}{56 * 48 * 0.03}\right) = 8.97\text{mm2}$$

Para este primer tramo del sistema se necesita un conductor con sección de 8.97mm^2, es decir, categoría 6AWG.

b). **Tramo Controlador de Carga – Baterías:**

$$S = 2 * \left(\frac{2 * 45}{56 * 48 * 0.01}\right) = 6.69\text{mm2}$$

Para este segundo tramo necesitamos un conductor con sección de 6.69mm^2, es decir, cable categoría 8AWG.

c). **Tramo Baterías – Inversor:**

$$S = 2 * \left(\frac{2 * \left(\frac{3000}{48}\right)}{56 * 48 * 0.01} \right) = 9.30\text{mm2}$$

Para este tercer tramo necesitamos un conductor con sección de 9.30mm^2, es decir, de categoría 6AWG.

3.2 HOJAS DE CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para poder realizar un correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo, se han insertado las fórmulas en las hojas de cálculo en MICROSOFT EXCEL. Mediante Excel podremos calcular el número de paneles, controladores de carga, baterías e inversores, nos muestra los respectivos precios de los equipos, así como también el costo por instalación que se cobraría en un sistema fotovoltaico aislado de la red.

El software está formado por 7 hojas de cálculo, en donde 4 se utilizarán para el dimensionamiento del sistema, 1 para la generación de energía y 2 para el presupuesto.

a). **Ingreso de Datos**

En esta hoja se muestra el cuadro de cargas a utilizar, en él se puede ingresar la cantidad, potencia y horas de uso al día de cada una de las cargas, además se puede ingresar algunos datos generales del lugar en donde se desea tener el sistema fotovoltaico, así como también se puede seleccionar el voltaje del sistema y los días de autonomía.

Figura 35: Ingreso de datos

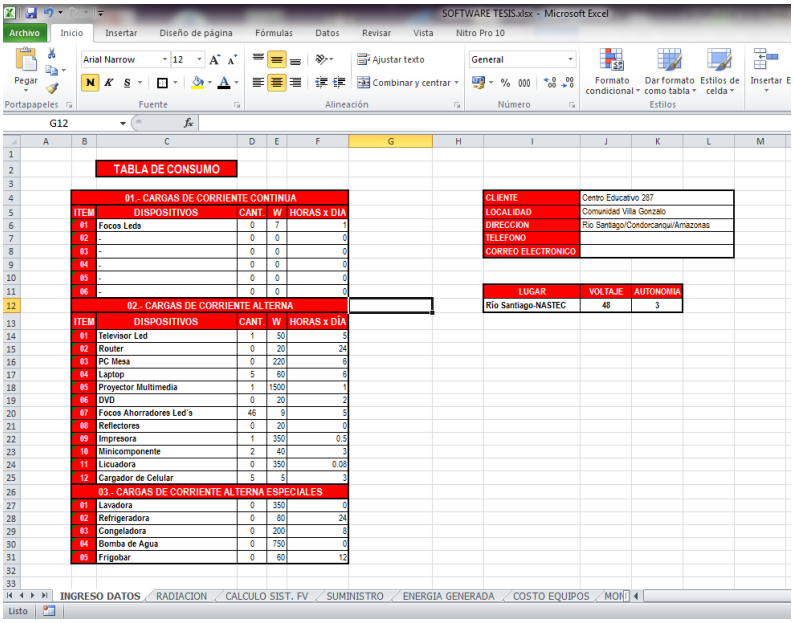


TABLA DE CONSUMO

01.- CARGAS DE CORRIENTE CONTINUA				
ITEM	DISPOSITIVOS	CANT.	W	HORAS x DIA
01.	Focos Leds	0	7	1
02.	-	0	0	0
03.	-	0	0	0
04.	-	0	0	0
05.	-	0	0	0
06.	-	0	0	0
02.- CARGAS DE CORRIENTE ALTERNA				
ITEM	DISPOSITIVOS	CANT.	W	HORAS x DÍA
01.	Televisor Led	1	50	5
02.	Router	0	20	24
03.	PC Mesa	0	220	6
04.	Laptop	5	60	6
05.	Proyector Multimedia	1	1500	1
06.	DVD	0	20	2
07.	Focos Ahorradores Led´s	46	9	5
08.	Reflectores	0	20	0
09.	Impresora	1	350	0.5
10.	Minicomponente	2	40	3
11.	Licuadora	0	350	0.08
12.	Cargador de Celular	5	5	3
03.- CARGAS DE CORRIENTE ALTERNA ESPECIALES				
01.	Lavadora	0	350	0
02.	Refrigeradora	0	80	24
03.	Congeladora	0	200	8
04.	Bomba de Agua	0	750	0
05.	Frigobar	0	60	12

CLIENTE	Centro Educativo 287
LOCALIDAD	Comunidad Villa Gonzalo
DIRECCION	Río Santiago/Condorcanqui/Amazonas
TELEFONO	
CORREO ELECTRONICO	

LUGAR	VOLTAJE	AUTONOMIA
Río Santiago-NASTEC	48	3

Fuente: Elaboración Propia

b). **Radiación**

En esta hoja se muestra un cuadro con la radiación promedio por mes del lugar en donde se desea el sistema fotovoltaico autónomo, las unidades de la radiación, la fuente de donde se obtuvieron los datos y en el otro cuadro nos resalta la radiación mínima del lugar, ya que esta es la que se toma como referencia en los cálculos.

Figura 36: Radiación del lugar

NASTEC	Villa Gonzalo-NASTEC	kWh/m2.día	3.86	3.63	3.63	3.78	3.73	3.51	3.73	4.17	4.26	4.52	4.48	4.06	3.51

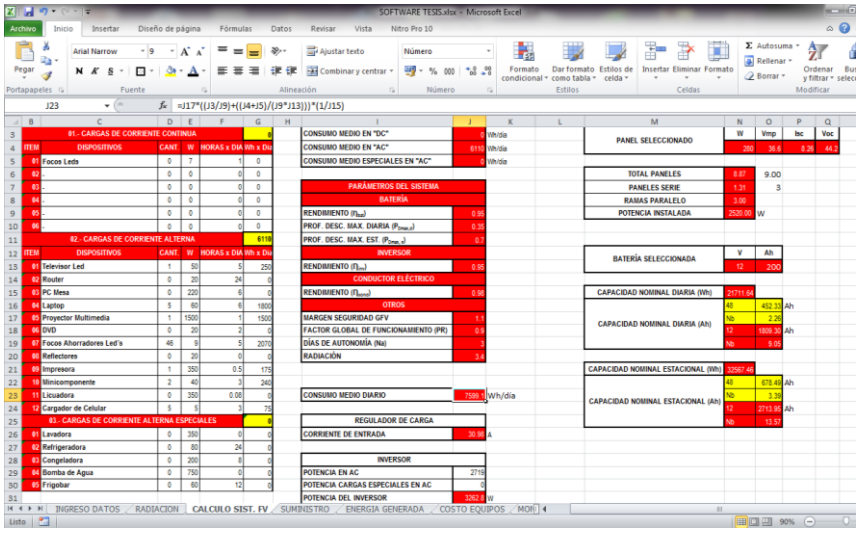
Fuente: NASTEC

c). **Cálculo Sistema Fotovoltaico**

Aquí se muestra el cuadro con las cargas a dimensionar, los parámetros del sistema, el panel seleccionado junto con algunas de sus características, la batería seleccionada junto con su voltaje y su capacidad; así como también el consumo de los dispositivos en continua y en alterna, el consumo medio diario, la cantidad de paneles, la capacidad nominal de las baterías, la

corriente de entrada del regulador, las potencias en alterna y la potencia que debe tener el inversor, cuyos valores fueron hallados utilizando las fórmulas del apartado 3.1.

Figura 37: Calculo del Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración Propia

d). **Suministro**

En esta hoja se puede seleccionar los equipos con los que se desea hacer el dimensionamiento del sistema fotovoltaico (paneles, controlador, batería, inversor) junto con sus respectivas cantidades, también se puede seleccionar algunos accesorios adicionales como la estructura para los paneles, el cableado del sistema, entre otros.

Además, nos muestra la potencia que soporta el controlador a determinados voltajes, algunas características de los paneles y algunos datos importantes del sistema.

Figura 38: Suministro de Equipos

SUMINISTRO DE MATERIALES

ITEM	EQUIPAMIENTO PRINCIPAL	UNID.	CANT.	COSTO UNIT. S/.	PRECIO S/.
	SUMINISTRO DE MATERIALES				S/. 30,251.14
1.0	Módulos de Paneles Fotovoltaicos	UNID.			
	Panel Solar Policristalino 72 Celdas 280Wp CNBM	UNID.	9	S/. 889.83	S/. 8,008.47
2.0	Controlador de Carga	UNID.			
	Controlador BlueSolar MPPT 150/45 Victron Energy	UNID.	1	S/. 1,610.17	S/. 1,610.17
3.0	Sistema de Almacenamiento	UNID.			
	Batería Solar Ritar 200Ah/12Vdc	UNID.	12	S/. 1,144.07	S/. 13,728.84
4.0	Inversor	UNID.			
	Inversor Onda Pura C48V 3000W 230V/60Hz Phoenix 48/3000 Victron	UNID.	1	S/. 3,779.66	S/. 3,779.66
5.0	Accesorios de SF	GLB.			S/. 3,124.00
	Estructura de Módulos Fotovoltaicos				
	Estructura panel solar x 01 unid. 250wp/145wp	UNID.	9	S/. 250.00	S/. 2,250.00
	ADICIONAL				
	CABLEADO				
	PANELES SOLARES				
	Cableado THW90-10AWG	UNID.	60	S/. 4.00	S/. 240.00
	CABLEADO				
	SISTEMA				
	Cableado THW90-8AWG	UNID.	20	S/. 4.20	S/. 84.00
	TABLERO DE CONEXIÓN				
	Tablero de Conexión	UNID.	1	S/. 200.00	S/. 200.00
	Accesorios de Instalación	GLB.	1	S/. 350.00	S/. 350.00

Amperaje
56-40
80-56

PANELES SERIE	3
RAMAS	3

12V	24V	48V
650	1300	2600
Isc	CORRIENTE TOTAL	Voc
8.26	30.98	44.20

VOLT. FV_{oc} POR RAMA
132.60

POTENCIA MÍNIMA REQUERIDA	2483.36	W
TOTAL PANELES	8.87	
VOLTAJE POR RAMA	105.60	V
CORRIENTE DE ENT. REGULADOR	30.98	A
VOLTAJE DEL SISTEMA	48	V
POTENCIA DEL INVERSOR	3262.8	W
CAPACIDAD DE BATERÍAS (Ah)	48	Nb
PRCIF. DESC. MAX. ESTACIONAL	678.49	3.39

Fuente: Elaboración Propia

3.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Debido a la gran cantidad de marcas y modelos de equipos para sistemas fotovoltaicos que existen en el mercado, se seleccionaron aquellos más comerciales siempre teniendo en cuenta su calidad y rendimiento.

Por lo tanto, los equipos que conforman nuestro sistema fotovoltaico autónomo son:

3.3.1 Módulo Fotovoltaico

Los paneles policristalinos Jinko Solar, ofrecen un alto rendimiento de potencia, formado por células solares de alta eficiencia, incluso puede producir potencia con radiación débil, la parte superior es de cristal templado con alta transmisividad, es resistente al impacto, a la brisa marina y al amoniaco, tiene marcos de aluminio robusto para un fácil montaje, durabilidad de 25 años, tienen una caja de conexión sellada por un alto nivel de seguridad, tiene un sistema de cableado rápido con conectores MC4 y están diseñados para grandes requerimientos de energía eléctrica, es

óptima tanto para para sistemas fotovoltaicos autónomos como para los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red.

Tabla 22: Características del Panel Jinko Solar

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
Potencia máxima	Pmax	320	Wp
Tensión en el punto de max. potencia	Vmax	37.4	V
Corriente en el punto de max. potencia	Imax	8.56	A
Tensión en circuito abierto	Voc	46.4	V
Corriente en cortocircuito	Isc	9.05	A
CARACTERISTICAS FISICAS			
Cantidad de celdas	72 celdas		
Tipo de celdas	Policristalino		
Dimensiones (L / W / H)	1956mm / 992mm / 40mm		
Peso	26.5 Kg		

Fuente: Jinko Solar

Figura 39: Jinko Solar 320Wp

Fuente: Jinko Solar

3.3.2 Baterías

El banco de baterías o cumuladores de energía de nuestro sistema fotovoltaico está formado por 12 baterías de 225Ah/12V de capacidad, los cuales están agrupados en 3 ramas de 4 baterías por rama, proporcionando así 48Vdc por rama.

Se ha seleccionado las baterías de gel Ritar DG de 12Vdc/225Ah debido a su rendimiento, mayor tiempo de vida, no contamina el medio ambiente, a la

gran demanda que tiene en el mercado y además, satisface las necesidades de nuestro sistema; sus características son:

Tabla 23: Características Batería de GEL

Características Generales		
Capacidad	225	Ah
Tensión	12	V
Largo	522	mm
Ancho	240	mm
Altura	219	mm
Peso	65	kg

Fuente: Ritar Power

Figura 40: Batería Ritar DG 12-225

Fuente: Ritar Power

3.3.3 Controlador de Carga

Para la selección del controlador o regulador de carga se debe considerar lo siguiente: la potencia que soporta el controlador a 48Vdc debe ser mayor a la potencia nominal del generador fotovoltaico, es decir, mayor a 2560Wp; el voltaje que soporte debe ser mayor al voltaje en circuito abierto producido por el generador fotovoltaico, es decir, mayor a 92.80V y la corriente nominal que soporte debe ser mayor a la corriente que le ingresa, es decir, mayor a 45.25A; teniendo en cuenta los factores mencionados se ha seleccionado el Controlador de Carga BlueSolar MPPT 150/45 de la marca Victron Energy, el cual tiene un seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia de los paneles especialmente cuando la intensidad de la luz cambia

continuamente, mejora la recepción de energía proveniente de los paneles hasta en un 30% en comparación con los controladores PWM, posee una eficiencia del 98%, tiene protección de sobre temperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura, protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles, además tiene gran demanda en el mercado.

Tabla 24: Características Generales Controlador MPPT 150/45 Victron Energy

CARACTERISTICAS GENERALES	
Tensión nominal de la batería	12 / 24 / 48V Selección Automática
Corriente de carga nominal	45A
Potencia máxima de entrada de los paneles solares	12V: 650W /24V: 1300W /48V: 2600W
Corriente de Cortocircuito máxima FV	50A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo
Eficiencia máxima	98%
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa / Cortocircuito de salida / Sobre temperatura
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)
Funcionamiento en paralelo	Si
Color	Azul
Terminales FV	35mm2/AWG2 (modelo Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos 150/85 y 150/100)
Bornes de batería	35mm2 / AWG2
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)
Peso	3kg
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185x250x95mm Modelos MC4: 215x250x95mm

Fuente: Victron Energy

Figura 41: Controlador MPPT 150/45

Fuente: Victron Energy

3.3.4 Inversor

Para la selección del inversor debemos tener en cuenta la potencia que necesitamos para satisfacer nuestro consumo, la cual tiene una demanda en "ac" de 2719W y la tensión del sistema fotovoltaico, 48Vdc.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado se seleccionó el inversor de onda pura C48V/3000W Phoenix Victron, el cual tiene una eficiencia del 95%, suministra potencia a cualquier carga como frigoríficos, compresores, motores eléctricos, etc, se puede conectar en paralelo hasta con 5 inversores con las mismas características para alcanzar una mayor potencia de salida.

Tabla 25: Características Generales Inversor C48/3000W Victron Energy

CARACTERISTICAS GENERALES	
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	Si
Rango de tensión de entrada (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)
Potencia cont. de salida 25ºC (VA) (2)	3000
Pico de potencia (W)	6000
Eficiencia máx. 12/ 24 /48 V (%)	93 / 94 / 95
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema
On/Off remoto	Sí
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%
Características comunes	Material y color: aluminio (azul)
Conexiones de la batería	2+2 Pernos M8
Conexiones 230 V CA	Bornes atornillados
Peso (kg)	18
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362x258x218

Fuente: Victron Energy

Figura 42: Inversor Victron Phoenix 48/3000

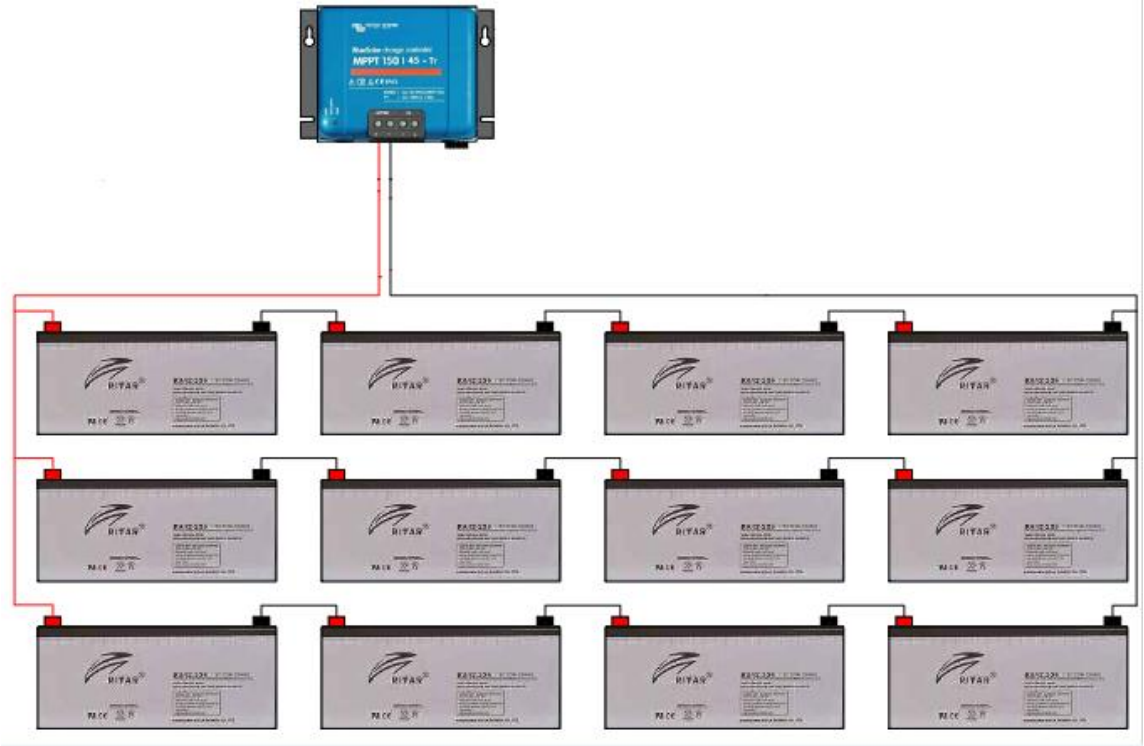
Fuente: Victron Energy

3.4 DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO

Una vez seleccionado los equipos el diseño del sistema fotovoltaico autónomo queda de la siguiente manera:

Las doce baterías de ácido plomo marca Ritar de 12V/225Ah se agruparán en 3 ramas de 4 baterías por rama generando así 48Vdc que viene a ser el voltaje del sistema fotovoltaico, una vez agrupadas sus terminales positivo y negativo se conectarán a los terminales correspondientes del controlador de carga.

Figura 43: Conexión Baterías – Controlador de Carga

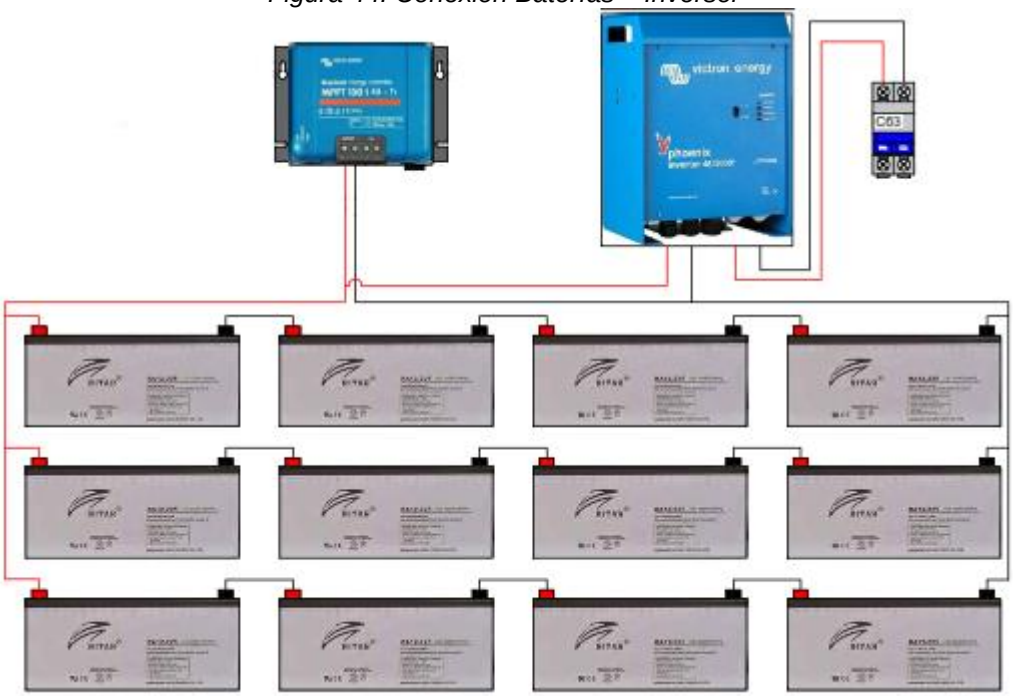


Fuente: Elaboración Propia

Los terminales de entrada de tensión del inversor de Onda Pura C48/3000 Phoenix Victron se conectarán a los terminales positivo y negativo del banco de baterías, proporcionándole así los 48Vdc y obteniendo a su salida los 220Vac necesario para alimentar a las cargas a utilizar.

El área que se necesita para la instalación del banco de baterías junto con el controlador de carga y el inversor es de aproximadamente 4m^2.

Figura 44: Conexión Baterías – Inversor

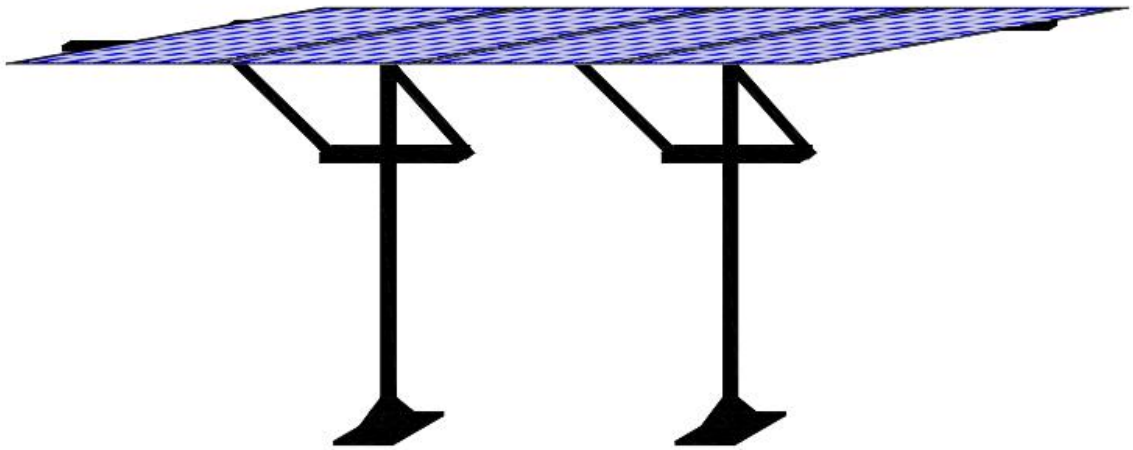


Fuente: Elaboración Propia

Los ocho paneles de 320Wp marca Jinko Solar se arreglarán en 4 ramas de 2 paneles conectados en serie los cuales generarán una potencia de 2560W, una corriente en corto circuito de 45.25A y un voltaje en circuito abierto de 92.8V, los cuales serán instalados en estructuras metálicas de fierro negro; una vez agrupados los terminales positivo y negativo del generador fotovoltaico se conectarán a los terminales correspondientes del Regulador de Carga BlueSolar MPPT 150/45 marca Victron

El área que se necesita para la instalación de los 8 paneles de 320Wp cada uno es de aproximadamente 35m^2.

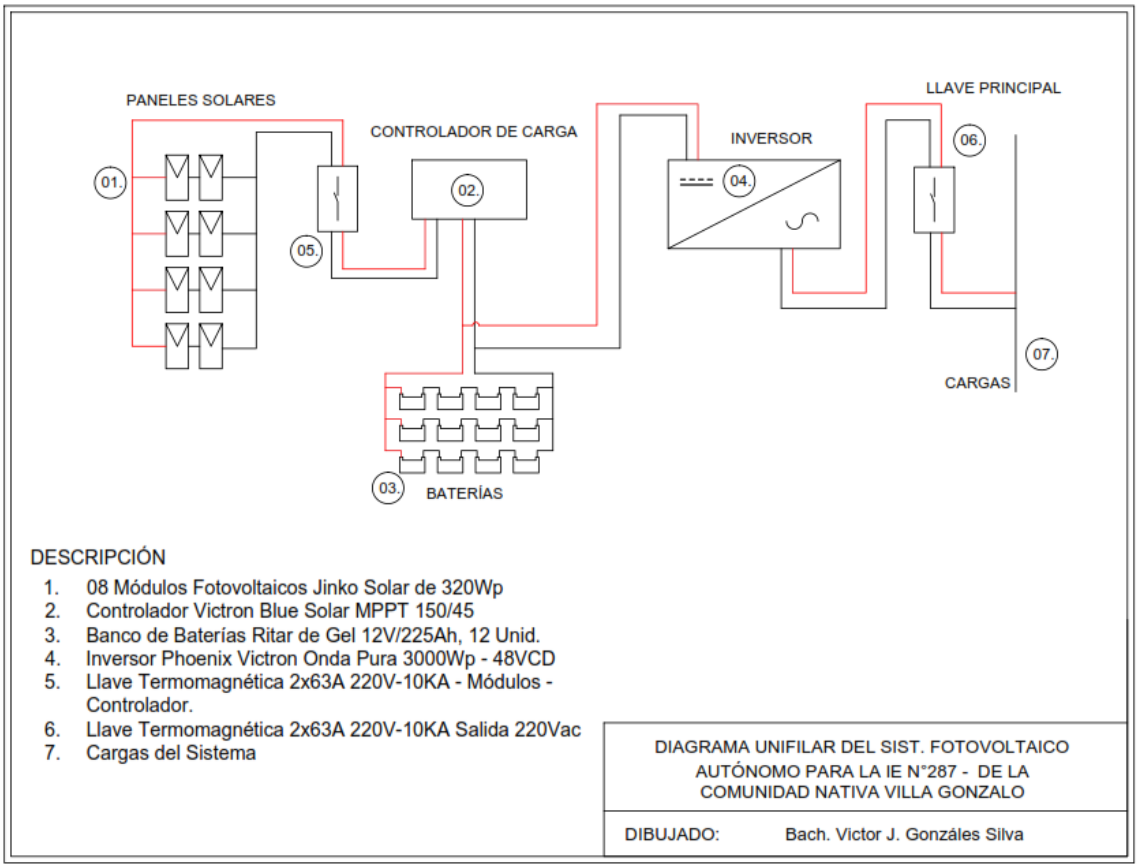
Figura 45: Estructura para los Paneles Solares



Fuente: Elaboración Propia

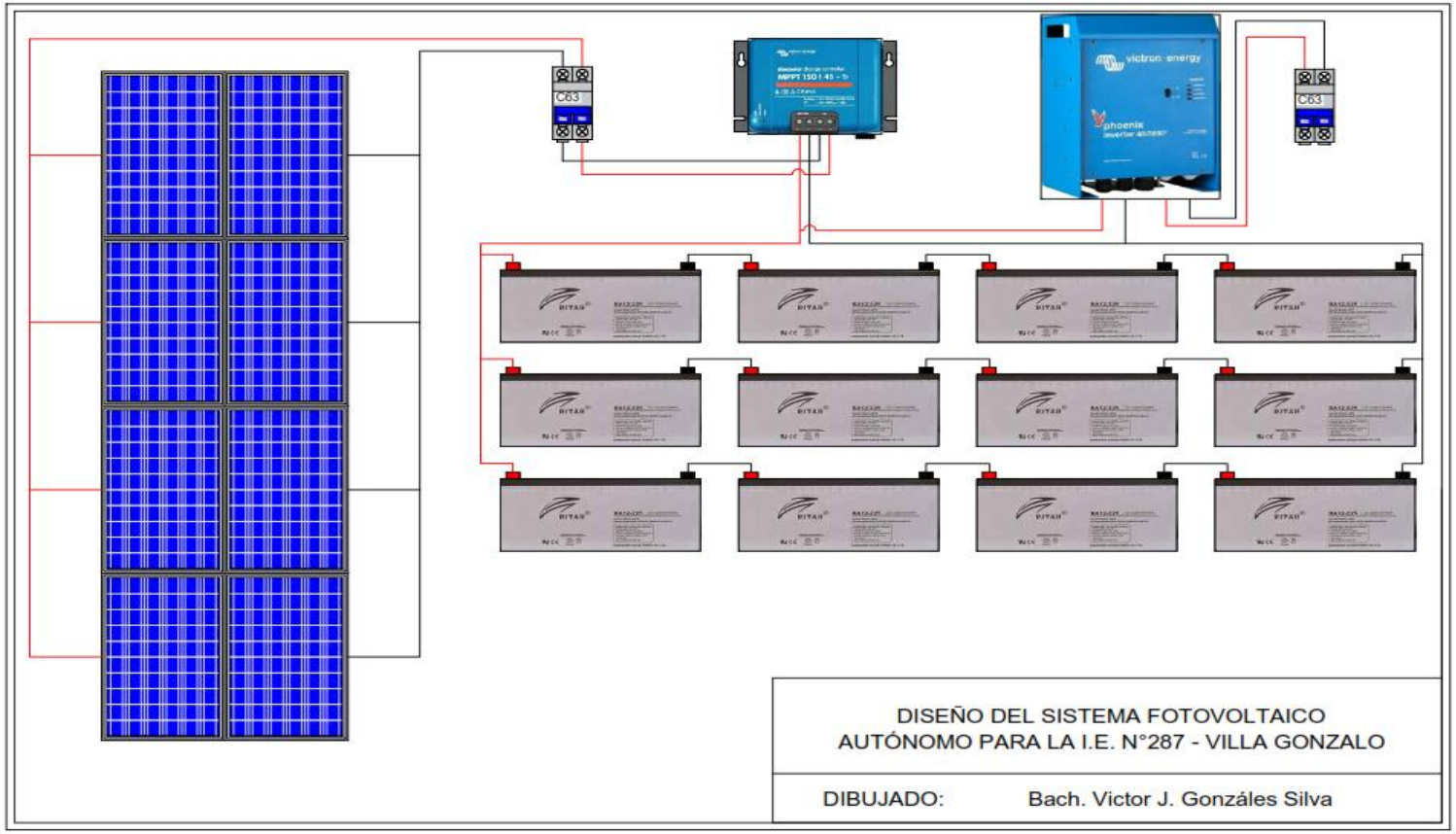
Por lo tanto, el Diseño del Sistema Fotovoltaico Autónomo viene a ser:

Figura 46: Diagrama Unifilar Sistema Fotovoltaico Autónomo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 47: Diseño del Sistema Fotovoltaico Autónomo



Fuente: Elaboración Propia

3.5 ENERGIA GENERADA

3.5.1 Energía generada con el sistema convencional

La forma más común de generar energía eléctrica en aquellos lugares donde no hay suministro eléctrico es haciendo uso de un grupo electrógeno que es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Es por este motivo que en la comunidad nativa Villa Gonzalo se utilizó hasta el año 2015 un grupo electrógeno de 3.6Kw.

La siguiente tabla nos muestra un balance de la energía generada por el grupo electrógeno con la energía consumida, trabajando 5 horas diarias

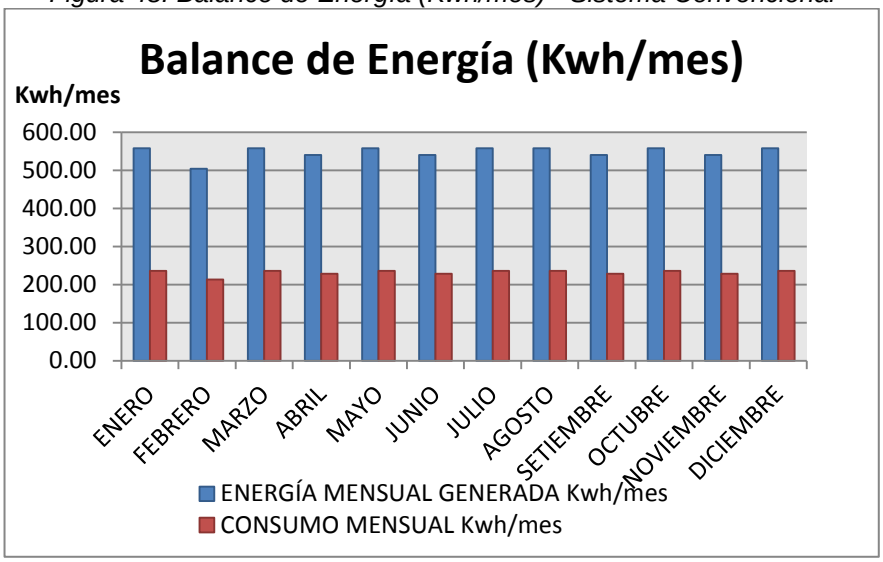
Tabla 26: Balance Energía Generada – Consumida con el Sistema Convencional

MES	DÍAS	ENERGÍA DIARIA GENERADA	CONSUMO DIARIO	ENERGÍA MENSUAL GENERADA	CONSUMO MENSUAL
		Wh/día	Wh/día	Kwh/mes	Kwh/mes
ENERO	31	18000	7599.07	558.00	235.57
FEBRERO	28	18000	7599.07	504.00	212.77
MARZO	31	18000	7599.07	558.00	235.57
ABRIL	30	18000	7599.07	540.00	227.97
MAYO	31	18000	7599.07	558.00	235.57
JUNIO	**30**	**18000**	**7599.07**	**540.00**	**227.97**
JULIO	31	18000	7599.07	558.00	235.57
AGOSTO	31	18000	7599.07	558.00	235.57
SETIEMBRE	30	18000	7599.07	540.00	227.97
OCTUBRE	31	18000	7599.07	558.00	235.57
NOVIEMBRE	30	18000	7599.07	540.00	227.97
DICIEMBRE	31	18000	7599.07	558.00	235.57

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra el balance de energía generada – consumida con el grupo electrógeno.

Figura 48: Balance de Energía (Kwh/mes) - Sistema Convencional



Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Energía generada con el sistema fotovoltaico autónomo

Energía generada con el sistema fotovoltaico autónomo

Para hallar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos hacemos uso de la siguiente fórmula:

$$\mathrm{Eg} = \mathrm{Pmpp} * \mathrm{HSPcrit} * \mathrm{PR} \ldots\ldots (\mathbf{12})$$

Donde:

Eg: Energía generada por los paneles solares.

Pmpp: Potencia generada por los paneles solares.

HSP: Horas Sol Pico en el mes crítico (3.51HPS).

PR: Factor Global de Funcionamiento (0.9).

Con la ayuda del software realizado en Excel podemos calcular la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico autónomo en cada mes del año.

En la siguiente tabla se muestra la energía diaria y mensual generada por el sistema fotovoltaico, halladas en base a la potencia instalada, las HSP del

lugar y el factor global de funcionamiento; como también el consumo diario y mensual de las cargas a utilizar.

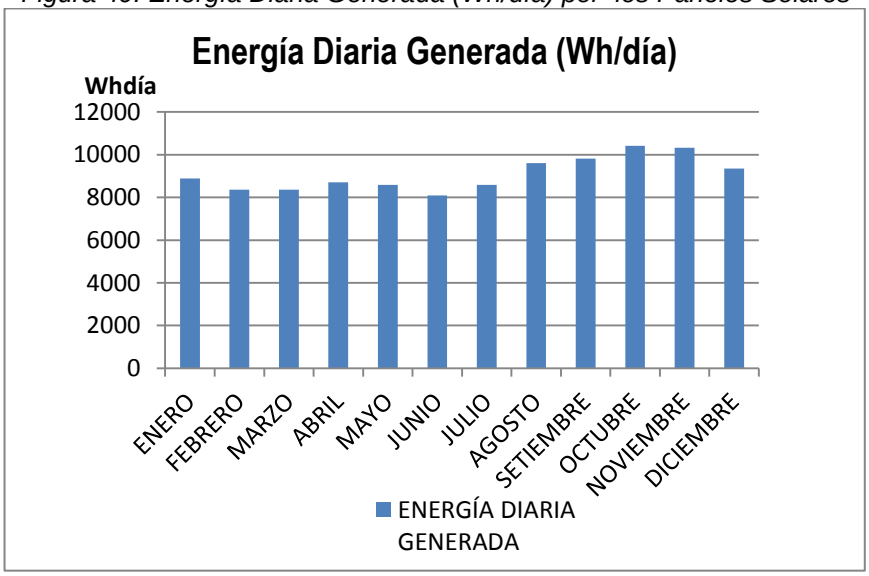
Tabla 27: Balance de Energía Generada – Energía Consumida con Sistema FVA

HORAS SOL PICO			ENERGÍA DIARIA GENERADA	CONSUMO DIARIO	ENERGÍA MENSUAL GENERADA	CONSUMO MENSUAL
MES	DÍAS	HPS	Wh/día	Wh/día	Kwh/mes	Kwh/mes
ENERO	31	3.86	8893.44	7599.07	275.70	235.57
FEBRERO	28	3.63	8363.52	7599.07	234.18	212.77
MARZO	31	3.63	8363.52	7599.07	259.27	235.57
ABRIL	30	3.78	8709.12	7599.07	261.27	227.97
MAYO	31	3.73	8593.92	7599.07	266.41	235.57
JUNIO	**30**	**3.51**	**8087.04**	**7599.07**	**242.61**	**227.97**
JULIO	31	3.73	8593.92	7599.07	266.41	235.57
AGOSTO	31	4.17	9607.68	7599.07	297.84	235.57
SETIEMBRE	30	4.26	9815.04	7599.07	294.45	227.97
OCTUBRE	31	4.52	10414.08	7599.07	322.84	235.57
NOVIEMBRE	30	4.48	10321.92	7599.07	309.66	227.97
DICIEMBRE	31	4.06	9354.24	7599.07	289.98	235.57

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente imagen se muestra la Energía Diaria Generada por los paneles solares en los meses del año:

Figura 49: Energía Diaria Generada (Wh/día) por los Paneles Solares

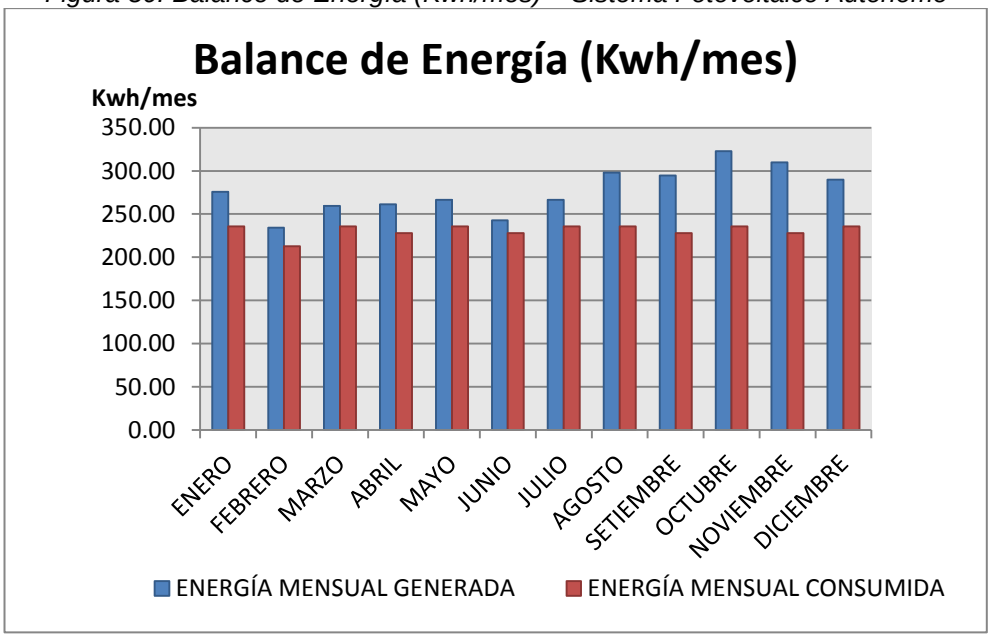


Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra un balance de la energía producida por el generador fotovoltaico, la cual consta de una potencia instalada de 2560W y

el consumo de energía de la Institución Educativa N°287 durante todos los meses del año.

Figura 50: Balance de Energía (Kwh/mes) – Sistema Fotovoltaico Autónomo



Fuente: Elaboración Propia

<u>CAPÍTULOIV:</u> ANÁLISIS ECONÓMICO – FINANCIERO

En este capítulo se realizará el análisis financiero, el cual permitirá conocer la rentabilidad económica del proyecto propuesto para la generación de energía eléctrica mediante sistema fotovoltaico autónomo.

4.1 COSTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA – SISTEMA CONVENCIONAL

Este sistema le permitió cubrir el consumo de energía eléctrica a la institución educativa con un régimen de trabajo de 5 horas diarias.

Los costos de generación de energía eléctrica utilizando este sistema son:

Tabla 28: Costo de Generación – Sistema Convencional

GRUPO ELECTRÓGENO							
Tiempo de Trabajo (H/Día)	Consumo de Combustible (GL)			Transporte (S/.)			Costo de Generación (S/.)
	Diario	Mensual	Anual	Semanal	Mensual	Anual	Anual
5	3	90	1095	S/. 300.00	S/. 1,200.00	S/. 14,400.00	**S/. 27,540.00**

Fuente: Elaboración Propia

Los costos de mantenimiento del grupo electrógeno utilizado son:

Tabla 29: Costos de Mantenimiento del Grupo Electrógeno

MANTENIMIENTO				
Cambio de aceite + Cambio de bujía + Limpieza de filtro de aire		Revisión General		Costo de Mantenimiento (S/.)
Mensual	Anual	Cada 6 meses	Anual	Anual
S/. 250.00	S/. 2,500.00	S/. 750.00	S/. 1,500.00	**S/. 4,000.00**

Fuente: Elaboración Propia

4.2 INVERSIÓN DEL PROYECTO

En la hoja “COSTO EQUIPOS” del software en Excel desarrollado por los autores se muestra una lista con los precios (sin IGV) de diferentes marcas comerciales de equipos fotovoltaicos (paneles, controlador, batería, inversor) en el mercado con sus principales características, los cuales se han tomado como referencia en esta ocasión para poder realizar el dimensionamiento y así poder elegir la mejor opción para nuestro sistema; además también se muestra los precios de algunos accesorios adicionales como estructura para los paneles, cable para el sistema y tablero de conexión.

Figura 51: Costo Equipos

BASE DE DATOS EQUIPOS FOTOVOLTAICOS

ITEM	Módulos de Paneles Fotovoltaicos	Watts	Vmp	Isc	Costo S/.	Voc
1.1	Panel Solar Policristalino 60 Celdas 250Wp Yingli Solar	250	29.8	8.92	S/. 708.66	37.6
1.2	Panel Solar Policristalino 72 Celdas 280Wp CNBM	280	36.6	8.26	S/. 844.07	44.2
1.3	Panel Solar Policristalino 72 Celdas 320Wp JinkoSolar	320	37.4	9.05	S/. 857.44	46.4

VOLTAJE SIST.
12
24
48

ITEM	Controlador de Carga	Tensión FVoc	Vcc	Icc	Costo S/.	Potencia a 12V	Potencia a 24V	Potencia a 48V
2.1	Controlador MorningStar TS-MPPT-45	150	12,24,48	60	S/. 1,377.12	600	1200	2400
2.2	Controlador PWM EPSOLAR VS6048AU	96	12,24,48	60	S/. 369.15	-	-	-
2.3	Controlador BlueSolar MPPT 150/45 Victron Energy	150	12,24,48	45	S/. 1,271.18	650	1300	2600

ITEM	Sistema de Almacenamiento	Ah	Tensión	Tipo	Costo S/.
3.1	Bateria Solar Ritar 260Ah/12Vdc	260	12	ACIDO	S/. 1,382.51
3.2	Batería Solar Ritar de GEL 225Ah/ 12vcd	225	12	GEL	S/. 1,235.88

ITEM	Inversor	Watts	Vcc	Tipo de Onda	Costo S/.
4.1	Inversor Onda Pura C48/3000W 230V/60Hz Phoenix Victron	3000	48	Senoidal Pura	S/. 3,177.97
4.2	Inversor Onda Pura 48V/3000W Liders	3000	48	Senoidal Pura	S/. 3,389.83

Fuente: Elaboración Propia

En la hoja “SUMINISTRO” se muestra el costo de suministro de los equipos necesarios para el Sistema Fotovoltaico Autónomo.

Tabla 30: Costo de Suministro de Equipos

Item	Equipamiento Principal	Unid.	Cant.	Costo Unit. S/.	Precio S/.
	SUMINISTRO DE MATERIALES				
1.0	Módulos de Paneles Fotovoltaicos	Unid.			
	Panel Solar Policristalino 72 Celdas 320Wp JinkoSolar	Unid.	8	S/. 857.44	S/. 6,859.52
2.0	Controlador de Carga	Unid.			
	Controlador BlueSolar MPPT 150/45 Victron Energy	Unid.	1	S/. 1,271.18	S/. 1,271.18
3.0	Sistema de Almacenamiento	Unid.			
	Batería Solar Ritar de GEL 225Ah/ 12vcd	Unid.	12	S/. 1,235.88	S/. 14,830.56
4.0	Inversor	Unid.			
	Inversor Onda Pura C48/3000W 230V/60Hz Phoenix Victron	Unid.	1	S/. 3,177.97	S/. 3,177.97
5.0	Accesorios de SF	Glb.			
	Estructura panel solar x unid. 200wp/300wp	Unid.	1	S/. 1,000.00	S/. 1,000.00
	Cableado THW90-6AWG	Unid.	70	S/. 5.10	S/. 357.00
	Cableado THW90-8AWG	Unid.	10	S/. 3.50	S/. 35.00
	Tablero de Conexión	Unid.	1	S/. 150.00	S/. 150.00
	Accesorios de Instalación	Glb.	1	S/. 200.00	S/. 200.00
				TOTAL	S/. 27,881.23

Fuente: Elaboración Propia

En la hoja “PRESUPUESTO” del software desarrollado en Excel se muestra la cantidad correspondiente al Transporte de los Equipos hacia la Comunidad Villa Gonzalo y el costo de instalación del sistema fotovoltaico, cuyos precios son en base al suministro de los equipos.

Por lo tanto, el Presupuesto para del Proyecto es:

Tabla 31: Presupuesto del Proyecto

PRESUPUESTO	
SUMINISTRO DE EQUIPOS	S/. 27,881.23
TRANSPORTE DE EQUIPOS	S/. 1,951.69
INSTALACION DEL SISTEMA	S/. 2,230.50
COSTO DIRECTO	S/. 32,063.41
GASTOS GENERALES	S/. 1,603.17
SUB TOTAL SIN IGV	S/. 33,666.59
IGV (18%)	S/. 6,059.99
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	**S/. 39,726.57**

Fuente: Elaboración Propia

Para poder cubrir el presupuesto del proyecto se realizará un préstamo bancario de S/. 40,000.00 con un plazo a pagar de 5 años, cuyos pagos mensuales dependerá de la tasa de interés ofrecida por el banco.

4.3 FLUJO DE CAJA

El flujo de caja es el registro de todos los ingresos y egresos a la caja a lo largo del tiempo. Dicho flujo se puede proyectar para efectos de la evaluación de la viabilidad de un proyecto.

4.3.1 Flujo de caja proyectado

El flujo de caja proyectado es realizado con data presente o estimada que nos permitirá proyectar la rentabilidad de la inversión que se realice, es decir, nos permitirá observar los ingresos y/o egresos que tendrá el proyecto durante los años de operación (20 años en este caso).

Los elementos de un flujo de caja son:

2.7.3.1 Los ingresos y egresos

Constituyen todos los flujos de entradas y salidas de caja. Los ingresos del proyecto vienen a ser los fondos generados al dejar de utilizar el grupo electrógeno diésel para la generación de electricidad y su respectivo mantenimiento anual, mientras que los egresos son la cuota anual por el préstamo bancario, la renovación de algunos equipos después de un tiempo,

los gatos de vigilancia y los gastos de mantenimiento anual del sistema fotovoltaico.

Por lo tanto, el flujo de caja del proyecto se expresa en un horizonte de evaluación de 20 años debido a la vida útil de los equipos y considerando una tasa de interés mínima de 17%.

Tabla 32: Precios de Equipos

Equipos	Cant.	Costo Unit. s/IGV	P.Unitario	Costo Total
Panel Solar	8	S/. 857.44	S/. 1,214.14	S/. 9,713.08
Regulador de Carga	1	S/. 1,271.18	S/. 1,799.99	S/. 1,799.99
Batería Solar	12	S/. 1,235.88	S/. 1,750.01	S/. 21,000.07
Inversor	1	S/. 3,177.97	S/. 4,500.01	S/. 4,500.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Egresos anuales

EGRESOS ANUALES	
Mantenimiento anual sist. FV	S/. 1,500.00
Cuota anual del préstamo	S/. 12,060.00
Vigilancia	S/. 3,600.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 52: Flujo de Caja Proyectado en un horizonte de 20 años

	Año 0	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10
Inversión	S/. 40,000.00										
Fondos Generados		S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00
AHORRO		**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**
Cuota Anual		**S/. 12,060.00**	**S/. 12,060.00**	**S/. 12,060.00**	**S/. 12,060.00**	**S/. 12,060.00**					
Presupuesto del Sistema	S/. 39,726.57		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vigilancia		S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00
Mentenimiento		S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	-	S/. 1,500.00	
Renovación Baterías		-	-	-	-	-	-	-	S/. 21,000.07	-	-
Renovación Controlador		-	-	-	-	-	-	-	-	-	S/. 1,799.99
Renovación Inversor		-	-	-	-	-	-	-	-	-	S/. 4,500.01
EGRESOS		**S/. 17,160.00**	**S/. 17,160.00**	**S/. 17,160.00**	**S/. 17,160.00**	**S/. 17,160.00**	**S/. 5,100.00**	**S/. 5,100.00**	**S/. 24,600.07**	**S/. 5,100.00**	**S/. 9,900.00**
FLUJO DE CAJA		**S/. 14,380.00**	**S/. 14,380.00**	**S/. 14,380.00**	**S/. 14,380.00**	**S/. 14,380.00**	**S/. 26,440.00**	**S/. 26,440.00**	**S/. 6,939.93**	**S/. 26,440.00**	**S/. 21,640.00**

Año11	Año12	Año13	Año14	Año15	Año16	Año17	Año18	Año19	Año20
S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00	S/. 31,540.00
S/. 31,540.00	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**	**S/. 31,540.00**
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00	S/. 3,600.00
S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	-	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00	S/. 1,500.00
-	-	-	-	-	S/. 21,000.07	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	
S/. 5,100.00	**S/. 5,100.00**	**S/. 5,100.00**	**S/. 5,100.00**	**S/. 5,100.00**	**S/. 24,600.07**	**S/. 5,100.00**	**S/. 5,100.00**	**S/. 5,100.00**	**S/. 5,100.00**
S/. 26,440.00	**S/. 26,440.00**	**S/. 26,440.00**	**S/. 26,440.00**	**S/. 26,440.00**	**S/. 6,939.93**	**S/. 26,440.00**	**S/. 26,440.00**	**S/. 26,440.00**	**S/. 26,440.00**

Fuente: Elaboración Propia

4.4 RENTABILIDAD DEL PROYECTO

4.4.1 Indicadores

El VAN y el TIR son dos herramientas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha, tales como el desarrollo de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, etc.

4.4.1.1 Valor Actual Neto (VAN)

En el libro denominado “Matemáticas Financieras para la toma de decisiones empresariales” se define: El VAN mide la rentabilidad del proyecto en valores monetarios deducida la inversión. Actualiza a una determinada tasa de descuento los flujos futuros (30) (pág.137)**.**

Es un indicador financiero que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto para determinar si luego de descontar la inversión inicial queda una ganancia.

Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros (ingresos menos egresos), además descuenta una determinada tasa de interés igual para todo el período considerado.

La fórmula que nos permite calcular el VAN es:

$$\mathrm{VAN} = -\mathrm{I}_0 + \sum_{\mathrm{t}=1}^{\mathrm{n}} \frac{FC_t}{(1+\mathrm{r})^{\mathrm{n}}} \ldots . (\mathbf{12})$$

Donde:

I_0: Inversión inicial.

FCt: Flujos de caja en cada período t.

r: Tasa de interés en la inversión.

n: Número de períodos considerados.

Los criterios de decisión del VAN son los siguientes:

VAN<0: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo tanto, el proyecto debe ser rechazado.

VAN=0: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, por lo tanto, es indiferente.

VAN>0: el valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión a la tasa de descuento elegida generará beneficios, por lo tanto, el proyecto debe ser aceptado.

4.4.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

En el libro denominado "Matemáticas Financieras para la toma de decisiones empresariales" se define: La TIR mide la rentabilidad como un porcentaje, calculado sobre los saldos no recuperados en cada período. Muestra el porcentaje de rentabilidad promedio por período, definida como aquella tasa que hace el VAN igual a cero (30) (pág.138).

La tasa interna de retorno es la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero, es decir es la máxima tasa de retorno que puede tener el proyecto para que éste sea rentable; por esta razón se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

La fórmula que nos permite calcular el TIR es:

$$0 = -\mathrm{I}_0 + \sum_{\mathrm{t}=1}^{\mathrm{n}} \frac{FC_t}{(1+\mathrm{TIR})^{\mathrm{n}}} \ldots . (\mathbf{13})$$

Donde:

I_0: Inversión inicial.

FCt: Flujos de caja en cada período t.

TIR: Tasa Interna de Retorno

n: Número de períodos considerados.

El criterio de selección será el siguiente, donde “r” es la tasa de interés en la inversión del proyecto:

TIR<r: no se alcanza la rentabilidad mínima que pide la inversión, por lo tanto, el proyecto debe rechazarse.

TIR=r: es la situación similar a la que se producía cuando el VAN es cero, por lo tanto, el proyecto es indiferente.

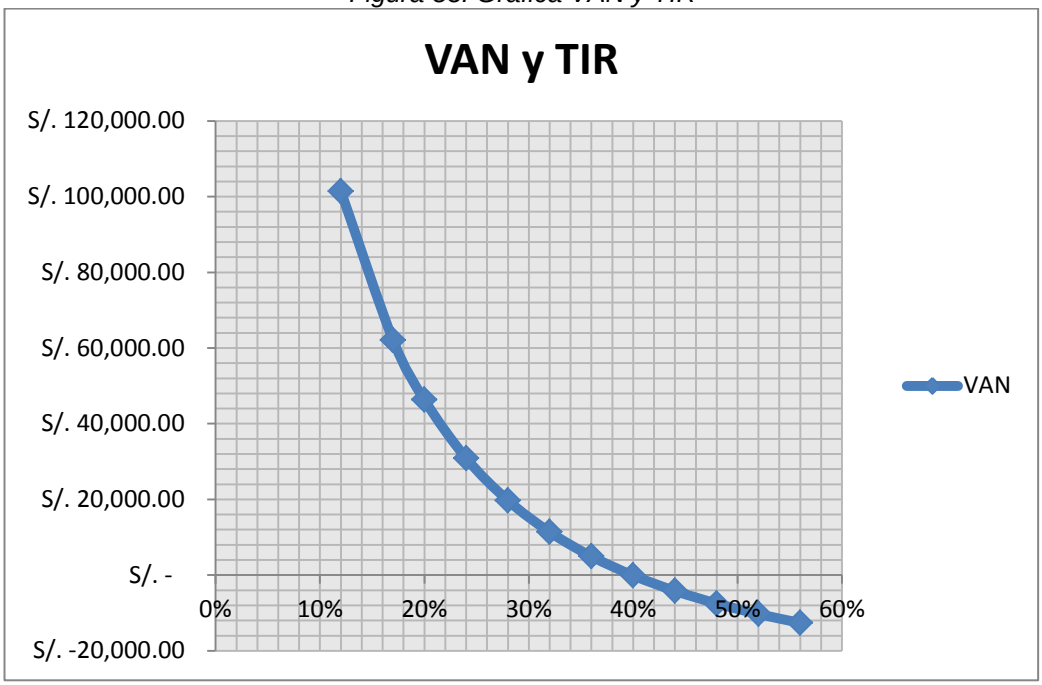
TIR>r: la tasa de rendimiento que se obtiene es superior a la tasa de interés en la inversión, por lo tanto, el proyecto será aceptado.

Tabla 34: Indicadores de Rentabilidad

TASA DE INTERES %	VAN	TIR
17.00%	S/. 62,080.72	39.91%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 53: Gráfica VAN y TIR



Fuente: Elaboración Propia

<u>CAPÍTULOV:</u> CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se determinó cual es el tipo de sistema fotovoltaico adecuado para la Institución Educativa N°287-
- Se calculó el consumo de energía eléctrica diaria en la I.E.N° 287 la constan de 6110Wh/dia.
- Se obtuvo los valores de HSP de la comunidad nativa Villa Gonzalo y se escogió las Horas Pico Sol del mes crítico (3.51 HPS), utilizando el software de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos proporcionados por NASTEC.
- Se utilizó el software Excel para realizar el correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico obteniendo como resultado 8 paneles solares de 320Wp, 12 baterías de gel 225Ah/ 12vcd, 1 controlador de carga MPPT 150/45, 1 inversor onda pura c48/3000w 230v/60Hz.
- Se realizó un estudio de varias marcas de los equipos que conforman un sistema fotovoltaico para determinar cuáles satisfacen la demanda de consumo de energía.
- Se calculó el presupuesto de inversión del proyecto utilizando sistema fotovoltaico basándonos en precios reales del mercado que consta de s/ 39,726.57.
- Se determinó la rentabilidad del proyecto frente a la tasa de interés bancaria haciendo uso de las herramientas financieras VAN: s/ 62,080.72 y TIR: 39.91%.

- Los sistemas fotovoltaicos es una alternativa de generación de energía eléctrica debido a que es amigable con el medio ambiente ya que no emite CO2 ni generan sonidos molestosos a la sociedad.

RECOMENDACIONES

- Considerar la radiación solar mínima del lugar en donde se desea implementar un sistema fotovoltaico para que satisfaga la demanda de consumo de energía eléctrica.
- Si el consumo de energía eléctrica diaria supera los 6110Wh/día, se recomienda aumentar la cantidad de paneles y baterías teniendo en cuenta las características técnicas de los equipos seleccionados.
- En caso de aumentar la cantidad de panelas, no superar la cantidad de voltaje y corriente de entrada que permite el controlador.
- Debido a que los paneles superan los 200wp cada uno se recomienda utilizar un controlador MPPT.
- Se recomienda elegir una entidad bancaria con una tasa de interés inferior al 39%, para que la inversión del proyecto sea rentable.

Bibliografía

1. Wikipedia. [Online].; 2015 [cited 2017 Agosto 23. Available from: https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_R%C3%ADo_Santiago.
2. DePeru.com. [Online].; 2015 [cited 2017 agosto 23. Available from: http://www.deperu.com/centros-poblados/puerto-galilea-1594.
3. Osinergmin. Osinergmin. [Online].; 2013 [cited 2017 Octubre 24. Available from: http://www2.osinerg.gob.pe/EnergiasRenovables/contenido/IntroduccionEnergiasRenovables.html.
4. Vercelli A. ENERGIAS COMO BIENES COMUNES. [Online].; 2012 [cited 2017 agosto 25. Available from: http://www.energias.bienescomunes.org/2012/06/26/que-es-la-energia-geotermica/.
5. González R. Twenergy. [Online].; 2012 [cited 2017 Octubre 25. Available from: https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-hidraulica-426.
6. Cabrera Acosta D, Gutiérrez Díaz A. CubaSolar. [Online].; 2015 [cited 2017 agosto 26. Available from: http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar56/HTML/articulo06N.html.
7. Calvo M. twenergy. [Online].; 2012 [cited 2017 agosto 26. Available from: https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-eolica-382.
8. Bionegocios. Ecopost. [Online].; 2017 [cited 2017 Octubre 24. Available from: https://www.ecopost.info/2016-ano-record-la-renovables-mundo/.
9. Delta Volt. [Online].; 2017 [cited 2017 Octubre 25. Available from: http://deltavolt.pe/energia-renovable/renovable-peru.
10. Madrid C. Guía de la Energía Solar. Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica; 2006.
11. Barredo J. Informe Anual 2016: El tiempo de la energía solar fotovoltaica. 2016..
12. Roca JA. Las 10 (y siete) mayores plantas fotovoltaicas del mundo (Actualización). El Periódico de la Energía. 2017 Mayo.
13. Rodríguez Valdivia E. Arequipa en la era solar, ya produce energía con el sol. La república. 2012 Diciembre.
14. Motta R. Humala inauguró dos plantas de energía fotovoltaica que producirán 40 megavatios. La República. 2013 Marzo.
15. Andrade MPd. Definición ABC. [Online].; 2015 [cited 2017 octubre 20. Available from: https://www.definicionabc.com/ciencia/radiacion-solar.php.
16. Alonso Lorenzo JA. Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas. 2015..

17. segundo IyNsa. QuimiNet. [Online].; 2011 [cited 2017 Octubre 26. Available from: https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-sistema-fotovoltaico-2638847.htm.
18. Perpiñan Lamigueiro O. Energía Solar Fotovoltaica; 2015.
19. Style O. Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo. Primera Edición ed.: ITACA; 2012.
20. Aparicio Pareja M. Energía Solar Fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada. Segunda ed. Barcelona: Marcombo; 2010.
21. Orbegozo C, Arivilca R. Energía solar Fotovoltaica; 2010.
22. Solar D. Damia Solar. [Online].; 2016 [cited 2017 Octubre 26. Available from: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo_1.
23. IDEA G. Universidad de Jaén. [Online].; 2015 [cited 2017 Octubre 30. Available from: https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_main_frame/04_componen/02_acumulador/01_basico/4_acum_01.htm.
24. Delta Volt. [Online].; 2016 [cited 2017 octubre 27. Available from: http://deltavolt.pe/energia-renovable/baterias.
25. Damia Solar. [Online].; 2016 [cited 2017 octubre 25. Available from: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-regulador-solar-necesito_1.
26. Damia Solar. [Online].; 2015 [cited 2017 octubre 26. Available from: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/usar-reguladores-maximizadores-mppt_1.
27. Europe DTdS. sfe-solar. [Online].; 2015 [cited 2017 octubre 25. Available from: https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-solares-ondulador-o-inversor-fotovoltaico/.
28. Damia Solar. [Online].; 2014 [cited 2017 octubre 27. Available from: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/escoger-un-inversor-de-onda-pura-o-onda-modificada_1.
29. Europe DtdS. SunFields Europe. [Online].; 2017 [cited 2017 Octubre 27. Available from: https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calculo-seccion-de-cable-para-paneles-solares/.
30. Aching Guzmán C. Matemáticas Financieras para toma de decisiones empresariales Samatelo Valdivia M, editor.
31. Sebastián E. Eliseo Sebastian Consultor en Gestión de Medio Ambiente. [Online].; 2013 [cited 2017 Octubre 28. Available from: http://eliseosebastian.com/calcular-cables-conductores-para-paneles-fotovoltaicos-2/.
32. AliExpress. [Online].; 2014 [cited 2017 octubre 27. Available from: https://es.aliexpress.com/item/EPever-VS6048AU-60A-PWM-Solar-Charge-Controller-12V-24V-36V-48V-DC-Auto-with-Informative-Black/32808946092.html?aff_platform=aaf&cpt=1503034514993&sk=2

nQvf6u&aff_trace_key=88475d44deff47a892df51ad76feaeba-1503034514993-06418.

33. Ortíz H. Eco Solar. [Online].; 2016 [cited 2017 octubre 26. Available from: https://www.ecosolaresp.com/el-regulador-de-carga-solar/.
34. TECNOSOL. [Online].; 2016 [cited 2017 octubre 26. Available from: http://tecnosolab.com/dimensionar-el-regulador-solar-pwm-o-mppt/.
35. ritarpower. [Online].; 2016 [cited 2017 octubre 27. Available from: http://www.ritarpower.com/battery/Reserve%20Power%20Battery/RA%20Series/.
36. PANEL SOLAR PERÚ. [Online].; 2017 [cited 2017 octubre 27. Available from: https://www.panelsolarperu.com/productos/19-bateria-agm-seca-65a.html.
37. VENTAGENERADORES.NET. [Online].; 2016 [cited 2017 octubre 27. Available from: http://www.ventageneradores.net/generador-electrico-gasolina/generador-gasolina-4kva-garland.
38. NASTEC. [Online].; 2016 [cited 2017 octubre 28. Available from: http://solar.nastec.eu/User/Login?ReturnUrl=%2F.
39. Educación Md. Estadística de la Calidad Educativa. [Online].; 2010 [cited 2017 setiembre 15. Available from: http://escale.minedu.gob.pe/PadronWeb/info/ce?cod_mod=1365501&anexo=0.
40. Jinko Solar. [Online].; 2013 [cited 2017 setiembre 20. Available from: https://www.jinkosolar.com/.
41. energy v. victron energy. [Online]. [cited 2017 setiembre 20. Available from: https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers.
42. Villarrubia López M. Ingeniería de la Energía Eólica. Primera ed. Barcelona: Marcombo S.A.; 2012.
43. Sebastián Nogués F. Energía de la Biomasa. 1st ed. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza; 2010.
44. Fernández Barrera M. Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica Madrid: Liberfactory; 2010.
45. Arnal Atares PV, Laguna Blanca A. Tractores y Motores Agrícolas. Tercera ed.: Mundi-Prensa; 2005.
46. Vicente Mascarós M. Gestión del montaje de instalaciones solares fotovoltaicas. Primera ed. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.; 2016.
47. Valentín Labarta JL. Instalaciones Solares Fotovoltaicas: DONOSTIARRA.
48. Moro Vallina M. Instalaciones Solares Fotovoltaicas Madrid: Editorial Paraninfo S.A.; 2010.
49. Martínez Jiménez A. Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicas: Editorial Paraninfo S.A.; 2012.
50. Rodríguez Galbarro H. ingemecánica. [Online].; 2017 [cited 2017 Octubre 27. Available from: http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html.
51. Pueyo Serrano JL. Instalaciones Solares Fotovoltaicas. 11510th ed.

Zaragoza, España: Licencia Creative Commons 4.0 Internacional.

52. González R. Twenergy. [Online].; 2012 [cited 2017 Octubre 25. Available from: https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-hidraulica-426.

53. victor. Wikipedia. [Online].; 2016 [cited 2017 Agosto 23. Available from: www.wikipedia.com.

ANEXOS

ANEXO A: Radiación Solar según software de dimensionamiento NASTEC.

ANEXO B: Especificaciones técnicas del panel solar.

ANEXO C: Especificaciones técnicas de la batería solar.

ANEXO D: Especificaciones técnicas del controlador de carga.

ANEXO E: Especificaciones técnicas del inversor

ANEXO F: Especificaciones técnicas del cable THW-90.

ANEXO G: Diagrama unifilar del Sistema Fotovoltaico Autónomo.

ANEXO H: Plano de la estructura para los módulos fotovoltaicos.

ANEXO I: Plano de Diseño del Sistema Fotovoltaico Autónomo.

ANEXO A: RADIACIÓN SOLAR SEGÚN SOFTWARE DE DIMENSIONAMIENTO NASTEC

1. INSTALLATION SITE

Location

Rio Santiago, Condorcanqui, Perú

Latitude	Longitude	Altitude (M)	GMT Offset (Hour(S))
-3.945	-77.7541	190	-5

Selected months for operation

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVG
Average daily solar irradiance [kWh/m^2/day] for latitude tilted panels	3.86	3.63	3.63	3.78	3.73	3.51	3.73	4.17	4.28	4.52	4.48	4.06	3.95
Max daily ambient temperature [°C]	29.25	28.47	28.96	28.51	28.73	28.79	28.91	30.01	31.14	31.57	30.78	29.59	29.58
Min daily ambient temperature [°C]	22.43	21.82	22.09	21.57	21.24	20.79	20.06	20.60	21.92	22.76	22.63	22.52	21.70
Average daily temperature [°C]	25.84	25.15	25.53	25.04	24.99	24.79	24.49	25.31	26.53	27.17	26.71	26.06	25.63

This document is created by Nastec NSC
The information provided in this document is the result of calculations based on statistical data and approximations. Nastec disclaims any liability arising from errors.

powered by NASTEC
> we move it faster >

ANEXO B: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PANEL SOLAR

www.jinkosolar.com

JinKO Solar
Building Your Trust in Solar

JKM325PP-72(Plus) 310-325 Vatios

MÓDULO POLICRISTALINO

Tolerancia positiva 0/+3%

Fábrica con certificación ISO9001:2008, ISO14001:2004,OHSAS18001
Productos con certificación IEC61215, IEC61730

Principales características

Potencia Elevada:
Los módulos de 72 células policristalinos alcanzan potencias de hasta 325Wp.

Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):
Se garantiza una degradación limitada de la potencia del módulo Eagle causada por la Degradación Potencial Inducida (PID por sus siglas en inglés) bajo condiciones de 60ºC/85% de humedad relativa para la producción en masa..

Rendimiento con baja irradiación lumínica:
El avanzado cristal y el texturizado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.

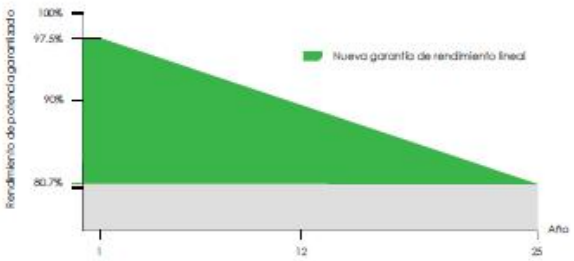
Resistencia en condiciones climatológicas adversas:
Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (5.400 Pascal).

Resistencia en condiciones ambientales extremas:
Alta resistencia a la brisa marina y al amoniaco, certificado por TÜV NORD.

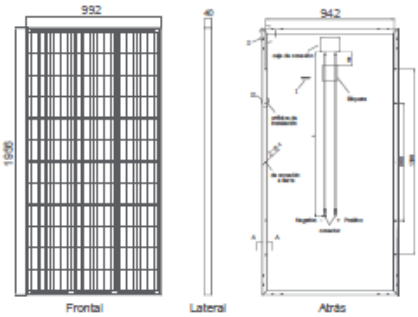
Coeficiente de Temperatura:
El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

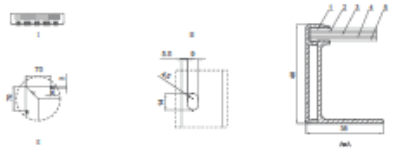
GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

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

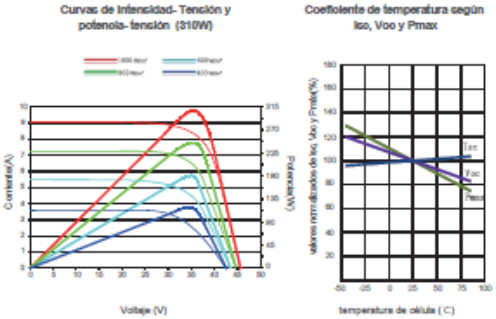


Dibujos técnicos





Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



Embalaje

(Dos cajas = un palet)

25 pzs./caja, 50 pzs./caja, 600 pzs./40 'HQ contenedores

Características mecánicas

Tipo de célula	Policristalina 156×156 mm (6 pulgadas)
Nº de células	72 (6×12)
Dimensiones	1956×992×40mm (77,01×39,05×1,57 pulgadas)
Peso	26,5 kg (58,4 libras.)
Vidrio frontal	4,0mm, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	TÜV 1×4,0 mm², Longitud: 900mm

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	JKM310PP(Plus)		JKM315PP(Plus)		JKM320PP(Plus)		JKM325PP(Plus)	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmáx)	310Wp	231Wp	315Wp	235Wp	320Wp	238Wp	325Wp	242Wp
Tensión en el punto Pmáx-VMPP (V)	37.0V	33.9V	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V
Corriente en el punto Pmáx-IMPP (A)	8.38A	6.81A	8.48A	6.84A	8.56A	6.86A	8.66A	6.91A
Tensión en circuito abierto-VOC (V)	45.9V	42.7V	46.2V	43.2V	46.4V	43.7V	46.7V	44.0V
Corriente de cortocircuito-ISC (A)	8.96A	7.26A	9.01A	7.29A	9.05A	7.30A	9.10A	7.34A
Eficiencia del módulo (%)	15.98%		16.23%		16.49%		16.75%	
Temperatura de funcionamiento (℃)	-40℃~+85℃							
Tensión máxima del sistema	1000VDC (IEC)							
VALORES máximos recomendados de los fusibles	15A							
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+3%							
Coeficiente de temperatura de PMAX	-0.40%/℃							
Coeficiente de temperatura de VOC	-0.30%/℃							
Coeficiente de temperatura de ISC	0.06%/℃							
TEMPERATURA operacional nominal de célula	45±2℃							

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

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

• TOLERANCIA de medición de potencia: ± 3%

La empresa se reserva el derecho final de explicación de toda la información presentada por este medio. SP-MKT-320PP(Plus)_rev2015

ANEXO C: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BATERÍA SOLAR

DG12-225(12V225Ah)

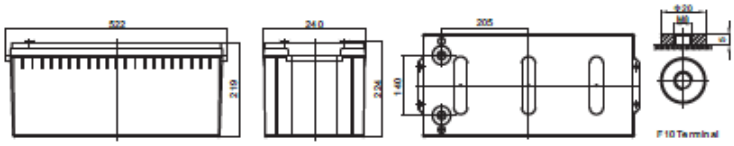
RITAR®

Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	225Ah@20hr-rate to 1.75V per cell @25°C
Weight	Approx. 65.0 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Internal Resistance	Approx. 4.8 mΩ
Terminal	F16(M8)/F10 (M8)
Max. Discharge Current	2250A (5 sec)
Design Life	15 years (floating charge)
Maximum Charging Current	45.0A
Reference Capacity	C3 153.6AH C5 170.5AH C10 195.0AH C20 226.0AH
Float Charging Voltage	13.6 V~13.8 V @ 25°C Temperature Compensation: -3mV/°C/Cell
Cycle Use Voltage	14.2 V~14.4 V @ 25°C Temperature Compensation: -4mV/°C/Cell
Operating Temperature Range	Discharge: -40°C~60°C Charge: -20°C~50°C Storage: -40°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for up to 6 months at 25°C and then recharging is recommended. Monthly Self-discharge ratio is less than 3% at 25°C. Please charged batteries before using.
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.

DG (Deep Cycle GEL) series is pure GEL battery with 15 years floating design life , it is ideal for standby or frequent cyclic discharge applications under extreme environments. By using strong grids, high purity lead and patented Gel electrolyte, the DG series offers excellent recovery capability after deep discharge under frequent cyclic discharge use, and can deliver 450 cycles at 100% DOD. Suitable for solar & wind system, CATV, marine, RV and deep discharge UPS, and telecommunication, etc.

Dimensions



Length	522±1mm (20.6 inches)
Width	240±1mm (9.45 inches)
Height	219±1mm (8.62 inches)
Total Height	224±1mm (8.82 inches)
Terminal	Value
M5	6~7 N*m
M6	8~10 N*m
M8	10~12 N*m

Unit: mm

Constant Current Discharge Characteristics : A(25°C)

F.V/Time	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	307.9	206.3	125.8	75.3	52.0	42.6	34.9	24.0	20.3	12.4
1.65V	301.5	204.5	125.2	74.7	51.8	42.4	34.7	23.8	20.1	11.9
1.70V	296.8	203.2	124.0	74.1	51.4	42.2	34.5	23.6	19.9	11.6
1.75V	285.9	200.1	122.9	73.6	51.2	41.8	34.1	23.5	19.7	11.3
1.80V	266.6	193.2	120.0	72.2	49.8	40.9	33.5	23.1	19.5	10.6
1.85V	241.9	182.7	114.0	69.0	47.6	38.9	32.0	22.1	19.0	10.1

Constant Power Discharge Characteristics : WPC(25°C)

F.V/Time	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
1.60V	564	392	242	148	103	84.7	69.4	47.8	40.5	21.9
1.65V	555	387	242	147	103	84.6	69.2	47.6	40.2	21.5
1.70V	549	389	240	146	103	84.4	69.0	47.3	39.9	21.1
1.75V	530	383	238	145	102	83.6	68.1	46.9	39.5	20.7
1.80V	495	371	233	143	99.6	81.7	66.9	46.1	39.1	20.3
1.85V	451	352	223	138	95.3	77.8	64.0	44.2	37.9	19.1

(Note) The above characteristics data are average values obtained within three charge/discharge cycle not the minimum values.

ANEXO D: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONTROLADOR DE CARGA

victron energy
BLUE POWER

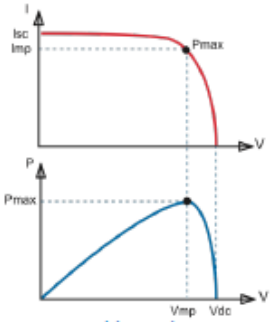
Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV

MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100

www.victronenergy.com

Controlador de carga solar
MPPT 150/70-Tr

Controlador de carga solar
MPPT 150/70-MC4



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 I x 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.

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.

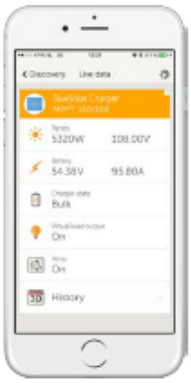
Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

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

Amplia protección electrónica
Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
Protección de corriente inversa FV.

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 Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 /48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)				
Corriente de carga nominal	45A	60A	70A	85A	100A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W	1200W	1450W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W	2400W	2900W
Potencia FV nominal, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W	4900W	5800W
Corriente de cortocircuito máxima FV 2)	50A	50A	50A	70A	70A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98%				
Autoconsumo	10mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / -32 mV / -68 mV / °C				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95%, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 3)	35 mm²/AWG2 (modelos Tr), Dos conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos de hasta 150/70) Tres conjuntos de conectores MC4 MC4 (modelos 150/85 y 150/100)				
Bornes de batería	35 mm² / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3kg			4,5kg	
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95mm			Modelos Tr: 216 x 295 x 103mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103mm	
ESTÁNDARES					
Seguridad	EN/IEC 62109				

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada.
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.
2) Un sistema FV con una corriente de cortocircuito más alto dañaría al controlador.
3) Modelos MC4: se podrían necesitar varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.
Corriente máximo por conector MC4: 30A (los conectores MC4 están conectados en paralelo a un rastreador MPPT)

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

victron energy
BLUE POWER

ANEXO E: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INVERSOR

Inversor Phoenix	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Funcionamiento en paralelo y en trifásico	SI				
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida	Salida: 230V ± 2% / 50/60Hz ± 0,1% (1)				
Potencia cont. de salida 25ºC (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Potencia cont. de salida 25ºC (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Potencia cont. de salida 40ºC (W)	900	1200	1450	2200	3700
Potencia cont. de salida 65ºC (W)	600	800	1000	1700	3000
Pico de potencia (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Eficacia máx. 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Consumo en vacío en modo AES (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Consumo en vacío modo Search (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
GENERAL					
Relé programable (3)	SI				
Protección (4)	a – g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
On/Off remoto	SI				
Características comunes	Temperatura de funcionamiento: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): Máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Tipo de protección: IP 21				
Conexiones de la batería	cables de batería de 1,5 metros se incluye		Pernos M8	2+2 Pernos M8	
Conexiones 230 V CA	Enchufe G-ST18I		Abrazadera-resorte	Bornes atornillados	
Peso (kg)	10		12	18	30
Dimensiones (al x an x p en mm.)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
NORMATIVAS					
Seguridad	EN 60335-1				
Emisiones / Inmunidad	EN 55014-1 / EN 55014-2				
Directiva de automoción	2004/104/EC	2004/104/EC		2004/104/EC	

1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V.
2) Carga no lineal, factor de cresta 3:1
3) Relé programable que puede configurarse en alarma general, subtensión de CD o como señal de arranque de un generador (es necesario el interfaz MK2 y el software VEConfigure)
Capacidad nominal CA 230V / 4A
Capacidad nominal CC 4 A hasta 35VDC, 1 A hasta 60VDC

4) Protección:
a) Cortocircuito de salida
b) Sobrecarga
c) Tensión de la batería demasiado alta
d) Tensión de la batería demasiado baja
e) Temperatura demasiado alta
f) 230 V CA en la salida del inversor
g) Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta

Panel de Control para Inversor Phoenix
También puede utilizarse en un Inversor/cargador MultiPlus cuando se desea disponer de un conmutador de transferencia automático, pero no de la función como cargador. La luminosidad de los LED se reduce automáticamente durante la noche.

Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador
Hay varias interfaces disponibles:

Color Control GX
Proporciona monitorização e controlo, de forma local e remota, no Portal VRM.

Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB
Se conecta a un puerto USB (ver Guía para el VEConfigure*)

Interfaz VE.Bus a NMEA 2000
Liga o dispositivo a uma rede eletrónica marinha NMEA2000. Consulte o guia de integração NMEA2000 e MFD

Monitor de baterías BMV-700
El monitor de baterías BMV-700 dispone de un avanzado sistema de control por microprocesador combinado con un sistema de medición de alta resolución de la tensión de la batería y de la carga/descarga de corriente. Aparte de esto, el software incluye unos complejos algoritmos de cálculo, como la fórmula Peukert, para determinar exactamente el estado de la carga de la batería. El BMV muestra de manera selectiva la tensión, corriente, Ah consumidos o tiempo restante de carga de la batería. El monitor también almacena una multitud de datos relacionados con el rendimiento y uso de la batería.

Hay varios modelos disponibles (ver la documentación del monitor de baterías).

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

ANEXO F: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CABLE THW-90

INDECO
empresa Nexans

THW-90

Usos

Aplicación general en instalaciones fijas, edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo, conexiones de tableros de control y en general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al TW-80.

Descripción

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido, cableado ó flexible. Aislamiento de PVC.

Características

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, productos químicos, grasas, aceite y al calor hasta la temperatura de servicio. Retardante a la llama.

Marca

INDECO S.A. THW-90 450/750 V <Sección> <Año de Fabricación>

Calibres

2.5 mm² - 500 mm²

Embalaje

De 2.5 a 10 mm²: En rollos estándar de 100 metros.
De 16 a 500 mm²: En carretes de madera.

Colores

De 2.5 a 10 mm²: Amarillo, azul, blanco, negro, rojo y verde.
Mayores de 16 mm²: Solo en color negro.

Normas de Fabricación
NTP 370.252
Tensión de servicio
450/750 V
Temperatura de operación
90ºC

e-mail / ventas@indeco.com.pe / marketing@indeco.com.pe / web / www.indeco.com.pe 1
Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.

INDECO
empresa Nexans

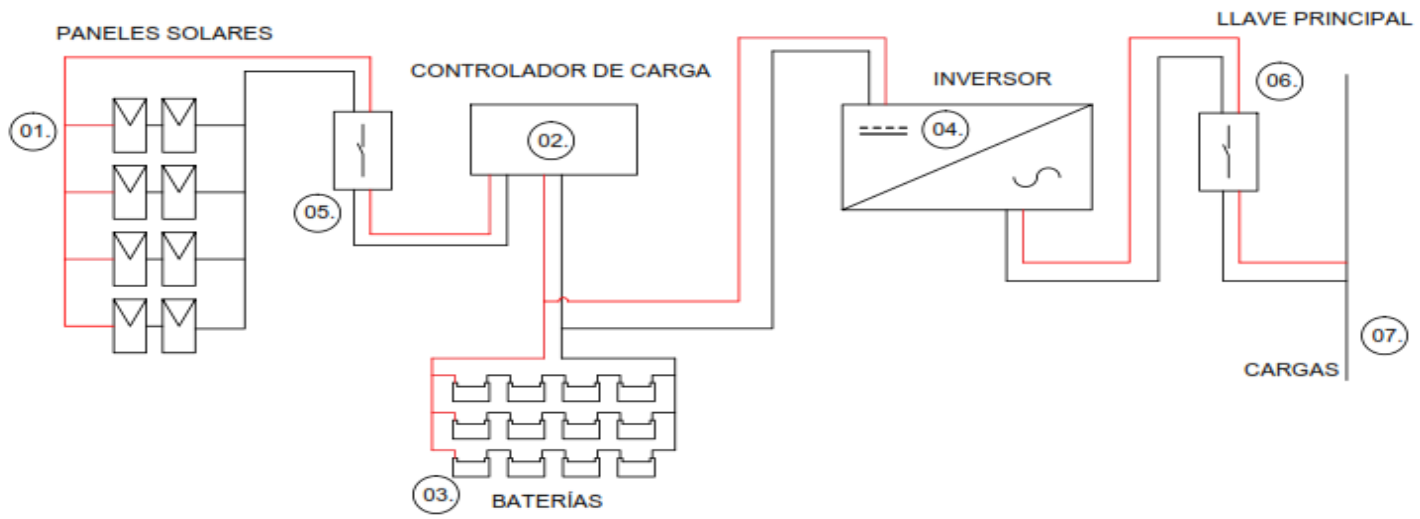
TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
								AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

(*) NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO / TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos y dimensiones contenidos en la documentación técnica o comercial de INDECO, son puramente indicativos y no serán contractuales para INDECO, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de INDECO.

ANEXO G: DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO



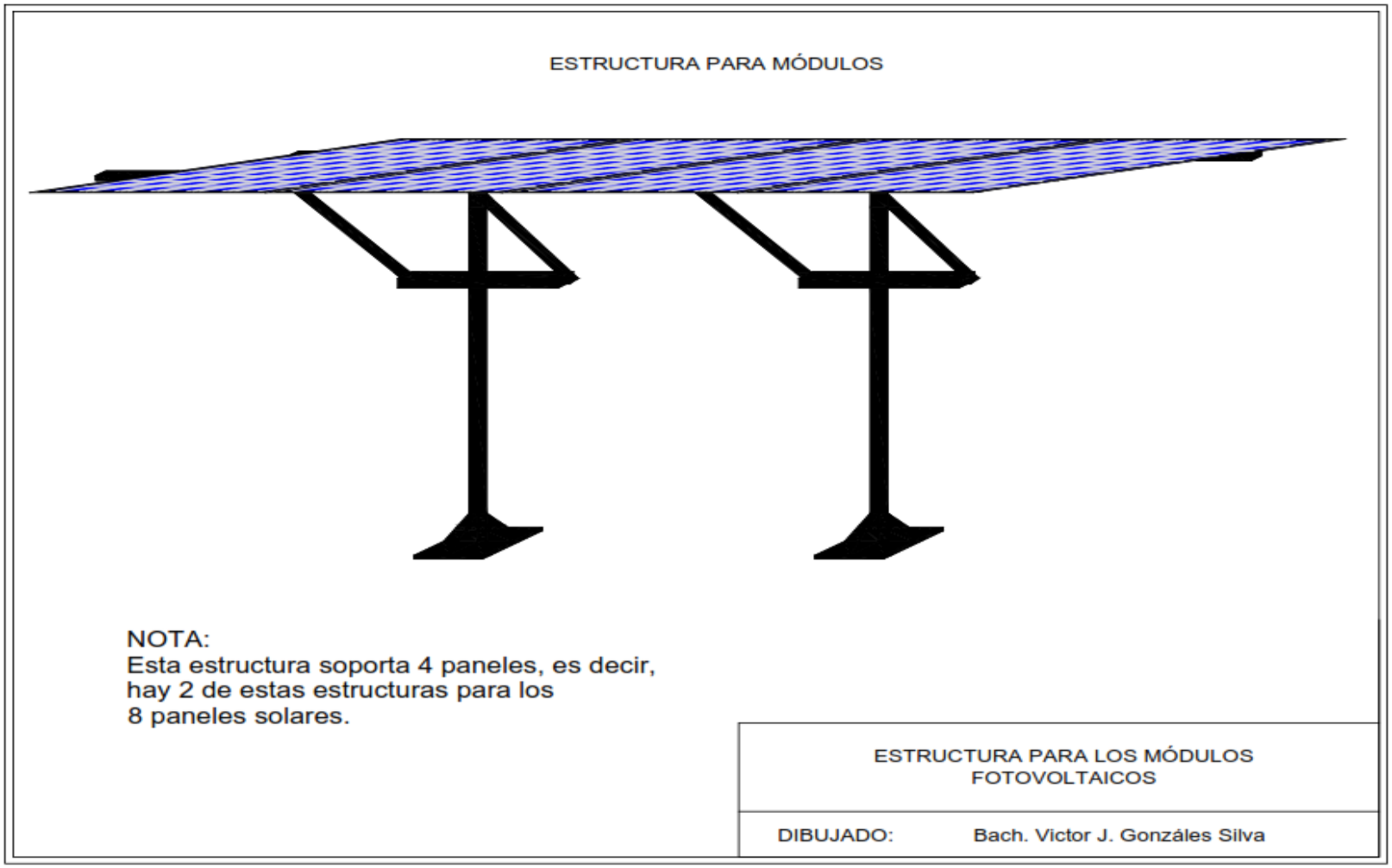
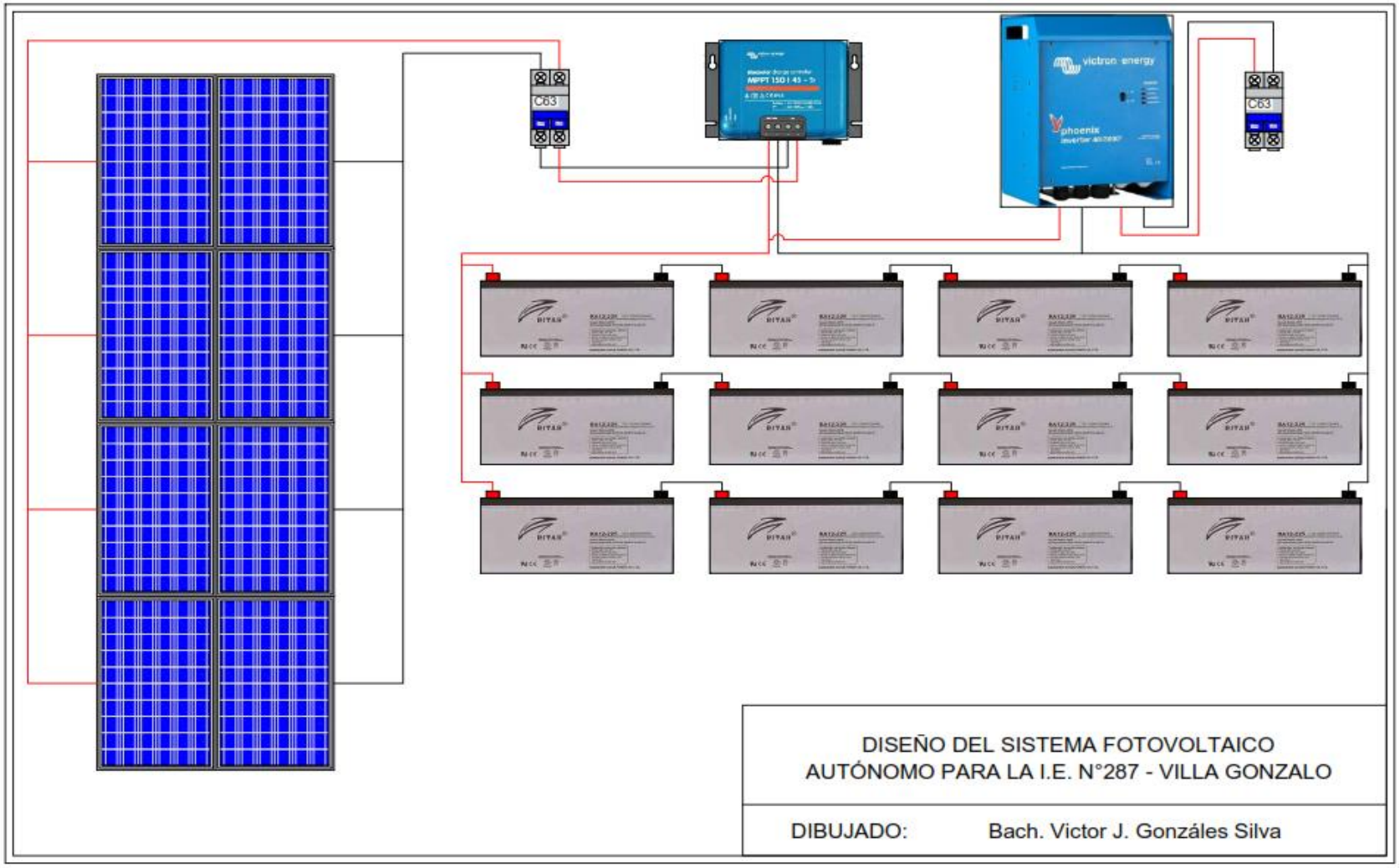
DESCRIPCIÓN

1. 08 Módulos Fotovoltaicos Jinko Solar de 320Wp
2. Controlador Victron Blue Solar MPPT 150/45
3. Banco de Baterías Ritar de Gel 12V/225Ah, 12 Unid.
4. Inversor Phoenix Victron Onda Pura 3000Wp - 48VCD
5. Llave Termomagnética 2x63A 220V-10KA - Módulos - Controlador.
6. Llave Termomagnética 2x63A 220V-10KA Salida 220Vac
7. Cargas del Sistema

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SIST. FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO PARA LA IE N°287 - DE LA COMUNIDAD NATIVA VILLA GONZALO

DIBUJADO: Bach. Victor J. Gonzáles Silva

ANEXO H: PLANO DE LA ESTRUCTURA PARA LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



ANEXO I: PLANO DE DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO