

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICO INTERACTIVO CON LA RED (HYBRYD GRID-TIE) EN LA
VIVIENDA “SAKINA” UBICADA EN EL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE
BARICHARA, SANTANDER.**

JULIÁN ANDRÉS CARRILLO CASTRO

CRISTIAN JAVIER QUINTERO PORRAS

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
2015**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICO INTERACTIVO CON LA RED (HYBRYD GRID-TIE) EN LA
VIVIENDA “SAKINA” UBICADA EN EL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE
BARICHARA, SANTANDER.**

**JULIÁN ANDRÉS CARRILLO CASTRO
CRISTIAN JAVIER QUINTERO PORRAS**

**Trabajo de Grado presentado para optar el título de:
Ingeniero Mecánico**

**Director del proyecto
MSC. OSCAR ANDRÉS LÓPEZ ANAYA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
2015**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Julio 6 del 2015

DEDICATORIA

A Dios primero que todo porque me ha dado salud, licencia y sabiduría en la vida y por todas sus grandes bendiciones que me ha regalado.

A mi padre Julián Mauricio Carrillo, a mi madre Yaneth Castro quienes con su amor, apoyo incondicional y sabios consejos, han sabido formarme para afrontar las diferentes adversidades que nos pone la vida y sobre todo por acompañarme en la trayectoria de mi formación académica y personal.

A mi hermana Juanita Carrillo, quien ha compartido conmigo miles de experiencias a lo largo de la vida.

Julián Andrés Carrillo Castro

A Dios por sus enormes bendiciones y por permitirme llegar hasta donde hoy he llegado.

A mi madre Olga lucia Porras, quien ha sido el apoyo incondicional que he necesitado, brindándome además su amor, compañía y respaldo.

A mi padre Arnulfo Quintero, por su ejemplo como ser humano y persona íntegra en todos los aspectos de la vida.

A mis hermanos Fabián Quintero y Ana María Quintero, quienes han sido mi gran apoyo en mi formación y que siempre he recibido una mano amiga por parte de ellos.

Cristian Javier Quintero Porras

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios padre por guiarnos por el camino correcto, darnos la fuerza y sabiduría necesaria para continuar adelante sin fracasar en nuestros objetivos y darnos la oportunidad de culminar satisfactoriamente nuestra carrera.

Al ingeniero Oscar Andres López Anaya, director de nuestro proyecto, por la colaboración prestada durante el desarrollo del proyecto quien además no solo compartió su experiencia y conocimiento sino también su amistad a lo largo de nuestra formación como ingenieros.

A cada uno de los docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga que nos compartieron sus conocimientos y fueron guía en nuestro proceso de formación como ingenieros mecánicos.

Al señor Hernán Cadavid por abrirnos las puertas de su vivienda y dejarnos entrar en ella para realizar nuestro proyecto.

A la facultad de Ingeniería Mecánica y todo su personal que la conforman, en especial a Elizabeth Barajas, por brindarnos la colaboración para llevar acabo todo este proceso que un día se inicio con el objetivo de lograrlo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	17
1. JUSTIFICACIÓN.....	18
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. MARCO TEÓRICO.....	20
3.1 ENERGÍA SOLAR.....	20
3.3 ENERGÍA FOTOVOLTAICA.....	20
3.3.1. Radiación solar.....	20
3.3.1.1 Conexión Autónoma (OFF-GRID).....	22
3.3.1.2 Conexión a red (GRID TIE).....	23
3.4 PANELES SOLARES.....	24
3.5 TIPOS DE PANELES SOLARES.....	24
3.5.1 Silicio puro monocristalino.....	24
3.5.2 Silicio puro policristalino.....	25
3.5.3 -Silicio amorfo.....	26
3.6 PARÁMETROS DE UN MODULO FOTOVOLTAICO.....	27
3.6.1 Intensidad de circuito lcc (Isc).....	27
3.6.2 Tensión de circuito abierto Vco (Voc).....	27

3.6.3 Intensidad de máxima potencia I _{max}	27
3.7 INVERSORES	27
3.7.1 Inversor cargador.....	28
3.8 REGULADOR O CONTROLADOR DE BATERÍAS.....	29
3.8.1 Reguladores PWM o MPPT.....	29
3.8.2 –Outback.....	30
3.9 ACUMULADORES O BATERÍAS	31
3.9.1 Tipos de baterías.....	31
3.9.2 Baterías de GEL	32
3.9.3 Nueva gama de baterías GEL y AGM	32
3.9.4 Baterías de Litio-Ion.....	33
3.9.5 Baterías OpzS.....	33
4. ESTADO DEL ARTE EN COLOMBIA.....	34
4.1 PROYECTOS EN COLOMBIA	35
4.1.1 Proyecto Autonorte Barranquilla.....	35
4.1.2 Proyecto Vivero Galapa, Barranquilla.....	35
4.1.3 Hotel Las Américas Cartagena.....	36
5. NORMATIVA.....	37
5.1. NTC 2050.....	38
5.1.1. NTC 2050, SECCIÓN 690	38
5.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	38
6. DISEÑO Y CALCULO DE LA INSTALACIÓN	39
6.1. UBICACIÓN	39
6.2. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO	42

6.3. DIMENSIONADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO	43
6.3.1. Número de paneles del sistema	43
6.3.2. Inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos	43
6.3.3. Tensiones nominales de trabajo según la carga	46
6.3.4. Numero de paneles en serie.....	46
6.3.5. Numero de paneles en paralelo.....	47
6.4. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN (BATERÍAS)	48
6.5. DIMENSIONADO DEL REGULADOR/CONTROLADOR.....	50
6.6. MONITOR DE BATERÍA.....	51
6.6.1 Monitor de baterías BMV – 600S.....	52
6.7. PROTECTOR DE BATERÍA.....	52
6.8. DIMENSIONADO DEL INVERSOR.....	53
6.9. SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS	54
6.9.1. Conductores Paneles-Regulador.....	55
6.9.2. Conductores Baterías- Inversor	55
6.9.3. Conductores Inversor-Tablero AC	56
7. DISEÑO ELÉCTRICO.....	57
8. PERDIDAS EN EL SISTEMA	59
8.1. PERDIDAS EN LOS CONDUCTORES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	59
8.1.1. Perdidas Paneles-Controlador.....	59
8.1.2. Perdidas Controlador-Baterías	60
8.1.3. Perdidas Baterías- Inversor	60
8.1.4. Perdidas Inversor-Tablero AC	61

8.2. PERDIDAS SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMAS ALIMENTADO POR EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	62
9. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	63
9.1. ESTRUCTURA SOPORTE PARA PANELES FOTOVOLTAICOS.....	63
9.2. DISEÑO CUARTO DE MAQUINAS.....	66
10. PRUEBAS REALIZADAS	68
11. ESTADOS DE FUNCIONAMIENTO.....	69
12. CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	72
12.1. CONFIGURACIÓN INVERSOR PHOENIX 3KVA	72
12.2. CONFIGURACIÓN DEL MONITOR DE BATERÍAS.....	76
12.3. CONFIGURACIÓN PROTECTOR DE BATERÍA	76
13. PROCESO DE INSTALACIÓN.....	78
13.1. EQUIPOS.....	78
13.2. LUGAR DE INSTALACIÓN:.....	79
13.3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA	80
14. PRESUPUESTO.....	83
14.1 PRESUPUESTO ASUMIDO POR EL DUEÑO DE LA VIVIENDA.....	83
14.2 PRESUPUESTO ASUMIDO POR LOS ESTUDIANTES.....	83
15. CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estimación del consumo	42
Tabla 2. Tensiones nominales de trabajo según la carga	46
Tabla 3. Capacidad de calibre	55
Tabla 4. Especificaciones generales del sistema.	58
Tabla 5. Dimensionado vivienda "SAKINA"	62
Tabla 6. Presupuesto asumido por el dueño de la vivienda.	83
Tabla 7. Presupuesto asumido por los estudiantes.	83

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura general para la implementación del sistema.....	21
Figura 2. Sistema Off Grid	22
Figura 3. Sistema GridTie	23
Figura 4. Paneles fotovoltaicos.....	24
Figura 5. Panel monocristalino.	25
Figura 6. Panel policristalino.....	26
Figura 7. Panel de silicio amorfo.....	26
Figura 8. Inversor/cargador, marca Victron	28
Figura 9. Outback	30
Figura 10. Baterías de plomo ácido.....	32
Figura 11. Baterías de Gel.....	32
Figura 12. Baterías de Litio-Ion.....	33
Figura 13. Baterías OpzS	33
Figura 14. Proyecto Autonorte Barranquilla.....	35
Figura 15. Proyecto Vivero Galapa, Barranquilla	36
Figura 16. Proyecto Hotel Las Américas, Cartagena	36
Figura 17. Vista Satelital, 8 de Diciembre del 2014	39
Figura 18. Coordenadas NASA	40
Figura 19. NASA meteorología de superficie y energía solar.....	41
Figura 20. Situación del sol en invierno, primavera, otoño y verano, visto desde el hemisferio norte	44

Figura 21. Arreglo de paneles solares.....	47
Figura 22. Arreglo del banco de baterías.	49
Figura 23. Monitor de baterías BMV-600S	51
Figura 24. Protector de batería.....	53
Figura 25. Plano eléctrico sistema fotovoltaico (Anexo G).....	57
Figura 26. Estructura soporte diseñada en SolidWorks	64
Figura 27. Plano de la estructura de los paneles, medidas en [mm].....	65
Figura 28. Estructura soporte de paneles solares	65
Figura 29. Plano cuarto de máquinas.....	66
Figura 30. Cuarto de máquinas vivienda “SAKINA”	67
Figura 31. Funcionamiento netamente solar	69
Figura 32. Voltaje de batería < 24v, entra la red pero no carga batería.....	70
Figura 33. Charger only, solo carga por parte de la red	71
Figura 34. Plataforma de configuración.....	73
Figura 35. Indicación Led del inversor.....	73
Figura 36. Plataforma de la configuración	74
Figura 37. Indicador led inversor	75
Figura 38. Indicador Led Inversor	75
Figura 39. Mapa de conexión	76
Figura 40. Panel solar.....	78
Figura 41. Inversor, regulador, baterías, monitores.....	78
Figura 42. Casa “SAKINA” en construcción.....	79
Figura 43. Tejado donde se instaló el banco de paneles	79
Figura 44. Instalación del banco de paneles	80

Figura 45. Instalación de los equipos en el cuarto de maquinas 80

Figura 46. Tablero y sub tablero AC 81

Figura 47. Paneles Instalados 81

Figura 48. Equipos instalados..... 82

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Datasheet Yigli Solar Panel Serie Yge 60 Cell	89
Anexo B. Datasheet Baterias Mtek	91
Anexo C. Datasheet Flexmax 80	92
Anexo D. Datasheet Monitor De Baterias Bmv-600s.....	93
Anexo E. Datasheet Protector De Baterias	94
Anexo F. Datasheet Inversor/Cargador Multiplus 3kva	95
Anexo G. Plano Diseño Electrico.....	97
Anexo H. Tabla De Propiedades De Conductores Ntc 2050, Dc	98
Anexo I. Tabla De Propiedades De Conductores Ntc 250, Ac	99
Anexo J. Indicaciones Led Del Funcionamiento Del Inversor	100

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO INTERACTIVO CON LA RED (HYBRID GRID-TIE) EN LA VIVIENDA “SAKINA” UBICADA EN EL SECTOR RURAL DEL MUNICIPIO DE BARICHARA, SANTANDER.

AUTOR(ES): JULIÁN ANDRÉS CARRILLO CASTRO
CRISTIAN JAVIER QUINTERO PORRAS

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR(A): ÓSCAR ANDRÉS LÓPEZ ANAYA

RESUMEN

El proyecto que se realizó consistió en el diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico capaz de suministrar la energía necesaria para la iluminación de todo el interior de la casa “Sakina” ubicada en zona rural del municipio de Barichara, Santander, teniendo en cuenta que el sistema funcionará día y noche usando como soporte acumuladores capaces de almacenar hasta 4800 Watts disponibles para su uso. Este proyecto nació como una solución al deficiente suministro de energía que presta la red rural de esta región, siendo esta la primera vivienda con un sistema fotovoltaico en la zona, creando así expectativa en la comunidad aledaña y de igual manera comprender que la energía solar mas que una solución limpia es un estilo de vida. Este proyecto se financiará por el dueño de la vivienda y el tiempo de ejecución será de aproximadamente 4 meses, contados desde el requerimiento del interesado. La fecha pactada para la culminación del proyecto será en los últimos días del mes de mayo.

PALABRAS CLAVES:

Energía solar, sistema fotovoltaico, sistema interactivo

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF GRID INTERACTIVE PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY SYSTEM (HYBRID GRID-TIE), IN THE RURAL SECTOR OF BARICHARA SANTANDER.

AUTHOR(S): JULIÁN ANDRÉS CARRILLO CASTRO
CRISTIAN JAVIER QUINTERO PORRAS

FACULTY: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR: OSCAR ANDRÉS LÓPEZ ANAYA

ABSTRACT

This Project is about the design and implementation for a system of photovoltaic sunlight, which can provide the energy requested to light up indoor house "Sakina, in the rural sector of Barichara Santander. The system is going to work twenty-four hours and it's going to have supports that accumulate just 4800 W ready to use. This project emerges like a solution to improve the inadequate supply of electric power in the rural sector of this region. It would be the first home with a s system of photovoltaic sunlight. It's going create the expectation in the bordering community to improve the life style by using purest energy sources. This project will be financed by the home owner. It will take 4 months aproximately to implement this project according to the interests of the owner. The ending date of the project will be the last days of May.

KEYWORDS:

Solar energy, photovoltaic system, interactive system

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

Las zonas rurales de municipios lejanos de las ciudades, que aunque no hacen parte de las zonas no interconectadas, sufren problemas de energía eléctrica. La necesidad de energía eléctrica en estos territorios, ha llevado a buscar formas de generación de bajo impacto ambiental que además permitan el desarrollo sostenible de la zona. El distanciamiento de las veredas, corregimientos, y caseríos, a los centros urbanos, ha limitado la construcción de infraestructura para llevar un servicio eléctrico de calidad a estos lugares.

Colombia es un país que siempre se ha caracterizado por su riqueza natural y diversidad en las condiciones climáticas de sus regiones, es privilegiada también con gran radiación solar durante la mayor parte del año. Esta ventaja natural sobre otros países permite la generación de energías limpias por medio de sistemas de energía solar fotovoltaica. [1]

La idea fundamental de este proyecto fue diseñar e implementar un sistema de energía solar fotovoltaico interactivo con la red convencional, en la vivienda familiar “SAKINA” ubicada en la zona rural del municipio de Barichara, Santander. Con el fin de satisfacer las necesidades energéticas y mejorar la calidad de este servicio.

La implementación de este proyecto servirá como modelo para todas aquellas regiones que deseen obtener y utilizar la energía limpia a costos muy bajo.

1. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se realizó con el fin de satisfacer las necesidades energéticas de la vivienda “Sakina” solucionando de esta manera las deficiencias en el suministro de energía de la red convencional en la zona rural del municipio de Barichara, Santander. Para esto se implementó un sistema de energía solar fotovoltaica asegurando que la vivienda contara con el servicio básico de energía eléctrica en el día y en la noche.

Haciendo una revisión del estado del arte de este tipo de sistemas, encontramos que en Colombia existen algunos sistemas híbridos, es decir, alimentados por dos fuentes de energía distintos, pero no se ha encontrado uno que funcione bajo las mismas condiciones planteadas en este proyecto, por este motivo al cumplir con todos los objetivos, este sistema es el primero en Colombia bajo las condiciones propuestas.

También este proyecto es un aporte a la protección del medio ambiente, minimizando el uso de energía eléctrica convencional y promoviendo el uso de energías renovables alternativas, sirviendo como ejemplo en toda la zona ya que es la primera vivienda en el municipio de Barichara que utiliza un sistema fotovoltaico.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de energía solar fotovoltaico interactivo con la red regido bajo las especificaciones de la norma NTC 2050 (Sección 690) , con el fin de satisfacer las necesidades de energía eléctrica en la vivienda familiar “Sakina” ubicada en el sector rural del municipio de Barichara, Santander.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar eléctrica y estructuralmente un sistema solar capaz de satisfacer las necesidades de iluminación del interior de la casa de manera autónoma (OFF GRID), con presencia de la red convencional pero sin hacer uso de esta; únicamente cuando se requiera. **RESULTADO:** Banco de baterías alimentado por energía solar y red convencional (opcional) **INDICADOR:** Suministro de energía con un límite teórico máximo de 4800 Watts y un mínimo de 1 Watts.
- Implementar un sistema de energía solar fotovoltaico autónomo, alimentado principalmente por energía solar y capaz de recargar el banco de baterías únicamente de la misma, o con energía de la red convencional cuando se desee. **RESULTADO:** Sistema de energía solar fotovoltaico aislado de la red (Off-Grid). **INDICADOR:** Disponibilidad de energía día y noche.
- Evaluar el sistema de energía solar fotovoltaico interactivo con la red, realizando pruebas donde se simulen los diferentes eventos de falla de la red doméstica, y eventos en donde el banco de baterías esté agotado, dando a conocer los resultados obtenidos y las ventajas de la utilización de este sistema, para que sirva como modelo en toda la comunidad aledaña **RESULTADO:** Informe relacionado con los parámetros de funcionamiento y la eficiencia del sistema. **INDICADOR:** Los resultados deben satisfacer las necesidades de energía eléctrica básicas (iluminación y 4 tomas ecológicos)

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ENERGÍA SOLAR

La energía solar directa es la energía del sol sin transformar, que calienta e ilumina. Se necesitan sistemas de captación y de almacenamiento que aprovechan la radiación del sol de varias formas diferentes. Este libro se enfocará solo en la transformación de energía solar en energía eléctrica.

3.3 ENERGÍA FOTOVOLTAICA

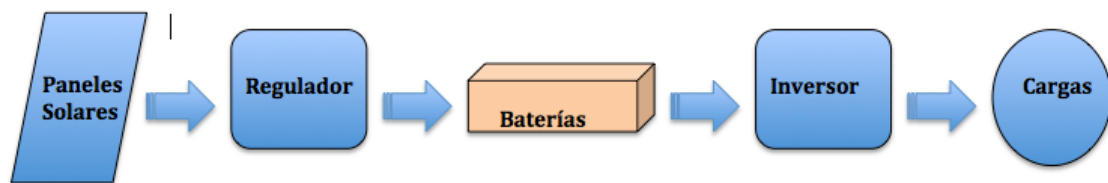
La energía solar se puede transformar de forma directa a energía eléctrica, implementando elementos semiconductores los cuales obedecen al efecto fotovoltaico, esto quiere decir que transforman la luz solar, (la energía más abundante del planeta) directamente en energía eléctrica, estos elementos semiconductores que en su mayoría utilizan silicio se transforman para constituir lo que se denomina una celda solar y a su vez, al sumar varias de estas celdas se obtiene un panel solar. La ventaja de este sistema es que no tiene partes móviles por lo tanto su mantenimiento es sencillo a su vida útil es elevada, al mismo tiempo que es modular lo cual permite unir los paneles que sean necesarios según los requerimientos del usuario [2,3,4].

3.3.1. Radiación solar. La radiación solar se conoce como el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía a una temperatura de unos 6000K. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiación, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza la tierra. Su unidad es W/m^2 .

También es conocida como la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esta energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones de hidrógeno en el núcleo del sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar. [5]

De la radiación solar total recibida por la tierra, el 30% es reflejada al espacio exterior por las nubes, el 47% es absorbida por la atmosfera, mares y la tierra misma para mantener la temperatura ambiente y el restante 23% se usa para mantener la convección atmosférica o vientos y el ciclo del hidrogeno. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmosfera. [5]

Figura 1. Estructura general para la implementación del sistema.



Fuente: Autores

Un sistema fotovoltaico consta de unos paneles solares los cuales se encargan de transformar la luz solar en energía eléctrica, seguido a esto cuenta con un regulador o contralor de carga, el cual se encarga de extraer la máxima potencia posible al panel y realizar a carga de las baterías. Una tercera etapa es el banco de baterías, el cual puede ser opcional según el tipo de sistema que se elija, y dependiendo si la carga es DC o AC, se cuenta con un inversor el cual transformaría la corriente continua proveniente de los paneles y del banco de baterías en corriente alterna para usarla en la mayoría de equipos electrónicos que se tienen en el hogar [6].

También es importante definir la función de un inversor cargador, como su nombre lo indica, cumple con la función de transformar la corriente proveniente de las baterías y de igual forma ayuda a controlar la carga de las mismas. Además de esto es un conmutador de transferencia de AC de alta velocidad

Los materiales con los cuales se producen paneles solares más comerciales con su respectiva eficiencia son los siguientes [4]:

Silicio monocristalino: eficiencia 12 – 18% con una vida útil de 20 años

Silicio policristalino: eficiencia 10 – 14% con una vida útil de 15 años

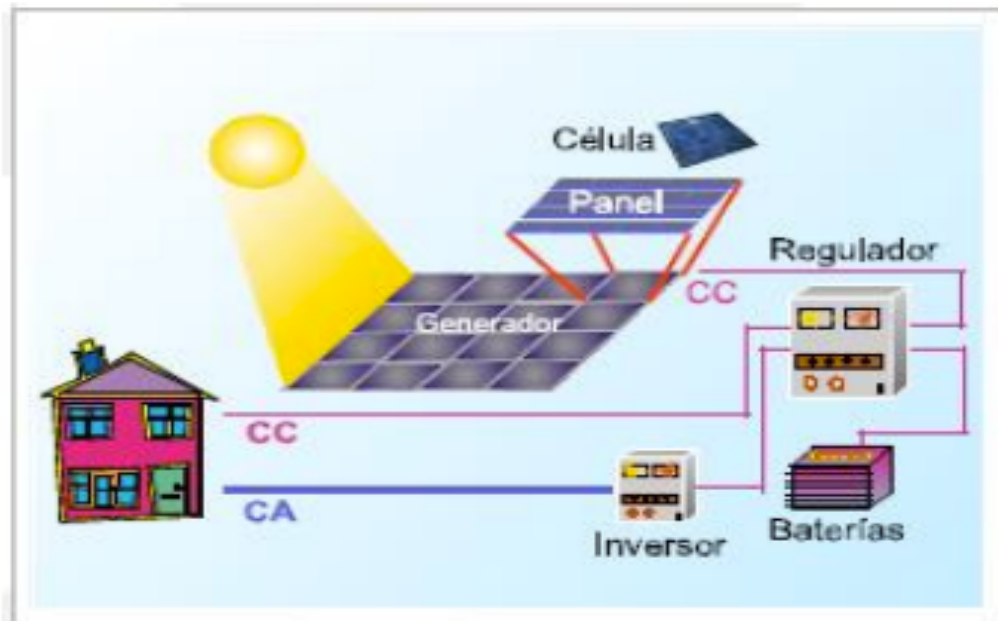
Silicio amorfo: eficiencia 6 – 10% con una vida útil de 5 a 10 años

Transformación de energía solar en electricidad: Es la llamada energía solar fotovoltaica que permite transformar en electricidad la radiación solar por medio de celdas fotovoltaicas integrantes de módulos solares. Esta electricidad se puede utilizar de manera directa, se puede almacenar en acumuladores para un uso

posterior, e incluso se puede introducir en la red de distribución eléctrica. Es una de las energías renovables con mayores proyecciones.

3.3.1.1 Conexión Autónoma (OFF-GRID): Los sistemas fotovoltaicos con baterías de almacenamiento están especialmente indicados en zonas donde no hay oferta de suministro eléctrico disponible o bien este no es confiable. La capacidad de almacenar la energía eléctrica generada por el sistema fotovoltaico, lo hace una fuente de energía fiable ya sea de día o de noche, llueva o haga sol. Los sistemas fotovoltaicos con baterías pueden ser diseñados para alimentar equipos que utilicen corriente continua o alterna. Las personas que usan equipos convencionales de corriente alterna, deben añadir un inversor entre las baterías y la carga. Los sistemas fotovoltaicos con baterías de almacenamiento se utilizan en todo el mundo para suministrar electricidad a luces, sensores, aparatos de grabación, interruptores, electrodomésticos, teléfonos, televisiones.

Figura 2. Sistema Off Grid



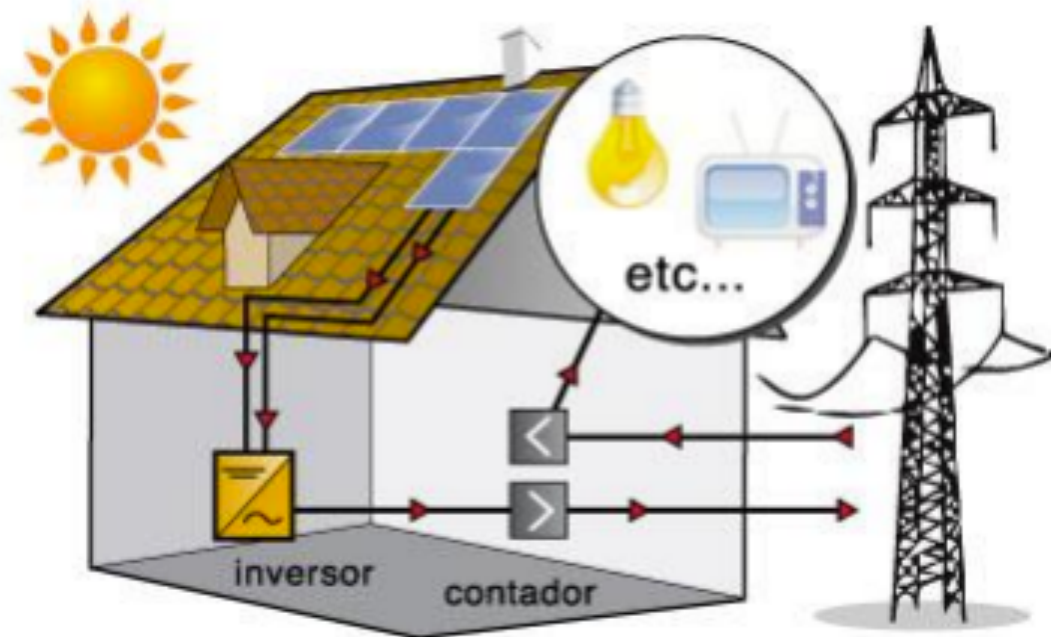
Fuente: www.bogaris.com/es/divisiones/energia_y_medioambiente/energy/tecnologias/fotovoltaica.html

El uso de los sistemas fotovoltaicos en este tipo de aplicaciones aisladas de la red permite aprovechar algunas de las características más ventajosas de estos, como lo son la disponibilidad de una fuente de energía limpia, gratuita y libre en el mismo lugar de consumo; además de la flexibilidad, modularidad y amplia autonomía que brinda este tipo de instalaciones. Por eso la mayoría de sistemas solares domésticos en la actualidad son de baja potencia, diseñados generalmente para suplir las necesidades básicas de una sola vivienda. [7]

3.3.1.2 Conexión a red (GRID TIE): Es aquella que suministra toda la energía que genera a la red eléctrica de distribución, de manera que esté disponible para cualquier usuario. La ventaja de este tipo de instalación es la simplicidad del sistema, al eliminar las baterías para acumulación de energía, que suelen ser la parte más costosa y compleja del sistema. [8]

Un sistema fotovoltaico conectado a red estará compuesto por el generador fotovoltaico, un inversor, las protecciones y los contadores. Para que sea posible esta conexión con la red, la energía que producimos debe ser de las mismas características que la existente en la red, además de cumplir unos requisitos de seguridad para evitar daños a la red y viceversa. Hay que tener en cuenta que los módulos fotovoltaicos producen corriente y tensión continua, se debe convertirla en tensión alterna idéntica a la de la red en el punto de conexión. Esta función la cumple el inversor, un elemento que realiza esa conversión y normalmente vigila que la tensión y la frecuencia estén dentro de los márgenes legales. [9]

Figura 3. Sistema GridTie



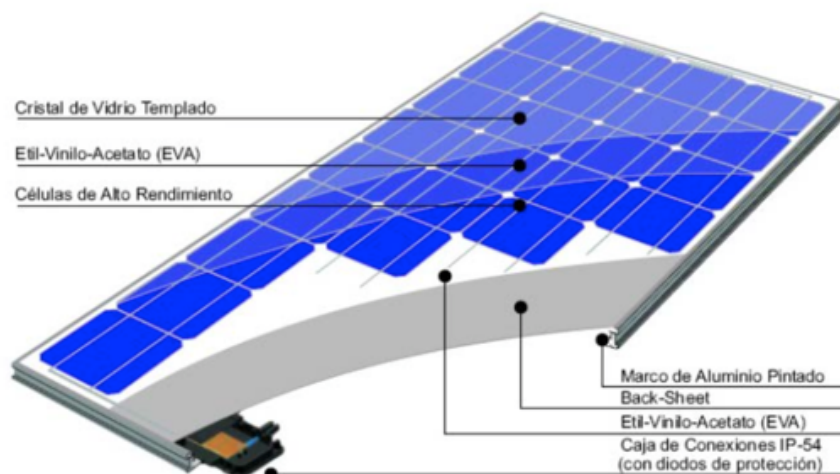
Fuente: www.tedesna.com/instalaciones_energia_solar_fotovoltaica.html

3.4 PANELES SOLARES

El uso de los paneles solares como generadores de energía van en aumento a nivel mundial y esto se relaciona con los problemas derivados del cambio climático. La humanidad se está concientizando cada vez más sobre la contaminación y sus consecuencias, lo que ha generado que se realice inversiones para la generación de energía solar. [10]

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas, como lo muestra la figura 3.

Figura 4. Paneles fotovoltaicos.



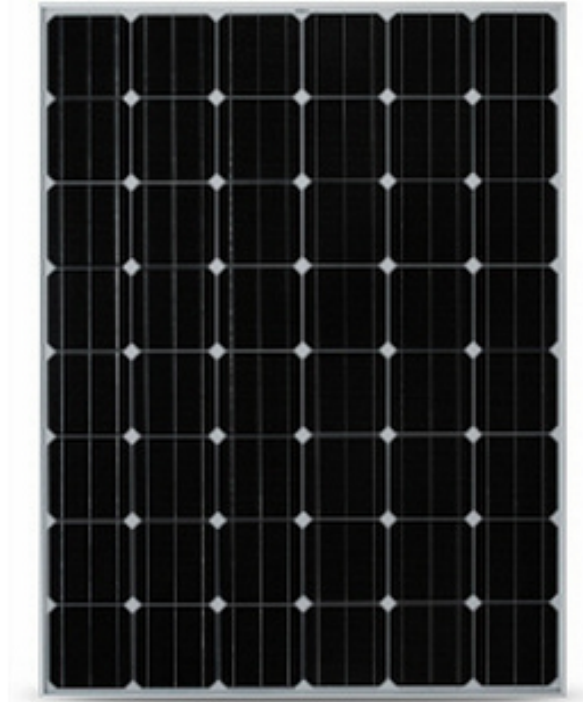
Fuente: LUNA SAINZ, Rafael. Proyecto de fin de carrera “Diseño de planta solar fotovoltaica con conexión a red”. Universidad Pontificia Comillas “Escuela técnica superior de ingeniería” Madrid. Sept 2007.

Su funcionamiento se basa en el efecto que produce la radiación solar sobre materiales semiconductores, que son fotosensibles y poseen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones, los cuales producen electricidad por su efecto fotovoltaico, es decir, en el momento que los electrones libres son capturados, se genera una corriente eléctrica que se puede usar como electricidad.

3.5 TIPOS DE PANELES SOLARES

3.5.1 Silicio puro monocristalino: Este tipo de paneles están basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizados en una sola pieza. En laboratorio se ha alcanzado rendimiento máximo de 24,7% para este tipo de paneles, en los paneles comerciales se alcanzan rendimientos de aproximadamente del 16%. [11]

Figura 5. Panel monocristalino.

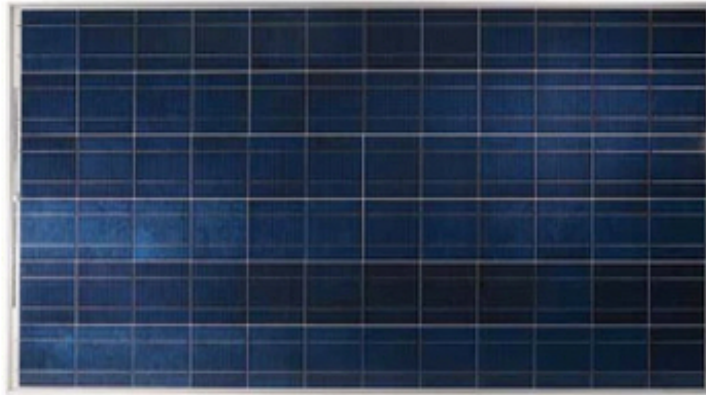


Fuente: <http://www.ergea.com.co/index.php/ct-menu-item-21/ct-menu-item-23/ct-menu-item-25>

3.5.2 Silicio puro policristalino: La fabricación de este tipo de paneles tiene como base el silicio aunque en este caso el proceso de cristalización es diferente al de los basados en silicio monocristalino. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos, en el laboratorio de 19,8% y en los módulos comerciales del 14% siendo su precio también más bajo.

Por las características físicas del silicio cristalizado, los paneles fabricados utilizando esta tecnología presentan un grosor considerable mediante el empleo de silicio con otra estructura o de otros materiales semiconductores es posible conseguir paneles más finos y versátiles que permiten incluso en algún caso su adaptación a superficies irregulares. [11]

Figura 6. Panel policristalino



Fuente: <http://www.ergea.com.co/index.php/ct-menu-item-21/ct-menu-item-23/ct-menu-item-25>

3.5.3 -Silicio amorfo. Este tipo de paneles, también llamados de lámina delgada, están basados en el silicio pero en este caso el material no sigue estructura cristalina. Paneles de este tipo con habitualmente empleados para pequeñas dispositivos electrónicos y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo alcanzado en laboratorio es del 13% y en módulos comerciales del 8%. [8]

Este tipo de panel solar utiliza menos energía y materiales en sus manufacturas, convirtiendolo en una buena opción de inversión y desarrollo, además absorben mayor cantidad de luz, generan más potencia y en tiempos de altas temperaturas aumentan su capacidad. [12]

Figura 7. Panel de silicio amorfo



Fuente: www.ergea.com.co

3.6 PARÁMETROS DE UN MODULO FOTOVOLTAICO

3.6.1 Corriente de corto circuito de circuito I_{cc} (I_{sc}): Es la intensidad que produce el módulo cuando está forzado a trabajar a un voltaje cero. Esta situación se da cuando la carga del módulo tiene una resistencia nula al paso de la corriente. En el ámbito experimental, se puede medir directamente con un amperímetro (impedancia muy pequeña) conectado en la salida de los bornes del módulo solar. El valor varía de forma proporcional en función de la radiación solar a la que la célula o el módulo están expuestos. Esta medida no es destructiva, no deteriora el módulo, ya que la intensidad resultante es la máxima que pueden producir las células y para lo que están preparadas. Esta prueba no se puede hacer en un generador de voltaje, ya que entonces el generador forzaría el paso de corriente para restablecer el voltaje nominal y se acabaría quemando.

3.6.2 Tensión de circuito abierto V_{co} (V_{oc}): Es la tensión que miden los bornes del módulo cuando no hay ninguna carga conectada y representa la tensión máxima que puede dar el módulo. Esta medida se toma conectando un voltímetro entre los bornes del módulo cuando no hay otro elemento conectado. El valor medido puede llegar a ser muy elevado, respecto al voltaje nominal del módulo. Por tanto, hay que seleccionar una escala superior a los 12 o 24V.

3.6.3 Intensidad de máxima potencia I_{max} : Es el valor de la intensidad que puede ofrecer el módulo cuando las condiciones de carga le permitan trabajar con la máxima potencia. Tensión de máxima potencia V_{max} : es el valor de la tensión que puede ofrecer el módulo a la máxima potencia. Punto de máxima potencia: los valores de I_{max} y de V_{max} conforman lo que se conoce como punto de máxima potencia. El producto de los dos valores da la potencia máxima o pico del panel y cualquier otro punto de la curva I-V tiene potencia inferior primero. [13]

Potencia nominal del panel: la potencia nominal del panel quedará determinada por el punto de máxima potencia con una radiación de $1.000W/m^2$. Este es el valor estándar para probar y homologar los paneles. [14]

3.7 INVERSORES

El inversor, comúnmente llamado inversor solar fotovoltaico para el caso de generadores con paneles solares, se usan para cambiar la corriente directa (DC), es decir la electricidad de un generador fotovoltaico, en corriente alterna (AC), usada para alimentar electrodomésticos eléctricos y para realizar una conexión a red.

Su función es adecuar las características de la energía generada a las demandas por las aplicaciones de la instalación. Un sistema de conmutación electrónico, llamado inversor, transforma la corriente continua en corriente alterna.[15]

Para el presente proyecto se utilizó un tipo de inversor llamado inversor/cargador de marca Victron.

3.7.1 Inversor cargador: El inversor solar fotovoltaico para el caso de generadores con paneles solares, se usan para cambiar la corriente directa (DC), es decir, la electricidad de un generador fotovoltaico, en corriente alterna (AC), usada para alimentar electrodomesticos y para realizar una conexión a red.

Figura 8. Inversor/cargador, marca Victron



Fuente: <http://www.ergea.com.co/index.php/ct-menu-item-21/ct-menu-item-23/ct-menu-item-29>

El también llamado MultiPlus reúne, en una sola carcasa inversor sinusoidal, y un cargador de baterías con tecnología adaptable y un conmutador de transferencia de AC de alta velocidad.

El MultiPlus puede evitar las sobrecargas en una fuente AC limitada: en primer lugar, reducirá automáticamente la carga de la batería cuando se produzca una sobrecarga; en segundo lugar, tomará corriente de la batería para compensar la salida del generador o de la alimentación del sistema.[16]

En caso de apagón, o de desconexión del generador o del sistema, el inversor que se encuentra del MultiPlus se activa automáticamente y asume el suministro para alimentar las cargas conectadas. Esto ocurre tan rápido (menos de 20 milisegundo) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

Hasta 6 MultiPlus pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. También es posible su funcionamiento en modo trifásico o en fase dividida.

3.8 REGULADOR O CONTROLADOR DE BATERÍAS

Son los encargados de regular la cantidad de energía que entra a la batería, de la protección contra descargas excesivas, protección contra sobrecargas, interrumpiendo el suministro de corriente al consumo ante una baja tensión. Es lo que se llama protección por sobretensión y protección por sub tensión [17].

3.8.1 Reguladores PWM o MPPT. Una de las consideraciones a tener en cuenta es el uso de paneles fotovoltaicos de mayor voltaje en combinación con reguladores de carga MPPT o usar sistemas convencionales PWM.

-Ventajas de los reguladores PWM

- Están contruidos con una tecnología probada desde hace muchos años.
- Son controladores económicos
- Están disponibles en tamaños de has 60 A
- Tienen una vida útil larga

-Desventajas de los reguladores PWM

- El voltaje nominal debe ser el mismo que del banco de baterías.
- No hay controladores para tamaños por encima de 60 A.
- Los más pequeños vienen sin accesorios
- Los controladores de carga tienen una capacidad limitada para el crecimiento del sistema

-Ventajas de los reguladores MPPT

- Los controladores de carga ofrecen un potencial de un incremento en la eficiencia de carga de hasta 30%
- Estos controladores ofrecen la posibilidad de colocar paneles en serie a voltajes superiores al banco de baterías.
- Están disponibles de hasta 80 A.
- Las garantías de los controladores de carga MPPT son típicamente mayores que en las unidades PWM.
- Ofrecen mayor sensibilidad para el crecimiento del sistema

-Desventajas de los reguladores MPPT

- Los controladores de carga MPPT son más caros, costando a veces el doble que los PWM.
- Las unidades MPPT son generalmente más grandes en tamaño físico.
- El dimensionado apropiado puede ser desafiante sin las guías del fabricante.

Para el presente proyecto se utilizó un tipo de controlador de baterías llamado OUTBACK de marca Flexmax.

3.8.2 –Outback. Outback es un regulador de carga con seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT). El algoritmo para seguimiento del punto máximo de potencia (MPPT) es continuo y activo, aumenta el rendimiento de la energía del conjunto fotovoltaico en hasta un 30% en comparación con otros reguladores que no cuentan con la característica MTTP. El outback contiene varias características, entre ellas, se incluyen, la aceptación de una amplia gama de voltajes nominales de batería y la capacidad de reducir el voltaje más alto de un conjunto solar para recargar un banco de baterías de menor voltaje.

Figura 9. Outback



Fuente: www.ergea.com.co

3.9 ACUMULADORES O BATERÍAS

La energía producida por el campo fotovoltaico se caracteriza por su variabilidad tanto diaria como estacional y, además, su aleatoriedad. Esto afecta negativamente a la disponibilidad de la energía y, consiguientemente, a su autonomía. Para evitar este inconveniente es necesario incluir en el sistema los acumuladores eléctricos o baterías. [18]

Son un dispositivo capaz de transformar una energía potencial química en energía eléctrica, está compuesto básicamente por dos electrodos sumergidos en un electrolito donde se producen reacciones químicas en los procesos de carga y descarga.

La capacidad de las baterías es definida como la cantidad de electricidad que puede lograrse durante una descarga completa del acumulador plenamente cargado. Esta capacidad es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que esta actúa, calculada hasta que se alcanza la tensión final. [19]

3.9.1 Tipos de baterías.

-Baterías de plomo ácido:

En los ciclos de carga y descarga se producen distintos efectos químicos que tienen lugar en una batería de plomo ácido. Durante la descarga hay un aumento de sulfato plúmbico y una disminución paulatina de los elementos que componen las placas, tanto positiva como negativa, así como una reducción en la concentración de ácido sulfúrico del electrolito. Las placas están fabricadas con pasta de plomo, cuya cantidad fija la capacidad de la batería así como la profundidad de descarga a que puede ser sometida. Cada vez que la batería se descarga esta pasta, al irse desprendiendo, pierde su volumen. Por este motivo, si la batería debe dar respuesta a descargas muy profundas, sus placas deben ser muy gruesas y estar formadas con pasta de plomo de alta densidad.

La vida de una batería de plomo ácido finaliza normalmente por dos motivos principales. Uno se produce cuando no hay suficiente pasta de plomo en las placas para reaccionar con el electrolito, y el otro ocurre por no haber suficiente electrolito para reaccionar con el plomo.

Figura 10. Baterías de plomo ácido.

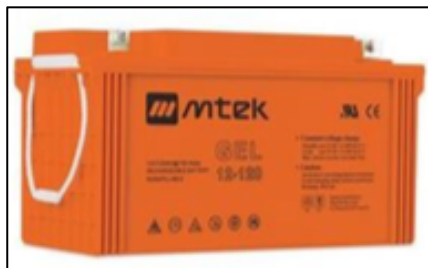


Fuente: www.ergea.com.co

3.9.2 Baterías de GEL: En oposición a las baterías de plomo ácido, en las que se provoca una pérdida de agua durante el ciclo de carga, en las baterías de gel el oxígeno liberado por las placas positivas se recombina con el hidrogeno a través del electrolito, y gracias a una reacción electroquímica lo transforma en agua. Así se evita la adición de agua a lo largo de toda la vida de la batería.

Las baterías de gel reciben su nombre por las celdas de gel que dan energía a la batería. Estas celdas están llenas con una mezcla de azufre y sílice que inmoviliza los electrolitos, creando la energía. Las baterías de gel no son tan comunes como muchos otros tipos de baterías y se encuentran normalmente en los vehículos. Estas baterías soportan descargas profundas y ambientes con vibraciones, golpes y altas temperaturas. Tienen también un voltaje más estable durante la descarga, que es ideal para uso de inversores. Las baterías de gel deben cargarse con tensiones más bajas, por eso el cargador debe estar correctamente ajustado para ese tipo de baterías.

Figura 11. Baterías de Gel.



Fuente: www.ergea.com.co

3.9.3 Nueva gama de baterías GEL y AGM: La gama AGM tiene una resistencia interna muy baja, por lo que son muy convenientes para usos que conllevan una alta intensidad de descarga, tales como inversores, propulsores y motores de arranque. La gama GEL ofrece la mejor durabilidad en ciclo profundo y la mayor vida útil. Debido al uso de materiales de gran pureza y de rejillas de plomo-calcio,

las baterías AGM y GEL tienen una autodescarga muy baja, lo que permite largos periodos de almacenamiento sin necesidad de carga. Ambas gamas tienen terminales de cobre plano con pernos M8, que garantizan el mejor contacto posible y eliminan la necesidad de bornes de batería. Las baterías cumplen con las normativas CE y UL y sus recipientes son de ABS resistente al fuego. [20]

3.9.4 Baterías de Litio-Ion: El mercado de los sistemas de baterías se está desarrollando con mucha rapidez. Está creciendo la demanda de baterías eficientes con una gran densidad energética es decir con mayor capacidad de almacenamiento de energía. Este sistema se compone de una muy moderna batería con un sistema avanzado de control y seguridad: el llamado "Battery Management System" (BMS sistema de gestión de baterías). El BMS controla tanto la carga como la descarga, pasando inmediatamente a la acción al excederse ciertos valores (cruciales) y salvaguardando así la eficiencia de la transferencia de energía.

Figura 12. Baterías de Litio-Ion



Fuente: www.victronenergy.com.es

3.9.5 Baterías OpzS: Baterías de carga en seco o de electrolitos listas para usar. Las baterías están disponibles rellenas de electrolito o cargadas en seco (para almacenamiento prolongado, transporte en contenedor o transporte aéreo). Las baterías cargadas en seco deben rellenarse con ácido sulfúrico diluido (densidad 1,24 kg/l). Las de electrolito pueden ser más resistentes en climas fríos y más frágiles en climas calientes. [20]

Figura 13. Baterías OpzS



Fuente: www.victronenergy.com.es

4. ESTADO DEL ARTE EN COLOMBIA

En la actualidad se han llevado estudios que muestran las condiciones del sistema interconectado nacional y los posibles efectos que tendría la implementación de un sistema de generación distribuida en Colombia a mediano y largo plazo. En Colombia últimamente la utilización de energías renovables está tomando gran auge, se puede notar esto en el parque solar instalado por el grupo Éxito en Barranquilla, con el fin de reducir 230 toneladas anuales de emisiones de carbono, en donde cuentan con un espacio de 6300 metros cuadrados con 2070 paneles, los cuales suministran el 24% de la demanda de energía del almacén representado en los requerimientos de iluminación, refrigeración, y aires acondicionados.

Otra aplicación que se ha generado en Colombia son los sistemas fotovoltaicos que fueron introducidos por primera vez en los años 80 por un programa de telecomunicaciones rurales de Telecom y de ahí muchas empresas comenzaron a usarlos. Actualmente se emplean estos sistemas en estaciones remotas, bases militares, zonas rurales, nuevas edificaciones, entre otras aplicaciones.

Lo interesante de esto es que aun en la actualidad el foco principal de desarrollo de estos sistemas es el área rural, debido a que es más económico si se compara con los sistemas con base en combustibles fósiles y otros tipos de generación.

La aplicación más antigua de energía solar en Colombia se ha desarrollado mediante calentadores solares, los cuales empezaron en las casa de los trabajadores de las bananeras en Santa Marta, más tarde debido a la crisis petrolera a finales de los setenta las universidades, empezaron a desarrollar esta tecnología para aplicarla en hogares y grandes sistemas de calentamiento de agua en centros de servicios comunitarios y en el transcurso del tiempo se han implementado en calentadores residenciales, en hoteles, etc. [4].

4.1 PROYECTOS EN COLOMBIA

Algunos proyectos realizados de energía solar fotovoltaica en Colombia son :

4.1.1 Proyecto Autonorte Barranquilla

Potencia total de 100 KWp, inyección a red
400 paneles solares de 250 Watts
Inversores String ABB, TRIO-27.6-OUTD-S2X-400/JP.

Figura 14. Proyecto Autonorte Barranquilla



Fuente: www.greenenergy-latinoamerica.com

4.1.2 Proyecto Vivero Galapa, Barranquilla. Potencia total de 8,25 KWp, sistema aislado para bombeo solar y electrificación de vivienda. Almacenamiento en baterías.

Figura 15. Proyecto Vivero Galapa, Barranquilla



Fuente: www.greenenergy-latinoamerica.com

4.1.3 Hotel Las Américas Cartagena

Potencia total de 22 KWp, inyección a red

88 paneles solares de 250 Watts

Inversores String ABB, TRIO-27.6-OUTD-S2X-400/JP.

Figura 16. Proyecto Hotel Las Américas, Cartagena



Fuente: www.greenenergy-latinoamerica.com

5. NORMATIVA

En el mundo entero, las normas son consideradas de vital importancia para el buen desarrollo y calidad de los procesos, aunque no son de carácter obligatorio, en algunos casos se convierten en indispensables para garantizar que estos procesos, tengan uniformidad en el desarrollo y la calidad de los mismos.

A nivel internacional las organizaciones más importantes que se dedican a la creación y gestión de normas para el sector fotovoltaico.

- IEC International Electrotechnical Commission.
- ISO International Organization for Standardization

Para la realización de este diseño se analizan la normativa vigente en Colombia. La IEC es el comité más importante en la creación de las normas para el sector fotovoltaico. Considerando que en Latinoamérica no posee suficiente reglamentación para energía solar fotovoltaica, la norma técnica Colombiana es una adaptación de la norma Española, basándose principalmente en el Real Decreto, en donde más se encuentra similitud es en los ítems de conexión a red y protecciones eléctricas.

DECRETO 352/2001, LEY 54/1997, Y REAL DECRETO

Los reales decretos son normativas españolas que tratan acerca del dimensionado, implementación y puesta en funcionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos, aislados y conectados a red en España. Con la ley del sector eléctrico, aparecieron los reales decretos con los cuales se dieron las condiciones técnicas para la instalación de los sistemas solares fotovoltaicos en España. El real decreto 1663/2000 trata acerca de las conexiones de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Para la realización de este diseño se analizó la normativa vigente en Colombia.

En Colombia, la normativa con la que se cuenta para el tema de energía solar fotovoltaica es muy poca, pero existe la Norma Técnica Colombia 2050 (NTC 2050), en su sección 690.

5.1. NTC 2050, Código eléctrico Colombiano

Este código cubre:

- Las instalaciones de conductores y equipos eléctricos en o sobre edificios públicos y privados y otras estructuras, incluyendo casas móviles, vehículos de recreo y casas flotantes, y otras instalaciones como patios, parques de atracciones, estacionamientos, otras áreas similares y subestaciones industriales.
- Instalaciones de conductores y equipos que se conectan con fuentes de suministro de electricidad.
- Instalaciones de otros conductores y equipos exteriores dentro de la propiedad.
- Instalaciones de cables y canalizaciones de fibra óptica.
- Instalaciones en edificios utilizadas por las empresas de energía eléctrica, como edificios de oficinas, almacenes, garajes, talleres, y edificios recreativos que no formen parte integral de una planta generadora, una subestación o un centro de control.

5.1.1. NTC 2050, SECCIÓN 690. Las disposiciones de esta sección se aplican a los sistemas fotovoltaicos de generación de energía eléctrica, incluidos los circuitos eléctricos, unidad o unidades de regulación y controladores de dichos sistemas. Los sistemas solares fotovoltaicos a los que se refiere esta sección, pueden estar interconectados con otras fuentes de generación de energía eléctrica o ser autónomos y tener o no acumuladores.

5.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Para satisfacer los objetivos del proyecto, fue necesario que el sistema cumpla con las siguientes especificaciones:

1. Sistema solar fotovoltaico funcionando permanentemente con presencia de red (braker en estado ON) pero sin hacer uso de esta hasta no ser indicado, (Charger Only) o sea necesario la intervención en el instante en que el banco de baterías sea incapaz de proporcionar la potencia suficiente para la iluminación (carga menor a 30%).
2. En el momento que las baterías se descarguen, el sistema deje entrar la red automáticamente.
3. En el momento en que la red este actuando y las baterías se encuentren descargadas, esta solo cumpla la función de la iluminación de la casa y no cargar banco de baterías.

6. DISEÑO Y CALCULO DE LA INSTALACIÓN

En el diseño de una instalación fotovoltaica Hybryd Grid -Tie, se plantea el método más apropiado para realizar los cálculos necesarios, que determine la cantidad de horas de sol, la inclinación adecuada de los paneles, la cantidad de paneles en serie y en paralelo, la cantidad de baterías en serie y en paralelo, la capacidad del inversor, así como también la capacidad real del generador fotovoltaico. Con esta información, se puede determinar la cantidad de energía que se está generando, realizar un cálculo estimado en pesos y un promedio de ahorro anual., así como también el costo de la inversión. [21]

El procedimiento planteado para realizar el diseño es el siguiente:

6.1 UBICACIÓN

Figura 17. Vista Satelital, 8 de Diciembre del 2014



Fuente: Google Earth

La ubicación geográfica del sitio de instalación solar fotovoltaica Hybrd Grid-Tie, para la casa familiar “SAKIRA” ubicada en el sector rural del municipio de Barichara, Santander. Es la siguiente:

- Norte 6° 38´ 32,83” Latitud
- Oeste 73° 13´ 16,19” Longitud

Teniendo en cuenta las coordenadas, se accede a la página web de la NASA, en donde insertando las coordenadas podemos consultar las condiciones climáticas del sitio y entre estas la radiación.

<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?&email=rets@nrcan.gc.ca&step=1&p=&lat=73131619&submit=Reajustar&lon=73131619>

Figura 18. Coordenadas NASA

La meteorología de superficie y Energía Solar
 Un sitio web de recursos de energía renovable (versión 6.0)
 , patrocinado por la NASA's Earth Science Enterprise Programa

Una colaboración con el Centro CANMET Energy Technology - Varennes (CETC-Varennes) ha producido la salida de datos de utilidad para los usuarios del RETScreen,® Internacional de Proyectos de Energía Limpia Software de Análisis.

Para acceder a los datos de RETScreen:
 Introduce ambas latitud y longitud ya sea en decimales grados o grados y minutos separadas por un espacio.

Latitude? 6 38
 Longitude? -73 13

Coordenadas Sitio de Instalación

Latitude 33.5
 Longitude -80.75
 Oregón
 Latitude 33 30
 Longitude 45 -80

Sur: 0--90
 Oeste: 0--180

Más información sobre la NASA [meteorología de superficie y Solar Conjunto de Datos de Energía](#)

Datos Responsable: [Paul W. Stackhouse, Jr., Ph.D.](#)
 Funcionarios [Charles H. Whitlock, Ph.D.](#)
 Archivo: John M. Kusterer
 Administración del sitio / Ayuda: NASA Langley [dingxin](#) usuario
 Servicios ([larc@eos.nasa.gov](#))
 ([Política de Privacidad y Avisos importantes](#))
 Última actualización 26 de marzo 2008

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?&email=rets@nrcan.gc.ca&step=1&p=&lat=73131619&submit=Reajustar&lon=73131619>

Este sitio web da una amplia información del lugar que se está buscando. Cuando se diseña un sistema OFF GRID se aplica el criterio del mes crítico, es decir se toma se toma el valor del día de menor radiación, en este casi se toma el mes de Noviembre como lo indica la figura 19.

Es necesario calcular las “horas de sol pico”, las cuales son el número de horas en que se dispone una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m^2 . Es decir, una hora solar pico (HPS) equivale a 1 KWh/m^2 . Dicho en otras palabras, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes de 1 hora recibiendo 1000 watts/m^2 .

Figura 19. NASA meteorología de superficie y energía solar

Mes	La temperatura del aire	Humedad relativa	Diario de radiación solar - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del viento	Temperatura de la Tierra	Calefacción grados-día	Enfriamiento grados-día
	° C	%	kWh / m ² / d	kPa	m / s	° C	° Cd	° Cd
Enero	17.2	82,9%	5.42	84.8	1.9	18.4	21	229
Febrero	17.9	79,0%	5.37	84.8	1.8	19.3	11	228
Marzo	18.4	80,5%	5.45	84.7	1.7	20.1	4	267
Abril	18.6	84,3%	4.97	84.7	1.6	20.1	2	260
Mayo	18.4	85,2%	4.96	84.8	1.6	19.7	3	264
Junio	17.8	85,3%	5.08	84.9	1.8	18.8	11	236
Julio	17.4	82,8%	5.18	84.9	1.8	18.4	20	231
Agosto	17.9	78,8%	5.19	84.9	1.6	18.9	10	248
Septiembre	18.2	79,4%	5.36	84.8	1.5	19.6	5	252
Octubre	18.3	83,6%	4.98	84.7	1.4	19.7	4	260
Noviembre	18.1	85,3%	4.94	84.7	1.4	19.4	5	245
Diciembre	17.4	85,7%	5.10	84.7	1.8	18.5	17	235
Anual	18.0	82,7%	5.17	84.8	1.7	19.2	113	2955
Medido a (m)					10.0	0.0		

Fuente: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets%40nrcan.gc.ca&step=1&lat=6&lon=-73&submit=Presentar>

Para calcular entonces el valor HPS se debe dividir el valor de la irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar.

La vivienda “SAKINA” está ubicada en el sector rural del municipio de Barichara-Santander, y presenta una radiación crítica en el mes de Noviembre de $4,94 \text{ KWh/m}^2/\text{d}$.

$$\text{HPS} = \frac{4,94 \text{ KWh/m}^2}{1 \text{ KWh/m}^2}$$

Ec. 1

$$\text{HPS} = 4,94$$

6.2. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO

Conocer el consumo eléctrico es indispensable para poder realizar el diseño del sistema, es así que según las especificaciones del dueño de la vivienda en donde nos indica que quiere que el sistema cubra toda la iluminaria de la casa y que tenga 4 tomas ecológicos. Es así que el consumo lo calculamos como lo muestra la tabla 1.

Tabla 1. Estimación del consumo

Unidades	Carga	Potencia unitaria (Watts)	Potencia TOTAL [P _{DAC}] (Watts)	Horas de funcionamiento al día	Total de energía necesaria (Wh)
30	Bombillos led	11	330	4	1320
70	Bombillos led	4	280	4	1120
4	Tomas	200	800	2	1600
Total			1410		4050

Fuente: Autores

Con los datos de la tabla 1, se obtiene el consumo medio diario de la instalación, pero se debe tener en cuenta que en la instalación habrá pérdidas por rendimiento de la batería y del inversor y esto influye en la energía necesaria final. Generalmente para el buen dimensionamiento, se toman un rendimiento de batería de un 95%, del inversor un 90% y de los conductores un 100%. (Anexos B y F)

Dicho esto para el cálculo de los consumos medios diarios (L_{md}), se considera la siguiente expresión:

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} * \eta_{cond}}$$

Ec. 2

$$L_{md} = \frac{0 + \frac{4050}{0,90}}{0,95 * 1}$$

$$L_{md} = 4800 \text{ Wh/dia}$$

Siendo $L_{md, DC}$ el consumo medio de energía diario de las cargas en continua, $L_{md AC}$, el consumo medio de energía diario en cargas en alterna y η eficiencias de la baterías, inversor y de conducción.

6.3. DIMENSIONADO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Determinada la potencia del sistema, se procede con el dimensionado del generador fotovoltaico, donde se determina la cantidad de módulos, así como también la potencia que ofrecerá cada uno de ellos dependiendo de su procedencia. [22]

6.3.1. Número de paneles del sistema: El número de paneles se calcularon con la siguiente ecuación:

$$N_T = \frac{L_{md}}{P_m * HPS * PR}$$

Ec. 3

Dónde:

L_m : Es el consumo diario mensual. (tabla 1)

P_m : Potencia pico del módulo en condiciones estándar. En este caso se utilizó el modelo policristalino YL260P-29b de la marca Yingli solar. De potencia pico de 245 wattios. (Anexo A)

HPS: Son las horas de sol pico del mes critico calculado a partir de la Figura 19. Es decir 4,9

PR: El factor global de funcionamiento que varía entre 0,65 y 0,90. Usaremos 0,90 por la fiabilidad que da el fabricante. (Anexo A).

$$N_T = \frac{4800 [Wh/dia]}{245 [W] * 4,94 \left[\frac{Hora}{dia} \right] * 0,90}$$

$$N_T = 4 \text{ paneles}$$

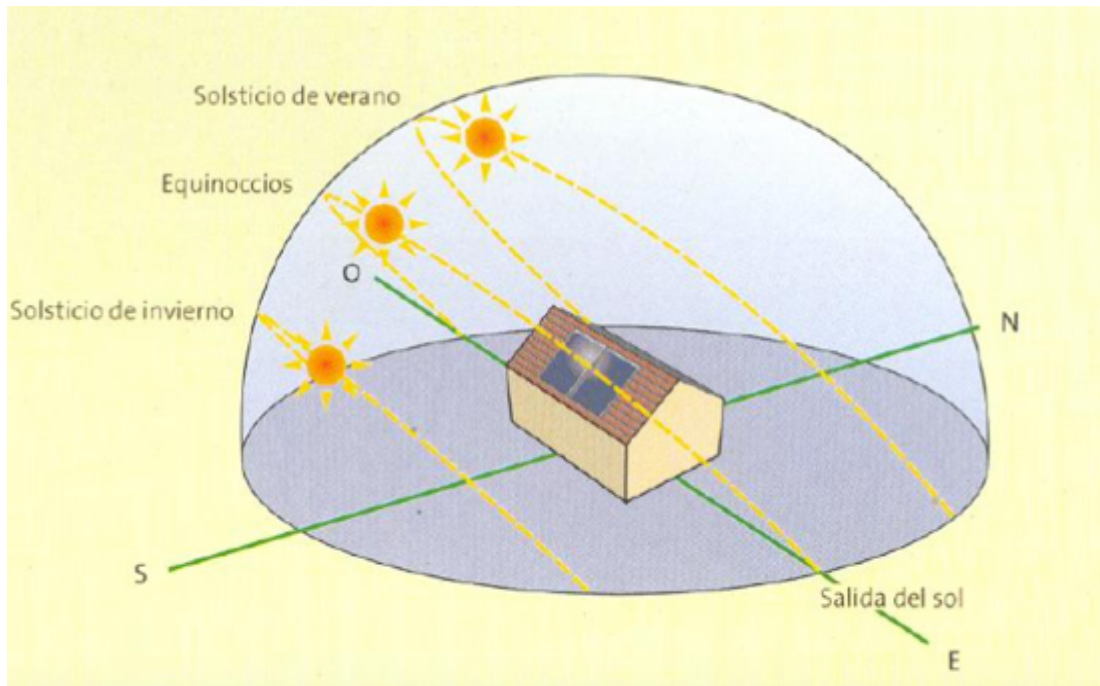
6.3.2. Inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos. La orientación e inclinación de los paneles solares fotovoltaicos es fundamental para obtener un rendimiento óptimo. La orientación correcta o de mayor rendimiento teniendo en cuenta que Colombia se encuentra en el hemisferio norte, es hacia el sur, en

instalaciones fijas o sin seguimiento solar. Esta orientación permite un aprovechamiento total de la radiación emitida por el sol, en cualquier estación del año. [23]

Es importante tener en cuenta los solsticios ya que son el resultado de la inclinación del eje norte-sur de la tierra 23,4 grados relativos a la eclíptica, el plano de nuestro sistema solar. Esta inclinación causa que distintas cantidades de luz solar alcancen diferentes regiones del planeta durante la órbita de la tierra alrededor del sol.

El día del sol solsticio es el día más largo del año, en el solsticio de verano, el hemisferio norte recibe más luz solar que cualquier otro día del año, y en el solsticio de invierno el hemisferio sur recibe menos luz, lo que hace que sea el día más corto del año.

Figura 20. Situación del sol en invierno, primavera, otoño y verano, visto desde el hemisferio norte



Fuente: Manzano, J. "Energía solar fotovoltaica".

Lo que quiere decir que cuando se presenta el solsticio de invierno la producción de energía por parte de los paneles solares reduce, ya que estarán expuestos a menos tiempo a la radiación del solo que el resto del año.

La siguiente fórmula expresa la inclinación óptima anual para conseguir la mayor radiación solar anual posible sobre un captador solar estático. Está basada en el análisis estadístico de la radiación solar anual sobre superficies con diferentes inclinaciones situadas en lugares de diferentes latitudes, por lo que proporciona la inclinación óptima en función de la latitud del lugar. [24]

$$\beta_{optimo} = 3,7 + (0,69 * \Phi)$$

Ec. 4

Dónde:

β_{optimo} : Ángulo de inclinación óptima (grados).

Φ : Latitud del lugar, sin signo (grados).

El ángulo óptimo de inclinación en la instalación de este proyecto fue:

$$\beta_{optimo} = 3,7 + (0,69 * 6,38)$$

$$\beta_{optimo} = \mathbf{8,10 \text{ grados}}$$

De igual forma la inclinación de la estructura mantuvo la inclinación del techo de la vivienda, por exigencias del propietario. La inclinación es de 15°, la cual es óptima para el buen funcionamiento de los generadores.

Teóricamente en la zona del trópico la inclinación de los paneles solares debe estar entre 6 grados y 30 grados respecto a la horizontal, para que no hayan pérdidas considerables.

$$\text{Energía generada con el ángulo óptimo de un panel} = P_m * HPS * PR$$

Ec. 5

$$\text{Energía generada con el ángulo óptimo de un panel} = 245 * 4,94 * 0,90$$

$$\text{Energía generada con el ángulo óptimo de un panel} = \mathbf{1089,27 \text{ Watts}}$$

$$\text{Energía generada con el ángulo 15 grados de un panel} = P_m * HPS_2 * PR$$

Ec. 6

Conociendo el nuevo ángulo de instalación, se calcula una nueva latitud con la ecuación 4. Para con esta hallar HPS_2 .

Latitud = 16,4
Longitud = -73,13

Con estas coordenadas, se realiza lo correspondiente a la figura 18. En donde nos indica que el $HPS_2 = 4,82$.

*Energía generada con el ángulo 15 grados de un panel = $245 * 4,82 * 0,90$*

Energía generada con el ángulo 15 grados de un panel = 1062,81 Watts

$$PÉRDIDAS POR PANEL = 1089,27 - 1062,81$$

Ec. 7

$$PÉRDIDAS POR PANEL = 26,46 Watts$$

Se puede observar que las pérdidas utilizando un ángulo de inclinación de 15 grados es del solo 2,5%, es por esto que no afecta la eficiencia del sistema. [24]

6.3.3. Tensiones nominales de trabajo según la carga

Tabla 2. Tensiones nominales de trabajo según la carga

Potencia demandada por las cargas (W)	Tensión de trabajo (V)
Menor de 1500	12
1500-5000	24 ó 48
Mayor a 5000	120 ó 300

Fuente: Boletín solar fotovoltaica autónoma, Sunfields Europe

Teniendo en cuenta que el sistema fotovoltaico de la vivienda “SAKINA” demanda una carga de 4800, la tensión de trabajo que se manejó fue de 24 V. También se se trabajó a 24V, debido a que como se muestra en el capítulo 8, si se trabaja a menor tensión las pérdidas aumentan, pero de igual forma si el sistema se hubiera trabajado a 48 V, se sobredimensionaría.

6.3.4. Número de paneles en serie.

Conociendo el número de total de paneles que forman el generador fotovoltaico y la tensión de la batería, que coincide con la tensión nominal de trabajo, se puede determinar si es necesario agrupar los módulos en serie y en paralelo. El número de módulos que se agruparon en serie, se calcularon con la siguiente ecuación:

$$N_{SERIE} = \frac{V_{BAT}}{V_{MOD}}$$

Ec. 8

Dónde:

V_{BAT} : Tensión de la batería, que en este caso corresponde a 24V

V_{MOD} : Tensión de cada módulo, en este caso corresponde a 12V

$$N_{SERIE} = \frac{24V}{12V}$$

$$N_{SERIE} = 2 \text{ paneles}$$

6.3.5. Número de paneles en paralelo. Los paneles a conectar en paralelo están dados por la siguiente ecuación:

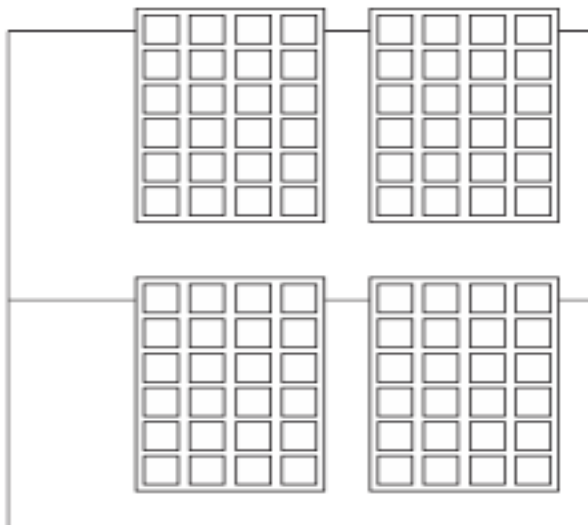
$$N_{PARALELO} = \frac{N_T}{N_{SERIE}}$$

Ec. 9

$$N_{PARALELO} = \frac{4}{2}$$

$$N_{PARALELO} = 2 \text{ paneles}$$

Figura 21. Arreglo de paneles solares



Fuente: Autores

6.4. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN (BATERÍAS)

Para el cálculo de las baterías, se deben tener en cuenta algunos parámetros importantes para el dimensionado, como lo son la máxima profundidad de descarga (diaria y estacional) y el número de días de autonomía, Según las especificaciones del propietario de la vivienda "SAKINA", se tomaron estos parámetros: [26]

- Profundidad de descarga máxima estacional, ($P_{Dmax, e}$) = 70%
- Profundidad de descarga máxima diaria ($P_{Dmax, d}$) = 15%
- Número de días de autonomía (N)= 0,25 días= 6horas

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima diaria (C_{nd})

$$C_{nd}(Wh) = \frac{L_{md} * N}{P_{Dmax,d} * F_{CT}}$$

Ec. 10

$$C_{nd}(Wh) = \frac{4800[Wh] * 0,25[dias]}{0,15[diaria] * 1} = 8000 Wh$$

$$C_{nd}(Ah) = \frac{C_{nd}(Wh)}{V_{BAT}}$$

Ec. 11

$$C_{nd}(Ah) = \frac{8000[Wh]}{24[V]} = 333,33 Ah$$

Dónde:

F_{CT} : Factor de corrección de temperatura = 1

Capacidad nominal de la batería en función de la descarga máxima estacional (C_{ne})

$$C_{ne}(Wh) = \frac{L_{md} * N}{P_{Dmax,e} * F_{CT}}$$

Ec. 12

$$C_{ne}(Wh) = \frac{4800[Wh] * 0,25[dias]}{0,7[diaria] * 1} = 1714,28 Wh$$

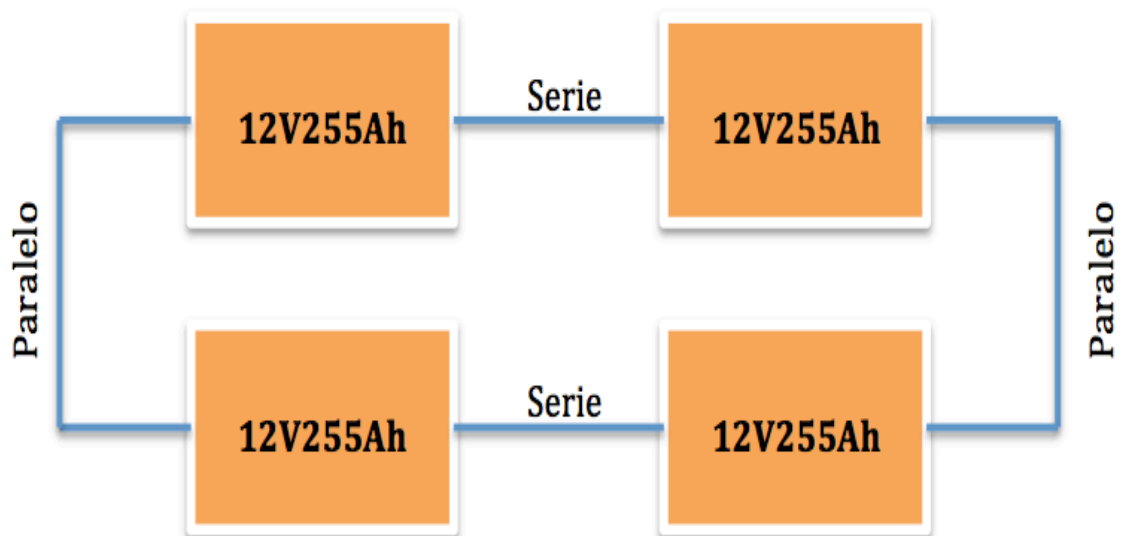
$$C_{ne}(Ah) = \frac{C_{ne}(Wh)}{V_{BAT}}$$

Ec. 13

$$C_{ne}(Ah) = \frac{1714,28[Wh]}{24[V]} = 71,42 Ah$$

Así pues se seleccionó la mayor, es decir la capacidad nominal del banco de baterías debe superar los 333,33 Ah. Es por esto y teniendo en cuenta el tipo de baterías comerciales se decidió utilizar 4 baterías de 12 V a 255 Ah de la marca MTEK (Anexo B) configuradas de la siguiente forma (Figura 22):

Figura 22. Arreglo del banco de baterías.



Fuente: Autores

La figura 22 muestra la configuración del banco de baterías, teniendo en cuenta que la tensión en serie y la corriente en paralelo se suman, se tiene un banco de baterías de 24 V y 510 Ah. Esto nos indica que el banco cumple con las especificaciones calculadas anteriormente.

6.5. DIMENSIONADO DEL REGULADOR/CONTROLADOR

Para seleccionar el regulador, debemos calcular cual es la máxima corriente que debe soportar el mismo, a su entrada y a su salida. [27]

Para calcular la corriente de entrada al regulador:

$$I_{Entrada} = 1,25 * I_{mod,sc} * N_{paralelo}$$

Ec. 14

Dónde:

$I_{mod,sc}$: La corriente unitaria del módulo fotovoltaico en condiciones de cortocircuito, en este caso el módulo policristalino YL260P-29b de la marca Yingli solar, es de 8,63 Amperios.

$N_{paralelo}$: El número de ramas en paralelo, en este caso 2.

$$I_{Entrada} = 1,25 * 8,63[A] * 2$$

$$I_{Entrada} = 21,57 A$$

Para calcular la corriente a la salida:

$$I_{salidad} = \frac{1,25 * (P_{pp})}{V_{BAT}}$$

Ec. 15

Dónde:

P_{pp} : Potencia producida por los paneles, 4 paneles de 245= 980 Watts

$$I_{salidad} = \frac{1,25 * (980 [W])}{24 [V]}$$

$$I_{salidad} = 51,04 A$$

El regulador debería soportar una corriente, como mínimo de 21 A a su entrada y 51,04 A a su salida.

Es por esto que comercialmente se seleccionó el regulador FLEXmax60-FM60-150VCC. (Anexo C)

6.6. MONITOR DE BATERÍA

La principal función de un monitor de baterías es calcular los amperes/hora consumidos y el estado de carga de una batería. El consumo de los amperes/hora se calcula sumando la corriente que entra o sale de la batería. En el caso de una corriente constante, esta integración es igual a la corriente multiplicada por el tiempo. Una corriente de descarga de 10A durante 2 horas, por ejemplo, supone un consumo de 20Ah. (Datasheet)

Este monitor facilita al propietario tener conocimiento del estado en que se encuentra el banco de baterías, ya que muestra de forma sencilla las condiciones en que están trabajando. Cabe resaltar que existen equipos mas sofisticados, pero se seleccione esta referencia debido a que cumple con los requerimientos funcionales y económicos del propietario.

Figura 23. Monitor de baterías BMV-600S



Fuente: www.victronenergy.com.es

6.6.1 Monitor de baterías BMV – 600S (Anexo D).

En el Display se puede observar las siguientes características del banco de batería:

1. Voltaje de batería: muestra una estimación del valor en que se encuentra la carga de la batería; este dato se lee en voltios [**V**].
2. Corriente: en esta opción se muestra el valor de la corriente que entra a la batería o que sale de esta, en este caso se antepone el signo negativo al valor (-) indicando que la corriente está saliendo. Este dato se lee en Amperios [**A**].
3. Energía consumida: este valor indica la energía que ha sido consumida de las baterías en un tiempo determinado; este dato se lee en amperio – hora [**Ah**].
4. Estado de carga: muestra un estimado de carga de la batería, si el estado es full muestra 100%, si se consume energía de la batería este valor disminuirá de acuerdo al estado en que se encuentre esta.; este dato se lee en porcentaje [%].
5. Tiempo restante: muestra un estimado del tiempo que queda para que la batería esté agotada en su totalidad; este dato se lee en horas [**h**].

6.7. PROTECTOR DE BATERÍA

Permite desconectar automáticamente consumos no esenciales de la batería antes de que esta esté totalmente vacía o demasiado descargada para poder arrancar. Además en caso de un corto circuito el protector funciona como un Breaker aislando las baterías del sistema. Es importante resaltar que un Breaker en DC no puede la cumplir la función de desconectar las baterías en caso dque las baterías estén descargadas. (Anexo E)

Características:

- *Entrada universal 12/24V:*

Detecta automáticamente la tensión del sistema.

- *Totalmente programable:*

Puede configurarse para que se active/desactive al alcanzar distintas tensiones.

- *Protección contra sobretensiones:*

Para proteger los instrumentos sensibles de las sobretensiones, la batería se desconecta automáticamente cuando la tensión continua supera 16 V ó 32 V.

- **Conmutación sin contactos:**

La utilización de conmutadores estáticos MOSFET en lugar de relés elimina cualquier riesgo de arco eléctrico.

- **Alarma de acción diferida**

Un contacto de alarma se activa cuando la tensión de la batería es inferior al nivel establecido durante más de 15 segundos. Así, cualquier demanda de alta potencia aunque sea de corta duración no provocará una alarma. El contacto de alarma es una salida negativa normalmente abierta, de una intensidad máx. de 500 mA. Puede utilizarse para activar un piloto y/o un zumbador

- **Desconexión de acción diferida:**

La desconexión es de acción diferida para que se produzca sólo en situaciones invariables. Es necesario que la alarma esté activada durante más de un minuto para provocar la desconexión. Si durante este período de tiempo sube la tensión, la desconexión no tendrá lugar.

Figura 24. Protector de batería.



Fuente: www.victronenergy.com.es

6.8. DIMENSIONADO DEL INVERSOR

Para el dimensionado del inversor, es necesario determinar su potencia, para esto únicamente se calcula la suma de las potencias de las cargas en alterna (P_{AC}). [27]

$$P_{inversor} = 1,25 * P_{AC}$$

Ec. 16

Ahora bien, se deben tener en cuenta algo importante a la hora a la hora de seleccionar un inversor. Muchos de los electrodomésticos y aparatos con motor

utilizados tienen “picos de arranque”, lo que supone que para su arranque van a demandar mayor potencia que la nominal, en ocasiones hasta el doble de su potencia nominal. Es por esta razón y teniendo en cuenta que en la casa “SAKINA” en teoría no se van a aparatos con motor, se decidió manejar un factor de seguridad del 20% , entonces la ecuación anterior queda modificada de la siguiente manera:

$$P_{inversor} = (1,25 * P_{AC}) + (0,20 * 1,25 * P_{AC})$$

Ec. 17

$$P_{inversor} = (1,25 * 1410) + (0,20 * 1,25 * 1410)$$

$$P_{inversor} = 2115 W$$

Tomando como criterio de selección se tuvo en cuenta un factor de seguridad del 20% es decir el inversor seleccionado debía cubrir al menos 2538 W de demanda para tener bien cubiertas las necesidades de la vivienda, es por esto a nivel comercial se seleccionó un inversor/cargador MultiPlus 3KVA. (Anexo F)

6.9. SELECCIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

La selección se hizo con base en el calibre del conductor teniendo en cuenta la capacidad de la corriente, es decir, los amperios que pueden pasar a través del conductor sin sobrepasar la temperatura máxima que puede sobrepasar el material aislante, la cual puede ser de 75°C.

La capacidad de la corriente depende de:

- Calibre y material del conductor.
- Tipo de instalación: en ducto o al aire.
- Temperatura máxima del conductor, que depende de la temperatura permitida para el material de aislamiento.
- Temperatura ambiente.
- Compatibilidad en temperatura con los equipos asociados, sobre todo en el punto de conexión.
- La coordinación con los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito y de la instalación.
- El cumplimiento de las normas de seguridad establecidas para las practicas industriales y procedimientos generalmente aceptados.

La tabla 3 muestra las capacidades de corriente permitidas para alcanzar temperaturas en el conductor de 75°C para THW-2 y THHN; máximo para tres conductores portadores de corriente por ducto y temperatura ambiente de 30°C.

Tabla 3. Capacidad de calibre

Conductor de cobre	THW	THW-2	THHN
Temperatura	75°C	90°C	90°C
Calibre	A	A	A
14AWG	20	25	25
12AWG	25	30	30
10AWG	35	40	40
8AWG	50	55	55
6AWG	65	75	75
4AWG	85	95	95
2AWG	115	130	130
1AWG	130	150	150
1/0 AWG	150	170	170
2/0AWG	175	195	195
3/0AWG	200	225	225
4/0AWG	230	260	260

Fuente: NTC 2050 tabla 310-16

6.9.1. Conductores Paneles-Regulador. Según la Ecuación 15, la acometida paneles-regulador debe soportar 51,05 A, y teniendo en cuenta que el regulador seleccionado es de 60 A, la tabla 3 nos indica que el conductor a utilizar es un cable de cobre 6AWG.

6.9.2. Conductores Baterías- Inversor. Se debe tener en cuenta, los conductores de las baterías, ya que estas manejan una corriente mayor a todo el sistema. Es por esto que se considera la potencia generada y la tensión que se maneja.

$$\text{Corriente conducida en baterías} = \frac{\text{Potencia generada}}{\text{tensión del sistema}}$$

Ec. 18

$$\text{Corriente conducida en baterías} = \frac{980 [W]}{24 [V]}$$

$$\text{Corriente conducida en baterías} = 40,83 \text{ Amperios}$$

Según tabla 3.

Calibre del cable de las baterías = 8AWG THW

6.9.3. Conductores Inversor-Tablero AC. Se debe tener en cuenta la carga total de dimensionamiento (Tabla 1), y la tensión que maneja todo el sistema eléctrico de la vivienda, en este caso y en la mayoría de casos en Colombia es de 120 V.

$$\text{Corriente conducida} = \frac{\text{Potencia de dimensionamiento}}{\text{tension del sistema}}$$

Ec. 19

$$\text{Corriente conducida} = \frac{1410 [W]}{120 [V]}$$

$$\text{Corriente conducida} = 11,75 \text{ A}$$

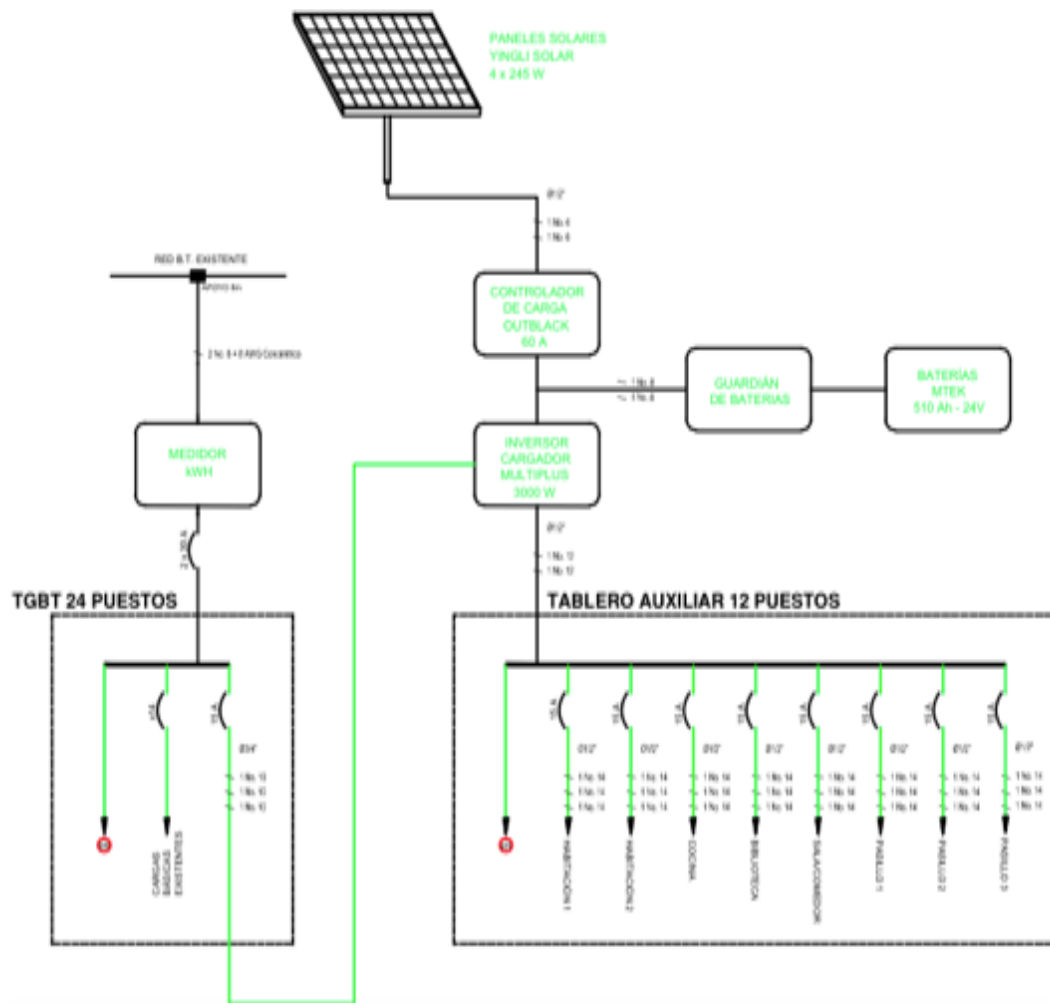
Según tabla 3

Conductor inversor-Tablero = 12AWGTHW

7. DISEÑO ELÉCTRICO

Diseño eléctrico, de todo el sistema de iluminación y los tomas específicos alimentados por energía solar fotovoltaica, se realizó utilizando el software AutoCad.

Figura 25. Plano eléctrico sistema fotovoltaico (Anexo G)



Fuente: Autores.

Tabla 4. Especificaciones generales del sistema. (Anexo G)

IDENTIFICACIÓN										DIMENSIONAMIENTO				REGULACIÓN				PÉRDIDAS			
CIRCUITO	Nombre	Tensión	Cargas básicas		Factor de demanda	Amperaje	Carga instalada	Carga para dimensionamiento	Factor de potencia	Sobrecorriente de falla a tierra	Conductor por capacidad amperimétrica			Sistema	Distancia máxima	Momento	KG	Regulación	Resistencia del conductor	PP	PP
			Descripción de equipos								Fases	Neutro	Tierra								
			VAC	A							VA	VA	A								
C_1	HABITACIÓN 1	120	Iluminación y tomacorrientes		100%	2.14	257.00	257.00	1	15	14	14	14	Monofásico (FN)	25	6.43	927.36	0.98	10.17	1.17	0.45
C_2	HABITACIÓN 2	120	Iluminación		100%	0.32	38.00	38.00	1	15	14	14	14	Monofásico (FN)	22	0.84	927.36	0.13	10.17	0.02	0.06
C_3	COCINA	120	Iluminación y tomacorrientes		100%	2.15	258.00	258.00	1	15	14	14	14	Monofásico (FN)	10	2.58	927.36	0.40	10.17	0.47	0.18
C_4	BIBLIOTECA	120	Iluminación y tomacorrientes		100%	3.91	469.00	469.00	1	15	14	14	14	Monofásico (FN)	18	8.44	927.36	1.29	10.17	2.80	0.60
C_5	SALA/COMEDOR	120	Iluminación		100%	0.90	108.00	108.00	1	15	14	14	14	Monofásico (FN)	15	1.62	927.36	0.25	10.17	0.12	0.11
C_6	PASILLO 1	120	Iluminación		100%	0.88	106.00	106.00	1	15	14	14	14	Monofásico (FN)	6	0.64	927.36	0.10	10.17	0.05	0.04
C_7	PASILLO 2	120	Iluminación		100%	0.83	99.00	99.00	1	15	14	14	14	Monofásico (FN)	10	0.99	927.36	0.15	10.17	0.07	0.07
C_8	PASILLO 3	120	Iluminación		100%	0.63	75.00	75.00	1	15	14	14	14	Monofásico (FN)	14	1.05	927.36	0.16	10.17	0.06	0.07
							1,410.00														

IDENTIFICACIÓN										DIMENSIONAMIENTO				REGULACIÓN				PÉRDIDAS			
CIRCUITO	Nombre	Tensión	Cargas básicas		Factor de demanda	Amperaje	Carga instalada	Carga para dimensionamiento	Factor de potencia	Sobrecorriente de falla a tierra	Conductor por capacidad amperimétrica			Sistema	Distancia máxima	Momento	R	Regulación	Resistencia del conductor	PP	PP
			Descripción de equipos								Fases	Neutro	Tierra								
			VDC	A							W	W	A								
CPS_1	PANEL SOLAR	24	Acometida Paneles - Controlador		125%	51.04	980.00	1,225.00	N/A	N/A	6	6	N/A	Monofásico (FN)	10	12.25	1.67	0.07	1.67	43.51	4.44

IDENTIFICACIÓN										DIMENSIONAMIENTO				REGULACIÓN				PÉRDIDAS			
CIRCUITO	Nombre	Tensión	Cargas básicas		Factor de demanda	Amperaje	Carga instalada	Carga para dimensionamiento	Factor de potencia	Sobrecorriente de falla a tierra	Conductor por capacidad amperimétrica			Sistema	Distancia máxima	Momento	KG	Regulación	Resistencia del conductor	PP	PP
			Descripción de equipos								Fases	Neutro	Tierra								
			VAC	A							VA	VA	A								
CPS_2	INVERSOR	120	Acometida Inversor - Tablero		100%	11.75	1,410.00	1,410.00	1	N/A	12	12	N/A	Monofásico (FN)	10	14.10	583.52	0.34	6.56	9.06	0.64

IDENTIFICACIÓN										DIMENSIONAMIENTO				REGULACIÓN				PÉRDIDAS			
CIRCUITO	Nombre	Tensión	Cargas básicas		Factor de demanda	Amperaje	Carga instalada	Carga para dimensionamiento	Factor de potencia	Sobrecorriente de falla a tierra	Conductor por capacidad amperimétrica			Sistema	Distancia máxima	Momento	R	Regulación	Resistencia del conductor	PP	PP
			Descripción de equipos								Fases	Neutro	Tierra								
			VDC	A							W	W	A								
CPS_3	BATERIAS	24	Acometida Baterías - Inversor		100%	58.75	1,410.00	1,410.00	N/A	N/A	8	8	N/A	Monofásico (FN)	2	2.82	2.51	0.02	2.58	17.81	1.26

IDENTIFICACIÓN										DIMENSIONAMIENTO				REGULACIÓN				PÉRDIDAS			
CIRCUITO	Nombre	Tensión	Cargas básicas		Factor de demanda	Amperaje	Carga instalada	Carga para dimensionamiento	Factor de potencia	Sobrecorriente de falla a tierra	Conductor por capacidad amperimétrica			Sistema	Distancia máxima	Momento	R	Regulación	Resistencia del conductor	PP	PP
			Descripción de equipos								Fases	Neutro	Tierra								
			VDC	A							W	W	A								
CPS_1	PANEL SOLAR	24	Acometida Controlador-Baterías		125%	51.04	980.00	1,225.00	N/A	N/A	8	8	N/A	Monofásico (FN)	2	2.45	1.61	0.01	2.58	13.44	1.37

Fuente: Autores

8. PÉRDIDAS EN EL SISTEMA

Las pérdidas que se pueden encontrar en el sistema se encuentran principalmente en los conductores. Pero también es importante resaltar que existen pérdidas generadas por cada uno de los equipos que fueron instalados ya que cada uno de ellos tiene un consumo y puede afectar la salida requerida en el proyecto. Estas pérdidas se pueden minimizar si se garantiza el funcionamiento en óptimas condiciones, lo cual se logra mediante la implementación de un mantenimiento periódico . [29, 30]

8.1. PÉRDIDAS EN LOS CONDUCTORES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

8.1.1. Pérdidas Paneles-Controlador. El cálculo de estas pérdidas se rige bajo la siguiente expresión:

$$Pérdidas = \frac{R_c * I^2 * d}{1000} [W]$$

Ec. 20

Dónde:

R_c : Resistencia del conductor de cobre con recubrimiento calibre 6AWG. (Anexo H)

I : Corriente máxima de conducción.

d : Distancia máxima entre los paneles y el controlador.

$$Pérdidas_{p-c} = \frac{1,67[Ohm/km] * 51,04^2[A] * 10[m]}{1000}$$

$$Pérdidas_{p-c} = 43,51 [W]$$

$$\%Pérdidas_{p-c} = \frac{Pérdidas_{p-c}}{Carga\ generada} * 100$$

Ec. 21

$$\%Pérdidas_{p-c} = 4,44\%$$

Dónde:

Carga generada: Potencia generada por los 4 paneles que es 980 W

8.1.2. Pérdidas Controlador-Baterías. El cálculo de estas pérdidas se rigen bajo la ecuación 20 (Ec.20), en donde en este caso las variables son:

R_c : Resistencia del conductor de cobre con recubrimiento calibre 8AWG. (Anexo H)

I : Corriente de salida del controlador. [51,04A]

d : Distancia máxima entre controlador y baterías.

$$Pérdidas_{c-B} = \frac{2,58[Ohm/km] * 51,04^2[A] * 2[m]}{1000}$$

$$Pérdidas_{c-B} = 13,44 [W]$$

$$\%Pérdidas_{c-B} = \frac{Pérdidas_{c-B}}{Carga\ generada} * 100$$

Ec. 22

$$\%Pérdidas_{c-B} = 1,37\%$$

8.1.3. Pérdidas Baterías- Inversor. El cálculo de estas pérdidas se rigen bajo la ecuación 20 (Ec.20), en donde en este caso las variables son:

R_c : Resistencia del conductor de cobre con recubrimiento calibre 8AWG. (Anexo H)

I : Es la razón de la carga instalada y la tensión de las baterías.

d : Distancia máxima entre las Baterías y el inversor.

$$I = \frac{Potencia\ Total}{Tensión}$$

Ec. 23

$$I = \frac{1410 [W]}{24 [V]}$$

$$I = 58,75 A$$

$$Pérdidas_{B-I} = \frac{2,58[Ohm/km] * 58,75^2[A] * 2[m]}{1000}$$

$$P\acute{e}rdidas_{B-I} = 17,81 [W]$$

$$\%P\acute{e}rdidas_{B-I} = \frac{P\acute{e}rdidas_{B-I}}{Potenica\ Total} * 100$$

Ec. 24

$$\%P\acute{e}rdidas_{B-I} = 1,26\%$$

8.1.4. P\acute{e}rdidas Inversor-Tablero AC. El c\`alculo de estas p\acute{e}rdidas se rigen bajo la ecuaci3n 20 (Ec.20), en donde en este caso las variables son:

R_c: Resistencia del conductor de cobre calibre 12AWG. (Anexo I)

I: Es la raz3n de la carga instalada y la tensi3n de la red. (Ec. 22).

d: Distancia m\`axima entre las Inversor y el tablero AC.

$$I = \frac{1410 [W]}{120 [V]}$$

$$I = 11,75 A$$

$$P\acute{e}rdidas_{I-T} = \frac{6,56[Ohm/km] * 11,75^2[A] * 10[m]}{1000}$$

$$P\acute{e}rdidas_{I-T} = 9,06 [W]$$

$$\%P\acute{e}rdidas_{I-T} = \frac{P\acute{e}rdidas_{I-T}}{Potenica\ Total} * 100$$

$$\%P\acute{e}rdidas_{I-T} = 0,64\%$$

8.2. PÉRDIDAS SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TOMAS ALIMENTADO POR EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

Las pérdidas del sistema de iluminación y tomas se calculas igualmente con la ecuación 20 (Ec. 20) teniendo en cuenta el dimensionada de la tabla 4.

Tabla 5. Dimensionado vivienda “SAKINA”

Nombre	Carga [W]	Conductor	Distancia [m]	Tensión [V]	Amperaje [A]	Rc [Ohm/km] (Anexo I)	PP [W]	PP %
Habitación 1	257	14AWG	25	120	2,14	10,17	1,17	0,45
Habitación 2	38	14AWG	22	120	0,32	10,17	0,02	0,06
Cocina	258	14AWG	10	120	2,15	10,17	0,47	0,18
Biblioteca	469	14AWG	18	120	3,91	10,17	2,80	0,60
Sala/comedor	108	14AWG	15	120	0,90	10,17	0,12	0,11
Pasillo 1	106	14AWG	6	120	0,88	10,17	0,05	0,04
Pasillo 2	99	14AWG	10	120	0,83	10,17	0,07	0,07
Pasillo 3	75	14AWG	14	120	0,63	10,17	0,06	0,07
Total	1410[W]							

Fuente: Autores

9. DISEÑO ESTRUCTURAL

9.1. ESTRUCTURA SOPORTE PARA PANELES FOTOVOLTAICOS

Es fundamental a la hora de dimensionar un grupo fotovoltaico, diseñar una estructura resistente a la acción que ejercen los elementos atmosféricos.

Para este proyecto se diseñó una estructura de acero que fuese capaz de soportar el peso de los paneles, la fuerza del viento en condiciones extremas, y a su vez permitiera una ventilación adecuada y necesaria para los módulos.

Las condiciones atmosféricas de la vivienda "SAKINA" muestran en promedio una velocidad del aire de 1,7 m/s (Figura 19). Cabe resaltar que no se tomó la medida experimental de la velocidad del aire ya que no contábamos con el equipo necesario, además se debería hacer un estudio durante un año ya que esta velocidad varía dependiendo de la época del año

Para calcular la fuerza que el viento ejerce sobre los paneles se tiene:

$$P = \frac{F}{S} = 0,11 v^2$$

Ec. 25

Dónde:

F es la fuerza del viento en Kp (Kilopondios)

V es la velocidad del aire en m/s

S es la superficie receptora en m², 6,5 m² (Área de los paneles)

P es la presión del viento en Kp/m²

$$F = 0,11 (1,7)^2 * 6,5$$

$$F = 2,06 Kp$$

$$1kp = 1 kgf = 9,81 Newton$$

Ec. 26

Teniendo en cuenta que cada panel pesa 19,1 Kg, la estructura diseñada tiene que soportar 76,4 Kg que es el peso de los cuatro paneles.

$$\text{Fuerza soportada por la estructura} = 76,4 \text{ [kg]} * 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] + 20,21 \left[\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

Ec. 27

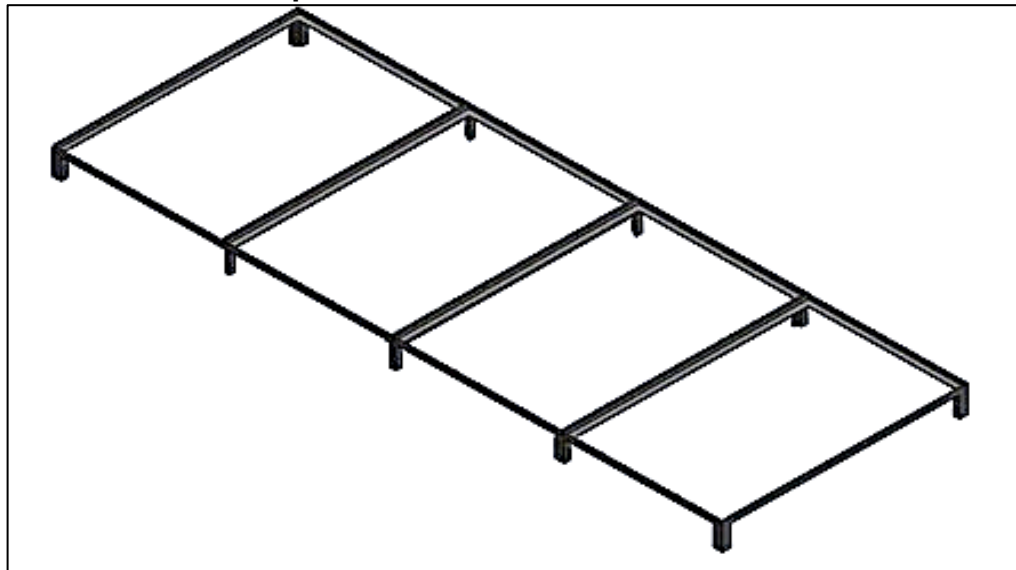
$$\text{Fuerza soportada por la estructura} = 770 \text{ [N]}$$

Debido a que la estructura debe soportar 700 [N], y está a la intemperie soportando sol y agua, se optó por seleccionar un material resistente a estas condiciones, y que sea comercial. Se trabajó con lamina de perfil en “L” de acero 4140, ya que la estructura debe soportar todas las condiciones climáticas adversas.

De igual forma la inclinación de la estructura mantuvo la inclinación del techo de la vivienda, por exigencias del propietario. La inclinación es de 15°, la cual es óptima para el buen funcionamiento de los generadores.

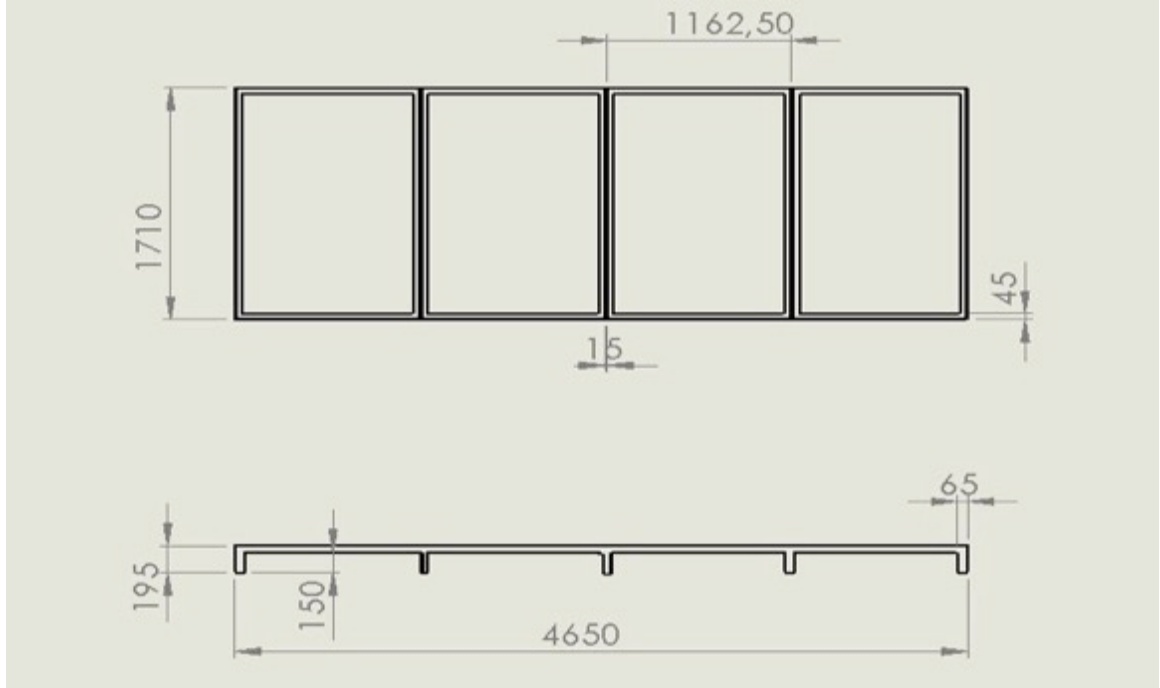
Ahora, teniendo en cuenta que la estructura de acero es permanente, se construyó a una altura prudente del techo, se dejaron 15cm, distancia prudente para realizar los trabajos de conexión y posterior mantenimiento.

Figura 26. Estructura soporte diseñada en SolidWorks



Fuente: Autores

Figura 27. Plano de la estructura de los paneles, medidas en [mm]



Fuente: Autores

Figura 28. Estructura soporte de paneles solares

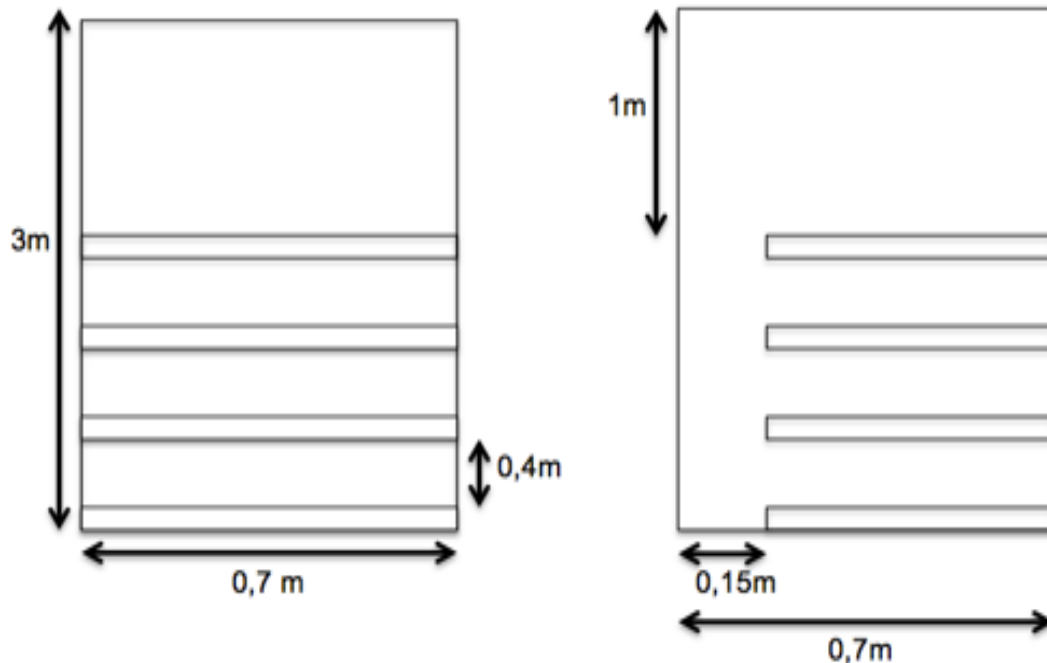


Fuente: Autores

9.2. DISEÑO CUARTO DE MAQUINAS

También se realizó el diseño de un cuarto de máquinas, allí están ubicados todos los equipos, inversor, controlador, baterías, monitores. El buen diseño del cuarto de máquinas es importante ya que todos los equipos requieren de una estabilidad y de una ventilación para su óptimo desempeño, y de igual manera que sea fácil el manejo del cableado. Se tuvo en cuenta el deseo del propietario de en un futuro ampliar la capacidad el sistema, es por esto que se dejó espacio para agregar más equipos. Teniendo en cuenta la medida física de los equipos, y la disponibilidad del espacio en la vivienda. Se realizó el siguiente diseño:

Figura 29. Plano cuarto de máquinas.



Fuente: Autores

El espacio de 0,15 m corresponde a la parte posterior del cuarto, que permite el flujo de aire con el fin de ventilar los equipos que debido a su funcionamiento su temperatura tiende a aumentar. También este espacio facilita el manejo del cableado entre los equipos. La puerta de este cuarto cuenta con orificios específicos para facilitar el flujo de aire.

Figura 30. Cuarto de máquinas vivienda “SAKINA”



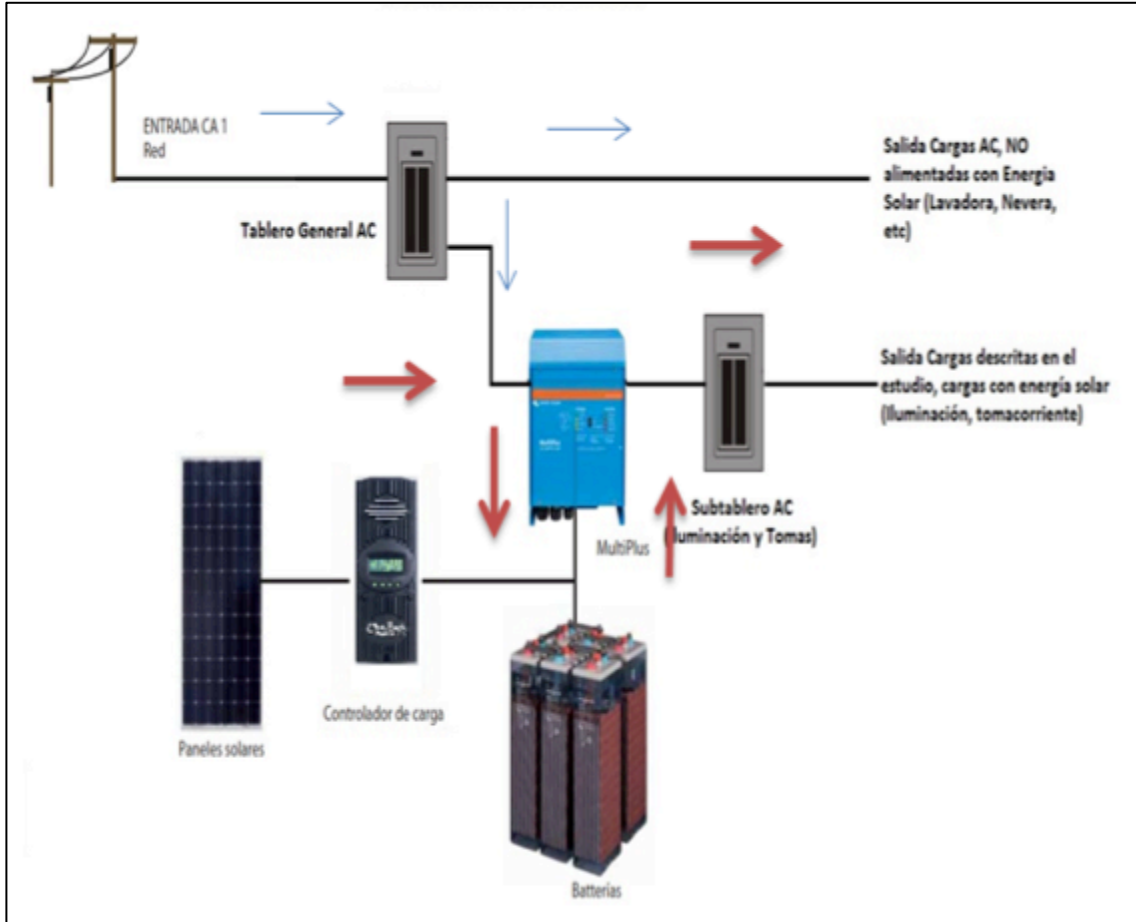
Fuente: Autores

10. PRUEBAS REALIZADAS

- Un día en la noche se descargó el banco de baterías totalmente (30%) para encontrar el parámetro necesario en la modificación y programación del sistema; para el proceso de descarga se encendieron los bombillos de la iluminación de la casa por cerca de 6 horas (incluyendo 2 horas aproximadas de la nevera conectada al toma solar que se encuentra ubicado en la cocina), además se comprobó el funcionamiento de los 4 tomas verdes (cocina, biblioteca, habitación principal, y cámaras) funcionando correctamente. Se encontraron el valor límite inferior del banco en voltaje de $V = 23,5v$ y un máximo de $V = 28v$.
- En el momento que el banco llegue a su valor límite inferior ($23,5V$) entrara la red para mantener el funcionamiento del sistema pero sin cargar el banco de baterías (en este estado se tomará 1 Amperio de la red para carga del banco como condición del software ya que no permite un valor inferior) y cuando exista picos que exijan más del sistema y el banco sea incapaz por si solo, este tomara automáticamente el faltante de la red por pocos segundos.
- Finalmente se mostró que el sistema funciona netamente solar con presencia de red pero sin utilizar esta hasta que no sea necesario o se le indique, De esta manera se da cumplimiento al primer objetivo planteado anteriormente.
- El día se de la prueba se desconectó los paneles solares para evitar que el siguiente día se encontraran las baterías cargadas, y de esta manera comprobar que la red estaba presente y no se cargaba el banco de baterías. Por un lapso de tiempo de 30 minutos se observó que el porcentaje que mostraba el monitor de baterías aumentaba pero mínimamente debido a 1 Amperio que es el límite mínimo que acepta el software.
- Al conectar los paneles solares, se obtuvo un incremento de la batería de cerca de 10 voltios en una hora.

11. ESTADOS DE FUNCIONAMIENTO

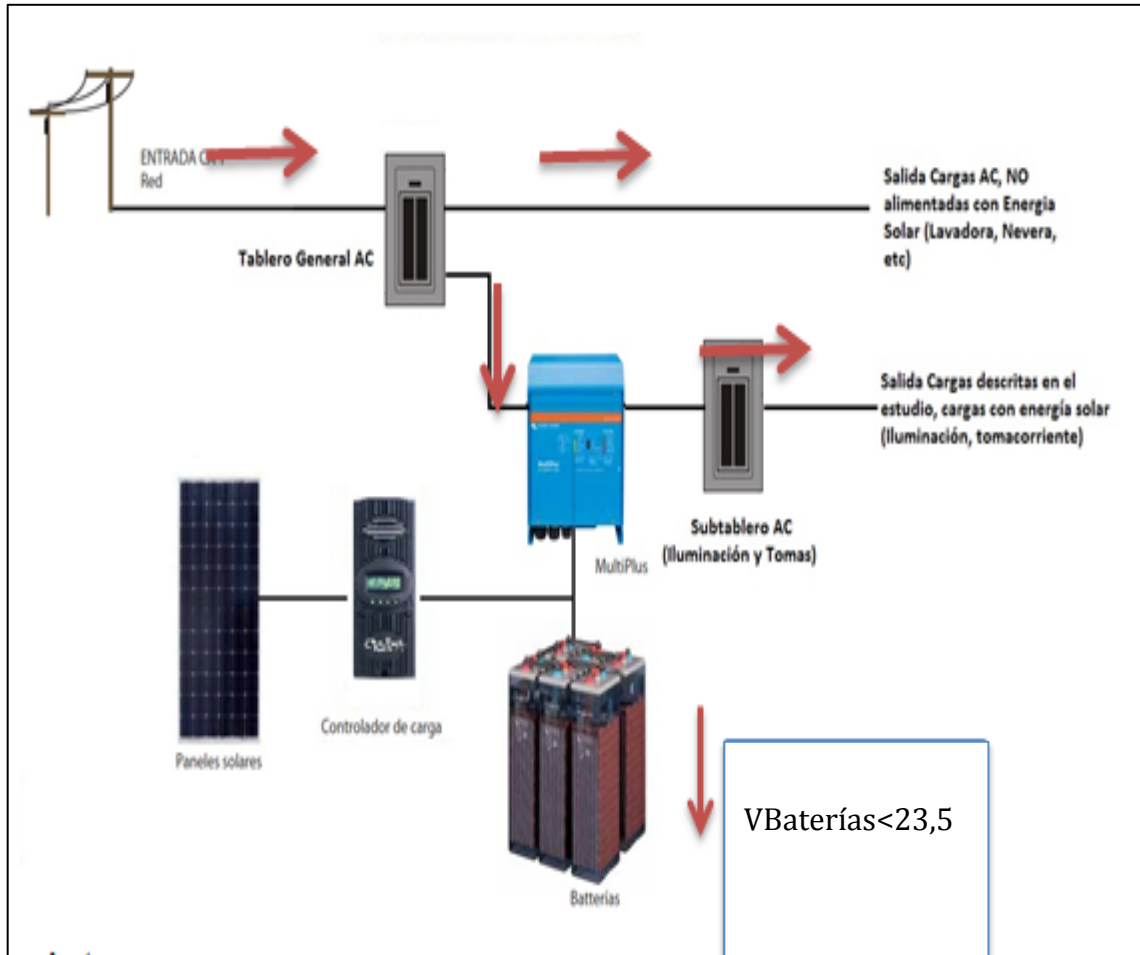
Figura 31. Funcionamiento netamente solar



Fuente: Autores

La figura 21 muestra el sistema funcionando netamente con el banco de baterías (noche) y sistema de paneles (día) en caso de encender bombillos. Se indica que los paneles solares generan la energía para almacenar en el banco de baterías (cargar cuando sea necesario y cuando este full inyectara a la red). Se detecta la presencia de la red pero no se hace uso de esta.

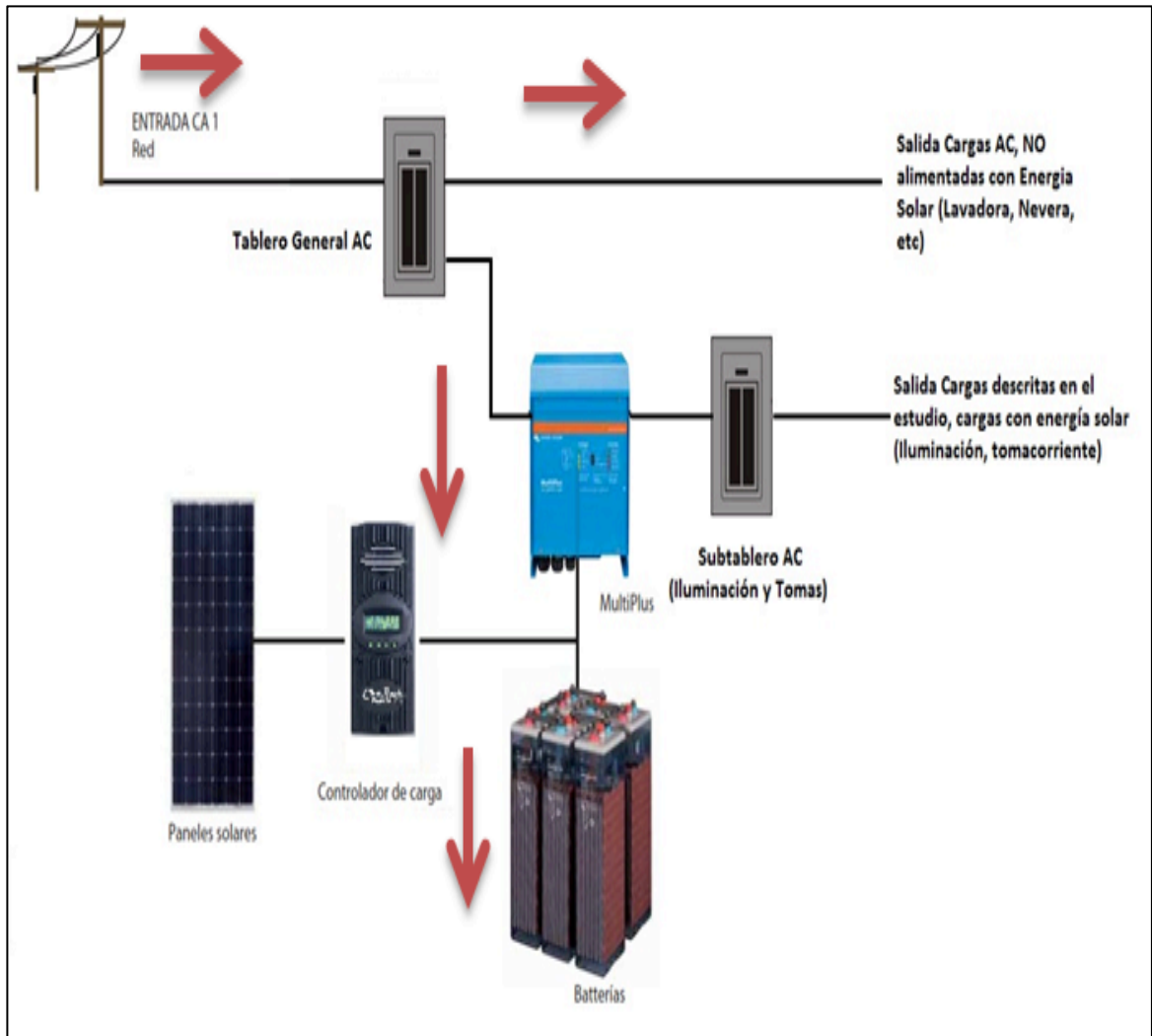
Figura 32. Voltaje de batería < 23,5v, entra la red pero no carga batería



Fuente: Autores

La figura 22 muestra el funcionamiento en caso de que el voltaje de la batería sea menor a 23,5 v, entrará la red para mantener bombillos encendidos, pero no cargará baterías (1 amperio) en caso de que la descarga se realice en la noche. Quedaran descargadas hasta que el siguiente día el sol las cargue.

Figura 33. Charger only, solo carga por parte de la red



Fuente: Autores

En la figura se presentara en el momento en que el swith del inversor se encuentre en "charger only", se hará manualmente, y la red cargará el banco de baterías hasta cuando se desee.

12. CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS

12.1. CONFIGURACIÓN INVERSOR PHOENIX 3KVA

Para llevar a cabo la configuración del inversor Phoenix 3kVA se utilizó un ciclo del banco de baterías (carga – descarga), en el cual se puso en funcionamiento el sistema solar fotovoltaico (off – Grid o aislado) con el total de carga, y se conoció experimentalmente: límite superior de carga, y límites superior e inferior del estado de carga del banco.

En el momento que se superó cada uno de los límites anteriormente mencionados, el sistema permitió la participación de la red situación que no se quiso y por lo cual se realizó la configuración.

Se adquirió MK2 USB, es el único medio de tener acceso a la configuración de inversor y se realizó:

1. Interconexión; Pc – inversor (límite carga)

✓ *Parámetros Estipulados 1.*

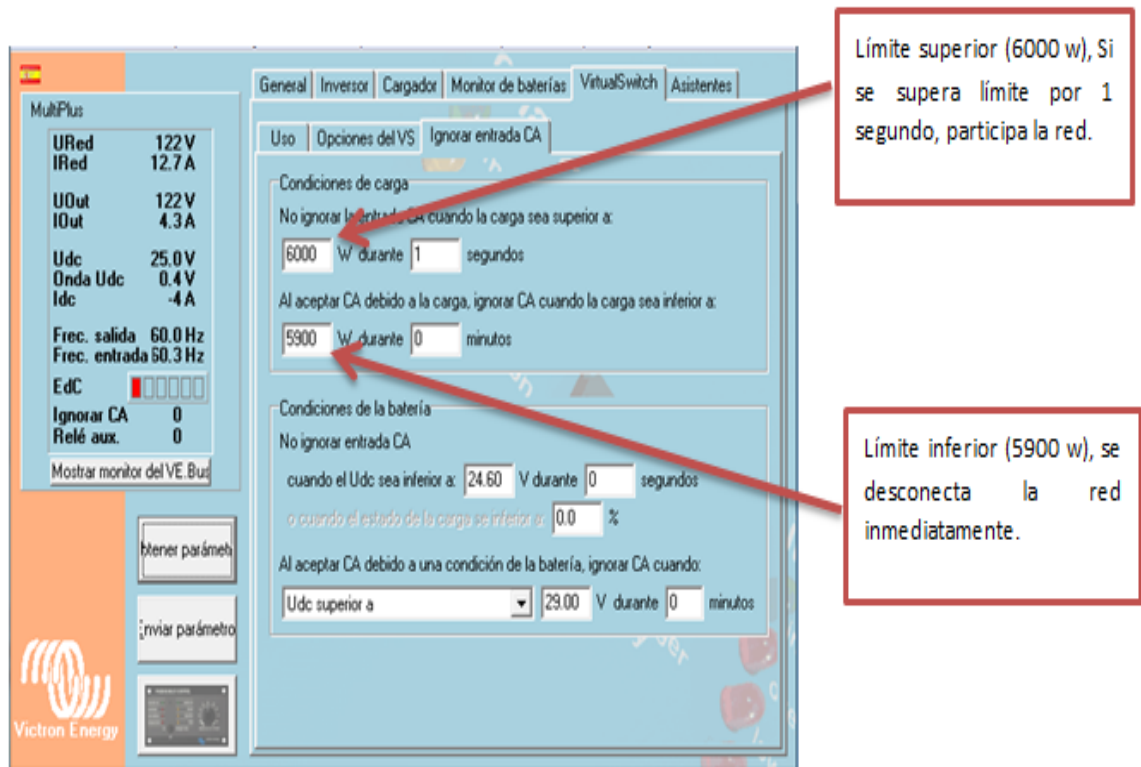
Límite superior: 3900w

Límite inferior: 600w

Los valores anteriores son los parámetros de configuración de fábrica del equipo, pero cuando se encendió toda la casa (4800w) sobrepasó el límite superior estipulado lo cual permitió la participación de la red y no se desconectó de esta hasta llegar al límite inferior (600 w).

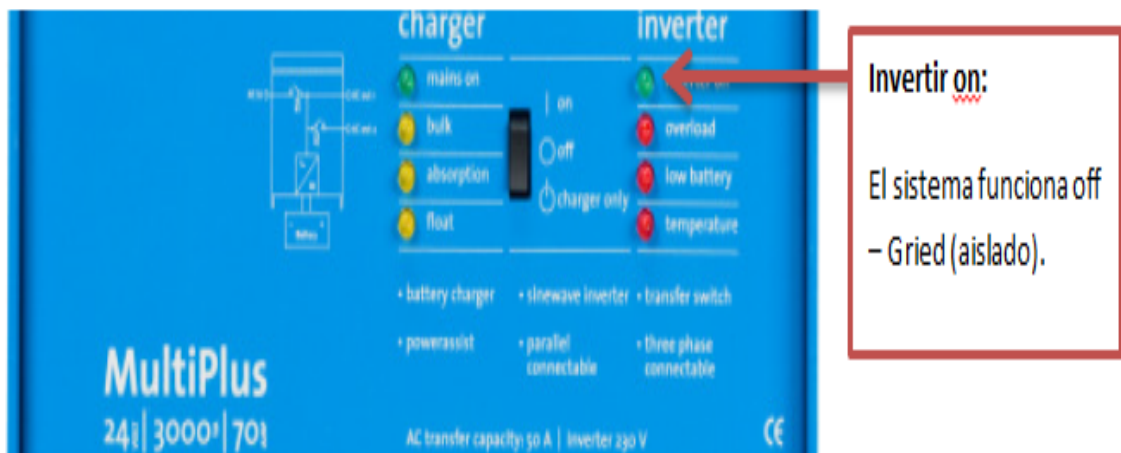
Para evitar esta situación se cambió estos parámetros; límite superior (6000 w) que es el pico máximo que puede soportar el inversor (difícilmente lo alcanzara el sistema), y límite inferior (5900 w) intervalo en el cual se redujo el tiempo de participación de la red en caso tal de que alcance el límite superior.

Figura 34. Plataforma de configuración



Fuente: Autores

Figura 35. Indicación Led del inversor



Fuente: Autores

2. Interconexión; Pc – inversor (limites estado de carga del banco)

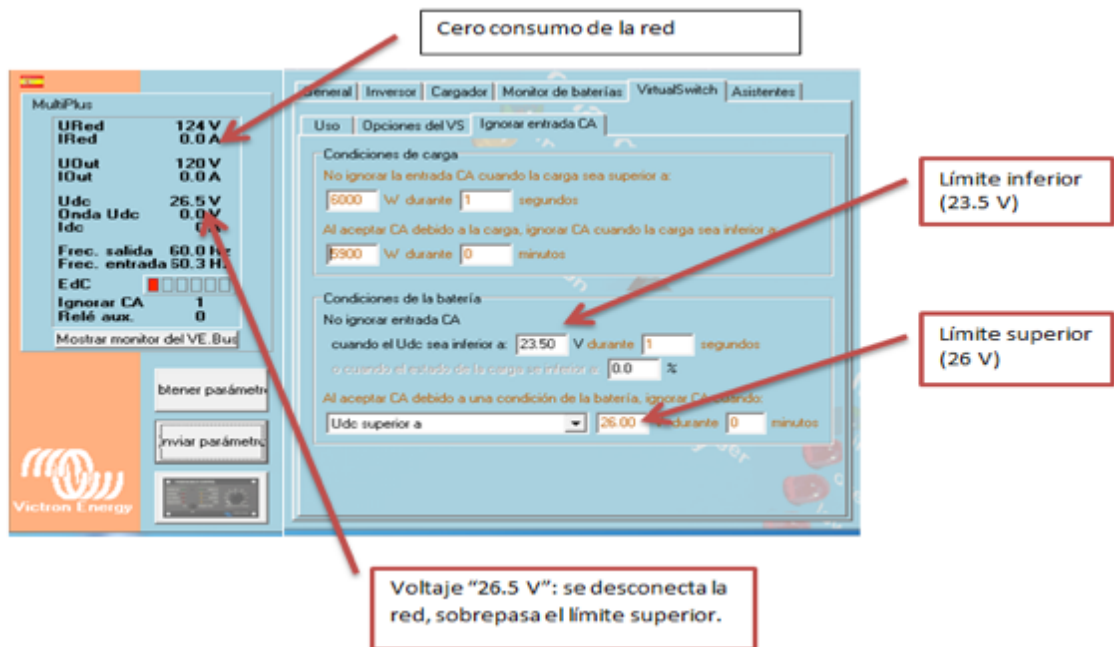
✓ *Parámetros Estipulados 1.*

Límite superior: 29 v

Límite inferior: 24.6 v

Se obtuvo estos valores, pero cuando se realizó el proceso de descarga del banco de baterías y se llegó el valor inferior (23,5) permitió la participación de la red, Y no desapareció esta hasta que no se alcanzó el límite superior de carga (29 v), situación que no se aceptó.

Figura 36. Plataforma de la configuración



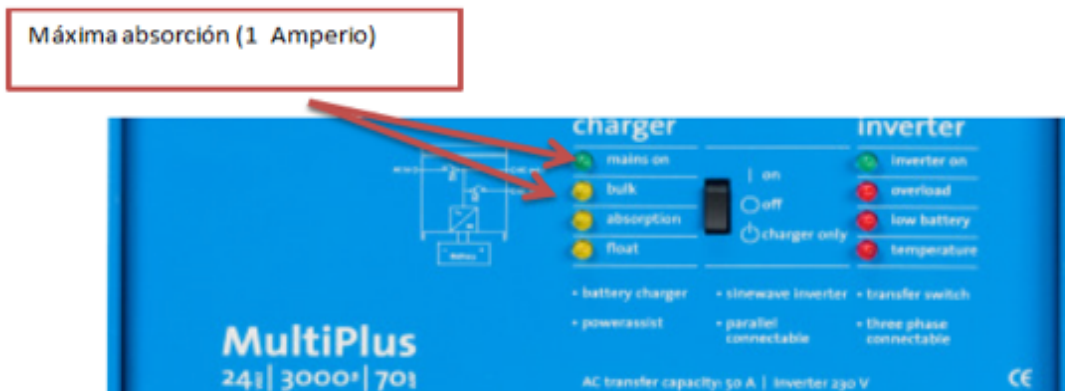
Fuente: Autores

Con el fin de evitar esta situación se desconectó la red (breaker en estado off) y se descargó totalmente el banco, de esta manera se conoció el límite inferior como tal con un valor de 23,5 v.

Posteriormente, se conectó nuevamente la red (breaker estado ON) inmediatamente esta entró a participar en el proceso y encendió nuevamente todas las cargas (iluminación), aumentando el Voltaje a 24.5 v; con lo cual se decidió que el límite superior fuese de 26 v; ya que si se colocaba un voltaje cercano a 23,5 v cuando ingrese la red automáticamente se desconecta prendiendo y apagando el sistema, lo que causa efectos secundarios al sistema.

Por esto el intervalo es de 3 v lo que evitó esta situación; se redujo el tiempo de absorción de la red (1 A) para carga del banco de baterías hasta el día siguiente cuando sale el sol.

Figura 37. Indicador led inversor



Fuente: Autores

Figura 38. Indicador Led Inversor



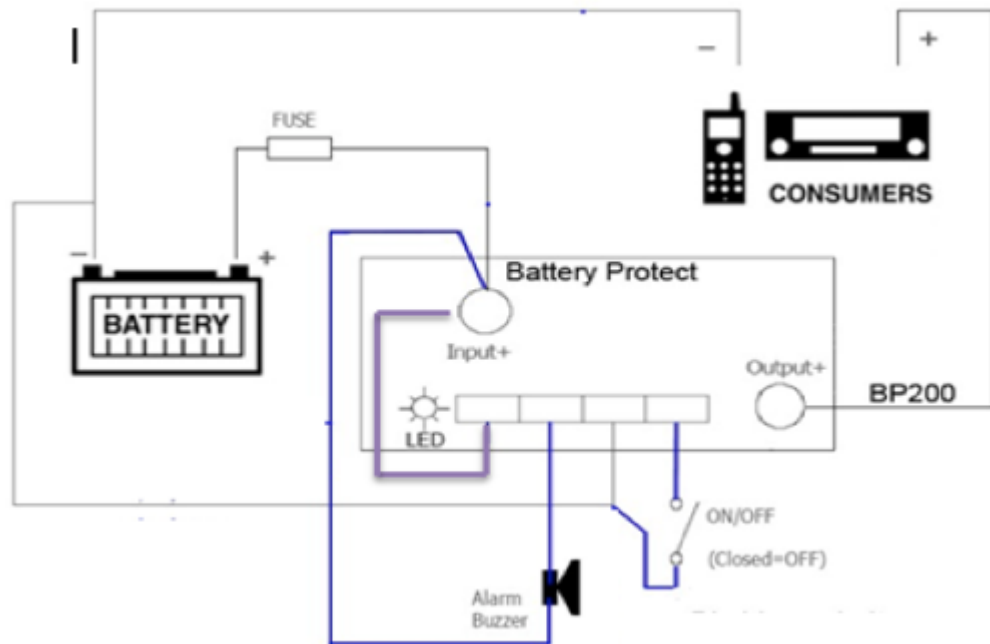
Fuente: Autores

12.2. CONFIGURACIÓN DEL MONITOR DE BATERÍAS

- Se mantuvo oprimido el botón setup por cerca de 2 minutos, se indicó el valor de corriente de la batería que se monitorea.
- Se estipulo como el valor de amperaje de 255 [A] correspondiente a la batería que se seleccionó para monitorear.
- Se descargó en su totalidad el sistema, con el fin de que el monitor se acoplara a los parámetros estipulados y de esta manera funcionara de la mejor manera.

12.3. CONFIGURACIÓN PROTECTOR DE BATERÍA

Figura 39. Mapa de conexión



Fuente: Manual del protector de baterías

- Se hizo conexión entre baterías y guardián positivo (+) batería – Input (+)
- De igual forma se hizo conexión baterías negativo (-) – tercer lugar de izquierda a derecha.
- Se realizó puente entre input (+) – primer lugar de izquierda derecha, como se conoció en el ciclo de carga y descarga el voltaje mínimo es de 23 v y el voltaje

máximo 26 v; con estos datos se revisó la tabla de programación a 24 v, y se decidió que la posición adecuada según esta es 7.

- Se estipulo la posición 7 dejando parpadear el led 7 veces, para confirmar esta posición programada después de desconectado el puente (input (+) – 1 lugar) el led repetirá el número de parpadeos.
- Esta programación se mantiene aún, cuando la conexión de batería sea desconectada.

13. PROCESO DE INSTALACIÓN

13.1. EQUIPOS

La figura 40 y 41 muestra los equipos instalados en la vivienda “SAKINA”

Figura 40. Panel solar



Fuente: Autores

Figura 41. Inversor, regulador, baterías, monitores.



Fuente: Autores

13.2. LUGAR DE INSTALACIÓN:

La instalación se realizó en zona rural del municipio de Barichara- Santander, en la vivienda familiar “SAKINA”.

Figura 42. Casa “SAKINA” en construcción



Fuente: Autores

Figura 43. Tejado donde se instaló el banco de paneles



Fuente: Autores

13.3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA

Figura 44. Instalación del banco de paneles



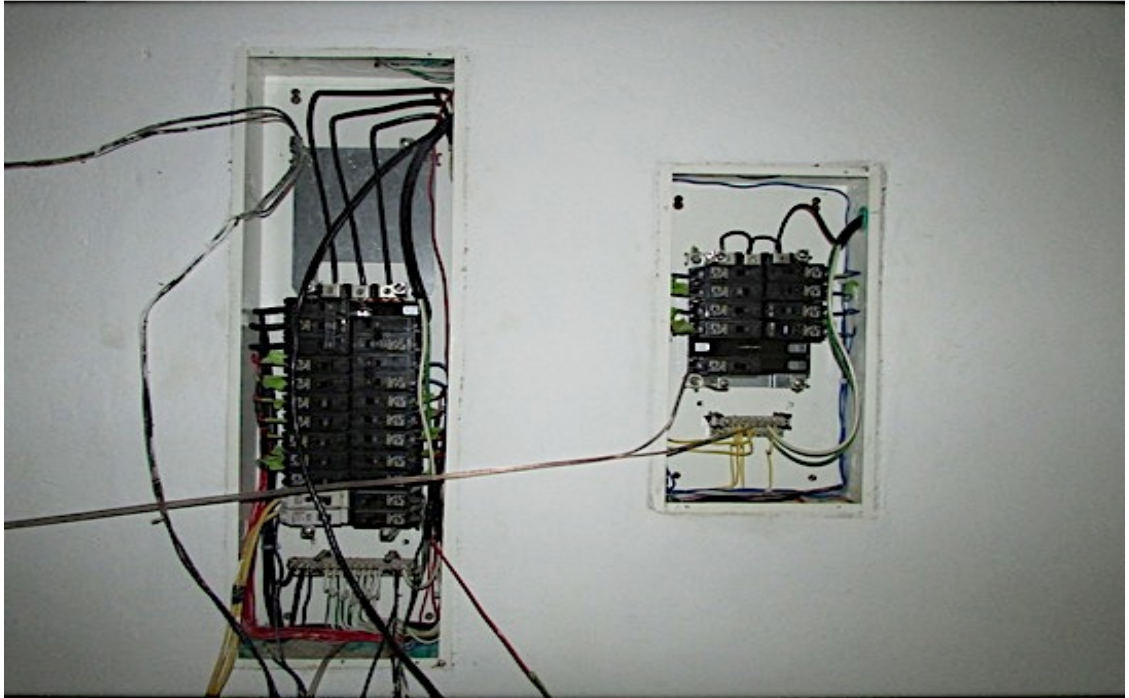
Fuente: Autores

Figura 45. Instalación de los equipos en el cuarto de maquinas



Fuente: Autores

Figura 46. Tablero y sub tablero AC



Fuente: Autores

Figura 47. Paneles Instalados



Fuente: Autores

Figura 48. Equipos instalados



Fuente: Autores

14. PRESUPUESTO

14.1 PRESUPUESTO ASUMIDO POR EL DUEÑO DE LA VIVIENDA

Tabla 6. Presupuesto asumido por el dueño de la vivienda.

	PRECIOS (COP)
Paneles de silicio policristalino	\$4.000.000=
Baterías	\$5.000.000=
Inversor	\$4.000.000=
Regulador	\$2.000.000=
Cable Solar	\$1.000.000=
Marcos de acero	\$1.000.000=
TOTAL	\$17.000.000=

Fuente: Autores

14.2 PRESUPUESTO ASUMIDO POR LOS ESTUDIANTES

Tabla 7. Presupuesto asumido por los estudiantes.

	PRECIOS (COP)
Transporte, hospedaje y alimentación	\$2.000.000=
Papelería y otros	\$500.000=
Herramientas	\$1.000.000=
TOTAL	\$3.500.000=

Fuente: Autores

VALOR TOTAL DEL PROYECTO.....\$20.500.000=

15. CONCLUSIONES

Luego de una profunda investigación del estado del arte y las diversas metodologías encontradas, se puede apreciar que, en Colombia no existe ningún registro de un sistema solar fotovoltaico interactivo con la red (Hybrid Grid-Tie). Como conclusión, se presenta en ésta tesis, un avance en el país de la tecnología de sistemas fotovoltaicos.

La programación realizada al inversor, fue basada en el soporte técnico que brindo la compañía Victron, desde su sede en Holanda. Es por esto que se sabe que es la primera vez que se hace en Colombia.

El sistema solar fotovoltaico interactivo con la red, instalado en la vivienda "SAKINA", cumple con los parámetros suscritos en la normara NTC 2050 (Sección 690), y a su vez cumple satisfactoriamente las necesidades propuestas por el propietario de la vivienda.

El sistema fue diseñado para que en un futuro su capacidad de producción energética pueda ser ampliada cuando el propietario lo desee.

Se diseñó un proceso paso a paso, que da origen a una metodología para el dimensionado de un sistema solar fotovoltaico interactivo con la red, que incluye los cálculos necesarios para determinar el número de paneles, la selección del inversor, el cálculo de las baterías, y del regulador.

También se da a conocer la programación interna que debe tener cada uno de los equipos para que el sistema funcione según las especificaciones.

A pesar del costo elevado de la inversión, este proyecto se presenta como una solución a los problemas energéticos que actualmente afrontan las zonas rurales del todo el país, y teniendo en cuenta que es el primer sistema en Colombia que funciona bajos las especificaciones ciertamente dichas, sea un ejemplo para toda la comunidad.

El sistema se diseñó para que funcione en óptimas condiciones durante 25 años garantizados, con un mantenimiento basado simplemente en la limpieza de los generadores, lo que hace que este tipo de sistemas sea eficiente, además la inversión se recupera en 7 años, y el tiempo restante es ganancia.

Como recomendación general, el proyecto queda abierto a nuevas mejoras, como la instalación de un nuevo contador bidireccional con el fin de cuantificar la energía inyectada a la red y de esta forma obtener los beneficios que otorga la Ley 1715 vigente desde el año 2015.

De igual forma, es recomendable la adquisición de un monitor de baterías de última tecnología, ya que permite monitorear en tiempo real el estado del sistema, con lo que respecta a la producción y consumo. Además una de sus ventajas es que permitiría un soporte técnico sin necesidad de estar en la vivienda.

BIBLIOGRAFÍA

[1] AMOROCHO, C. Enrique y OLIVEROS V. Germán. Apuntes Sobre Energía y Recursos Energéticos. Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB, Bucaramanga, 2000.

[2] MARTEL R. Gilberto. Energías renovables y eficiencia energética, España: instituto tecnológico de Canarias, 2008.

[3] SÁNCHEZ Teodoro; ESCOBAR Rafael, RAMÍREZ Saúl, CANEDO Walter, GAMARRA Alva, GUZMÁN Yadira. Energía solar fotovoltaica una opción para la edificación rural; Lima: soluciones Práctica, 2009.

[4] DUQUE, Cristhian, MARMOLEJO, Eduardo; RUEDA María, T. “Análisis de las perspectivas de la Generación distribuida en el sector Eléctrico Colombiano”, Colombia, 2009.

[5] DUFO LÓPEZ, Rodolfo y BERNAL AGUSTÍN, José Luis. Curso interactivo de energía solar fotovoltaica. Zaragoza: Pressas Universitarias de Zaragoza, D.L. 2005.

[6] WILLIAM H. kemp. “the renewable Energy Hand book. The update comprehensive guide to renewable energy and independent living”. 2009.

[7] DÍAZ VILLAR, P. Confiabilidad de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos: Aplicación a la Electrificación Rural, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2003.

[8] SANZ MARTÍNEZ Patricia, PISANO ALONSO Jesús Ángel. Resumen del proyecto fin de carrera de instalación solar fotovoltaica de 20 KWp, Chile.

[9] CAAMAÑO MARTIN, Estefanía. Tesis Doctoral “Edificios fotovoltaicos conectados a la red eléctrica”. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. Marzo de 1998.

[10] SITIOSOLAR. Portal de Energías Renovables. Disponible en: <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm#Tiposdepaneles>.

[11] DIRECTINDUSTRY. El Salón Virtual de la Industria. Disponible en: <http://www.directindustry.es> Consultado el 8 de Abril 2011.

[12] AGUASOLAR. Disponible en: <http://www.aguasolar.com/40asi.pdf>. Consultado 15 de Abril 2011.

- [13] ORDUZ, Ricardo Marzal, Contribución a los sistemas de control de potencia micro-distribuida en edificios fotovoltaicos. Tesis Doctoral. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. Instituto de Energía Solar. Departamento de Electrónica Física. 2006.
- [14] NAVARRO, Cristina Avalos. Estudio y diseño en la optimización solar fotovoltaica para una vivienda unifamiliar Trabajo de Grado Química Industrial. España: Universidad Politécnica de Cataluña. Junio 2007. P 61-63.
- [15] ONATI ARRESTE. Diseño de una instalación solar fotovoltaica. Capítulo 6. 2006.
- [16] Multi Inversor/Cargador Senoidal Victron: Phonix Multi & Multiplus.
<http://www.enersolar.com/index2.htm>.
- [17] TALDEA. Ekain S. L. Laboratorio de energía solar fotovoltaica Disponible en:
http://www.sc.ehu.es/sbweb/energias-renovables/laboratorios/laboratorio_2.html.
- [18] PAREJA APARICIO, Miguel. (2010). Energía solar fotovoltaica: Cálculo de una instalación aislada. Segunda edición. editorial Marcombo S.A., Barcelona, 2010. ISBN: 978-84-267-1596-8.
- [19] LINDEN, D., Handbook of Batteries and Fuel Cells, McGraw-Hill, 1984.
- [20] VICTRONENERGY.COM. System- Layout-V3-4-8-2014ADR-.pdf. Disponible en: <http://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Hub-1-System-Layout-V3-4-8-2014ADR-.pdf>.
- [21] LUNA SAINZ, Rafael. Proyecto de fin de carrera “Diseño de planta solar fotovoltaica con conexión a red”. Universidad Pontificia Comillas “Escuela técnica superior de ingeniería” Madrid. Sept 2007.
- [22] SANZ LÓPEZ ARGUMEDO Esther. Proyecto de fin de carrera “Estudio Técnico- Económico de una instalación solar fotovoltaica conectada a Red de 5 KW”. Universidad Carlos III de Madrid “Escuela Politécnica Superior”. Departamento de tecnología electrónica, Leganés. 2009.
- [23] DEL MORAL Pelier, C. & SARMIENTO Sera, A. Influencia de la orientación de los colectores solares en la captación de energía. La Habana. 2005.
- [24] BÉRRIZ, L. M. ÁLVAREZ. Influencia del ángulo de inclinación de una superficie captora solar sobre la radiación incidente. Eco Solar, No. 8, 2004.

[25] CABRERA, I. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Energía y tú. No. 2005.

[26] Shinji ISHIZUKA and TOSHIO MATSUSHIMA. Equipement for the calculation of battery remaining discharge time in telecommunications systems. Services and Systems. July 1991.

[27] WOODWORTH Joseph, Evaluation of the batteries and charge controllers small stand-alone photovoltaic systems. 1st world conference and exhibition on photovoltaic solar energy conversión, Hawaii, December 1994.

[28] PROSPERI Marco y MINELLI Claudio. Confederación de consumidores y usuarios (CECU). Energía solar fotovoltaica. Proyecto RES & RUE Dissemination. España. 5 de Septiembre de 2005.

[29] PERIS BORAO, Eduardo. Huerto solar fotovoltaico de 1MW con conexión a red de M.T. Universidad de Zaragoza. España. Septiembre 2010.

[30] ORBEGOZO, C. y ARIVILCA, R. (2010a). Energía Solar Fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones domiciliarias.

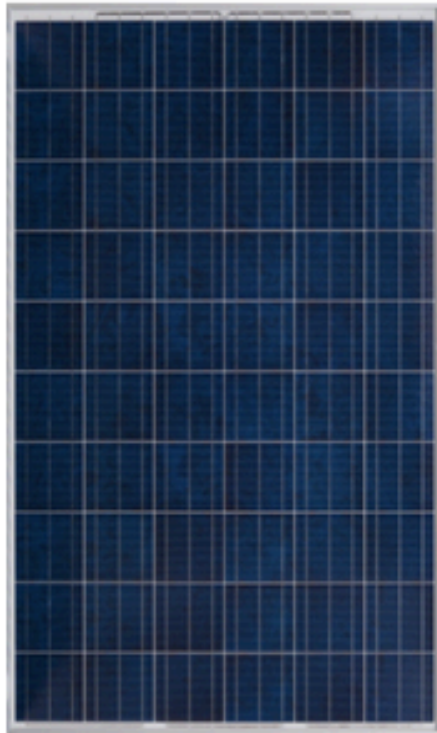
ANEXOS

ANEXO A. DATASHEET YINGLI SOLAR PANEL SERIE YGE 60 CELL

YGE 60 Cell 40mm SERIES

Powered by **YINGLI**

YL260P-29b
YL255P-29b
YL250P-29b
YL245P-29b
YL240P-29b



YINGLI GREEN ENERGY

Yingli Green Energy (NYSE: YGE) es uno de los mayores fabricantes fotovoltaicos verticalmente integrado, que comercializa sus productos bajo la marca "Yingli Solar". Con más de 7GW de módulos instalados a nivel mundial, somos una empresa líder en energía solar basándonos en la fiabilidad de un producto probado y un rendimiento sostenible. Yingli es la primera empresa de energías renovables y la primera compañía China que patrocina la Copa Mundial de la FIFA™.

RENDIMIENTO

- Células solares multicristalinas de alta eficiencia y un vidrio texturizado de alta transmitancia que permiten alcanzar una eficiencia del módulo de hasta el 16,2% lo que minimiza los costos de instalación y maximiza la producción energética del sistema por unidad de superficie.
- Tolerancia positiva ajustada de 0W a +5W asegurando una potencia en los módulos igual o superior a la nominal, contribuyendo a su vez a minimizar las pérdidas por dispersión de parámetros y a mejorar el rendimiento del sistema.
- Alta clasificación en las pruebas de rendimiento energético realizadas por TÜV *TÜV Rheinland Energy Yield Test* y en el "Photon Test", demostrando un alto rendimiento y una producción anual elevada.

FIABILIDAD

- Pruebas de laboratorios independientes demuestran que los módulos Yingli Solar:
 - ✓ Cumplen completamente con los certificados y normativas vigentes.
 - ✓ Soportan cargas de viento de hasta 2,4kPa y cargas de nieve de hasta 5,4kPa, confirmando así su estabilidad mecánica.
 - ✓ Resisten satisfactoriamente la exposición a niebla salina en su punto más severo y en ambientes con alto contenido de amoníaco, asegurando así el rendimiento en condiciones adversas.
- Empresa certificada por TÜV Rheinland ISO 9001: 2008, ISO14001: 2004, BS OHSAS 18001: 2007.

GARANTÍAS

- Garantía de producto limitada de 10 años¹.
- Garantía de potencia limitada¹: 10 años al 91,2% de la potencia de salida mínima y 25 años al 80,7% de la potencia de salida mínima.

¹ En cumplimiento de nuestros términos y condiciones de garantía.

CUALIFICACIONES Y CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730, CE, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, SA 8000, PV Cycle



YGE 60 Cell 40mm SERIES

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos para STC

Tipo de Módulo		YGE60P-296 (60x40mm)					
Potencia de salida	P_{max}	W	266	255	250	245	240
Tolerancia	ΔP_{max}	W	0 / +5				
Eficiencia del módulo	η_m	%	15,9	15,6	15,3	15,0	14,7
Tensión en P_{max}	V_{mp}	V	30,3	30,0	29,8	29,6	29,3
Intensidad en P_{max}	I_{mp}	A	8,99	8,69	8,39	8,28	8,18
Tensión en circuito abierto	V_{oc}	V	37,7	37,7	37,6	37,5	37,5
Intensidad en cortocircuito	I_{sc}	A	9,09	9,01	8,92	8,83	8,75

STC: 1000W/m² irradiación, 25°C. Módulo AM1.5 distribución espectral según EN 60904-3
Reducción medida de la eficiencia relativa de 5% a 200 W/m² según EN 60904-1

Parámetros Eléctricos en Temperatura de Operación Nominal de la Célula(TONC)

Potencia de salida	P_{max}	W	189,7	186,0	182,4	178,7	175,1
Tensión en P_{max}	V_{mp}	V	27,6	27,4	27,2	27,0	26,8
Intensidad en P_{max}	I_{mp}	A	6,87	6,79	6,71	6,62	6,54
Tensión en circuito abierto	V_{oc}	V	34,8	34,8	34,7	34,6	34,6
Intensidad en cortocircuito	I_{sc}	A	7,35	7,28	7,21	7,14	7,07

TONC: Temperatura en circuito abierto del módulo a 800W/m² de irradiación, 20°C de temperatura ambiente y 1m/s de velocidad del viento

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura de Operación Nominal de la Célula	TONC	°C	66 +/- 2
Coefficiente de temperatura para P_{max}	β	%/°C	-0,42
Coefficiente de temperatura para V_{oc}	β_{Voc}	%/°C	-0,32
Coefficiente de temperatura para I_{sc}	β_{Isc}	%/°C	0,05
Coefficiente de temperatura para η_{max}	$\beta_{\eta_{max}}$	%/°C	-0,42

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Máxima tensión del sistema	1500V _{DC}
Valor máximo del fusible en serie	15A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperaturas de funcionamiento	-40°C hasta 85°C
Máxima carga estática frontal (nieve)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (viento)	2400Pa
Max. impacto por granizo (diámetro / velocidad)	25mm / 23m/s

MATERIALES

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3,2 mm
Célula solar (cantidad / tipo / dimensiones / Número de Busbars)	60 / silicio monocristalino / 156x156 mm / 2 ó 3
Encapsulante (material)	Etilvinilacetato (EVA)
Marco (material / color / color del anodizado / sellado del marco)	Aluminio anodizado / plata / claro / material de sellado
Caja de conexiones (grado de protección)	> IP65
Cable (longitud / sección)	1100mm / 4mm ²
Conector (tipo / grado de protección)	MCA / IP67 o YTG5-1 / IP67 o Amphenol H4 / IP68

- Debido a la continua innovación, investigación y mejora de productos, la información y las especificaciones dadas en esta hoja de características están sujetas a cambios sin previo aviso. Las especificaciones pueden variar ligeramente y no están garantizadas.
- Los datos no están referidos a un solo módulo y no son parte de la oferta, están sólo para su comparación entre diferentes tipos de módulos.

Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.

service@yinglisolar.com
Tel: 0086-312-8929802

YINGLISOLAR.COM

© Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. | DS_YGE60Cell-296_40mm_5P_5P_201401_v1

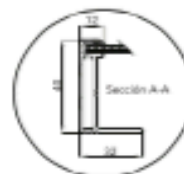
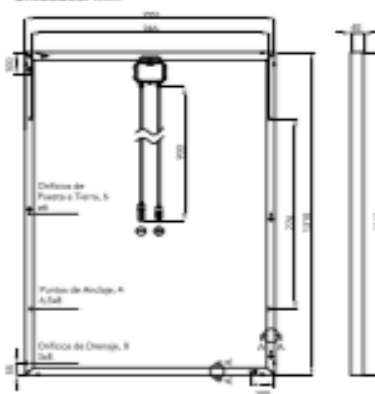
CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (longitud / anchura / profundidad)	1620mm / 990mm / 40mm
Peso	10,5kg

ESPECIFICACIONES DEL EMBALAJE

Número de módulos por pallet	26
Número de pallets por contenedor (40')	28
Dimensiones del Embalaje (longitud / anchura / profundidad)	1710mm / 1140mm / 1170mm
Peso del pallet	51kg

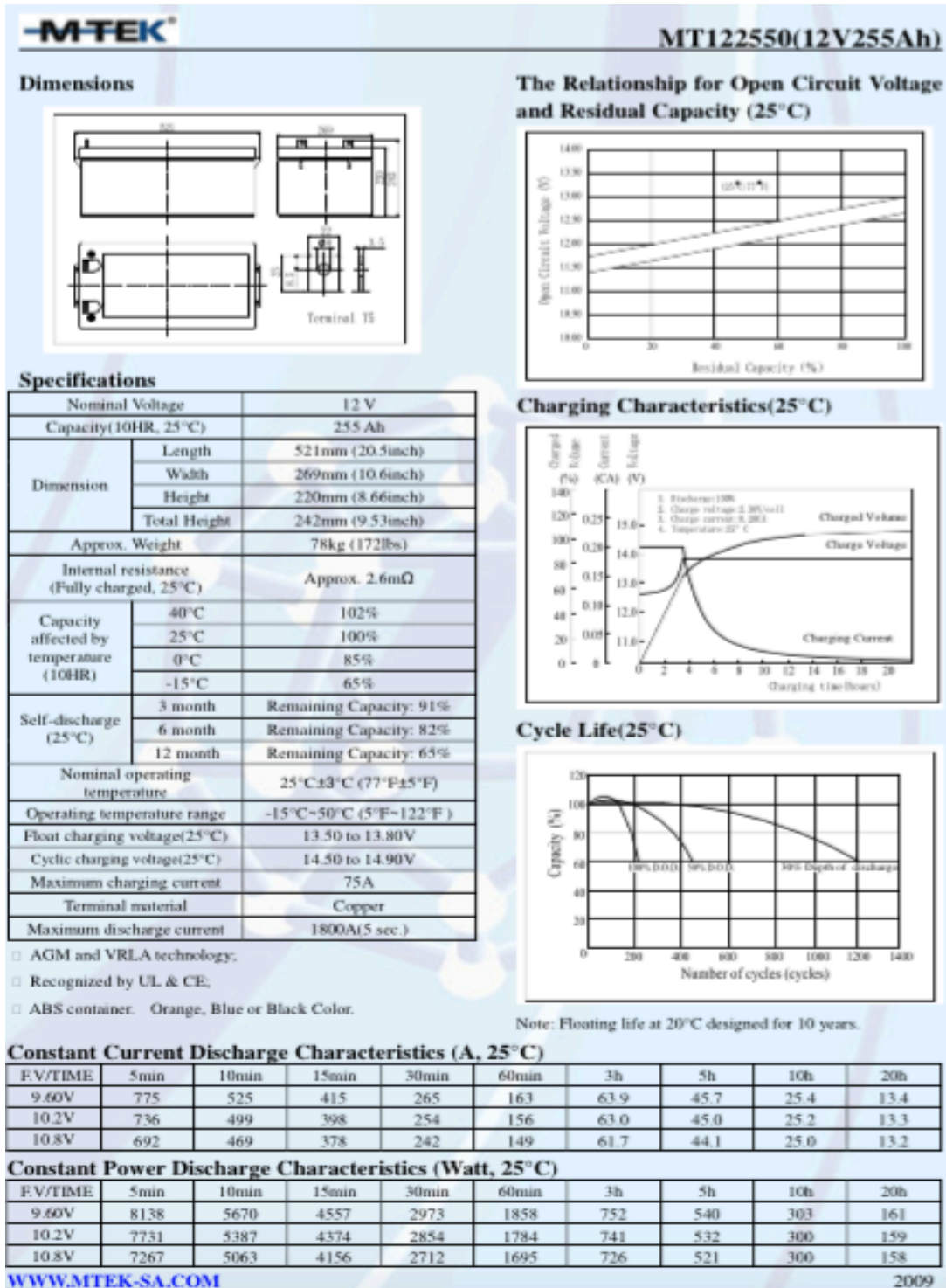
Unidades: mm



Advertencia: Leer el Manual de Instalación y Uso en su totalidad antes de manejar, instalar y operar módulos Yingli.



ANEXO B. DATASHEET BATERIAS MTEK



ANEXO C. DATASHEET FLEXMAX 80

FLEXmax™ Especificaciones

	FLEXmax™ 80 - FM80-150 VCC	FLEXmax™ 60 - FM60-150 VCC	
Voltajes nominales de la batería	12, 24, 36, 48 o 60 VCC (Modelo único, seleccionable mediante programación en campo en la puesta en marcha)		
Corriente de salida máxima	80 A a 40°C (104 °F) con límite de corriente ajustable	60 A a 40°C (104°F) con límite de corriente ajustable	
Solar recomendado según código NEC Placa de identificación según STC de conjunto máximo	sistemas de 12VCC 1000 Vatios / sistemas de 24VCC 2000 Vatios sistemas de 48VCC 4000 Vatios / sistemas de 60VCC 5000 Vatios	sistemas de 12VCC 750 Vatios / sistemas de 24VCC 1500 Vatios sistemas de 48VCC 3000 Vatios / sistemas de 60VCC 3750 Vatios	
Voltaje FV de circuito abierto	150 VCC máximo absoluto en las condiciones más frías / 145 VCC en la puesta en marcha y máxima operación		
Consumo de energía en modo de respaldo	Menos de 1 vatio, típico		
Eficiencia de conversión de energía	97,5% a 80 A, CC en un sistema de 48 VCC, típico	98,1% a 60 A, CC en un sistema de 48 VCC, típico	
Regulación de carga	Cinco etapas: Corriente (bulk), absorción, flotación, silenciosa y equalización		
Puntos de ajuste de regulación del voltaje	13 VCC a 80 VCC ajustable por el usuario con protección por contraseña		
Carga de equalización	Duración y punto de ajuste de voltaje programables, terminación automática una vez completada la carga		
Compensación de temperatura de la batería	Automática con sensor remoto de temperatura (RTS) opcional instalado: 5,0 mV por °C por cada celda de batería de 2V		
Capacidad de reducción de voltaje	Conversión de reducción desde cualquier voltaje de conjunto aceptable a cualquier voltaje de batería. Ejemplo: Un conjunto de 72 VCC a una batería de 24 VCC; conjunto de 60 VCC a una batería de 48 VCC		
Salida de control auxiliar programable	Señal de salida de 12 VCC, que puede ser programada para diferentes aplicaciones de control (máximo de 0,2 A de CC)		
Visor de estado	Pantalla de LCD retroiluminada de 8 cm (3,1 in) de 4 líneas con un total de 80 caracteres alfanuméricos		
Regulador y visor remotos	MATE3, MATE o MATE2 opcionales con puerto serie de comunicaciones RS232		
Cableado de red	Sistema de red de propiedad exclusiva que utiliza conectores modulares RJ-45 con cables CAT5 (8 hilos)		
Registro de datos	Últimos 128 días de operación: amperios horas, vatios horas, tiempo en Flotación, vatios pico, amperios, voltaje del conjunto solar, voltaje máximo de batería, voltaje mínimo de batería y Absorción, amperios horas acumuladas y kW horas de producción		
Intervalo de temperatura operativa	-40 a 60°C (disminución automática de potencia por encima de los 40°C)		
Clasificación ambiental	Tipo 1, para interiores	Tipo 1, para interiores	
Troquelados de conducto	Uno de 35 mm (1 in) en la parte posterior, uno de 35 mm (1 in) en el lado izquierdo y dos de 35 mm (1 in) en la parte inferior		
Garantía	5 años de garantía estándar, ampliable a 10 años		
Peso	Unidad	12,20 lbs (5,56 kg)	11,65 lbs (5,3 kg)
	Envío	15,5 lbs (7,3 kg)	14,90 lbs (6,7 kg)
Dimensiones (Al. x An. x Prof.)	Unidad	16,25 x 5,75 x 4,5" (41,43 x 14,6 x 11,4 cm)	13,75 x 5,75 x 4,5" (35 x 14,6 x 11,4 cm)
	Envío	19 x 9,5 x 8,5" (48,3 x 24,1 x 21,6 cm)	17 x 9,5 x 8,5" (43,2 x 24,1 x 21,6 cm)
Opcionales	Sensor remoto de temperatura (RTS), HUB4, HUB10, MATE, MATE2, MATE3		
Idiomas del menú	Ingles y español	Ingles y español	
Certificaciones	ETL, Listado en UL1741, CSA C22.2 N.º 107.1		

ANEXO D. DATASHEET MONITOR DE BATERIAS BMV-600S

Monitor de baterías	BMV 600S	BMV 602S & BMV 602S NEGRO	BMV 600HS	Controlador de baterías VE. Net	VE. Net Batería de alta tensión Controller
Rango de tensión de la fuente de alimentación	9.5 - 90 VDC	9.5 - 90 VDC	70 - 350 VDC	7 - 75 VDC	70 - 350 VDC ¹
Consumo de corriente; luz trasera off	< 4 mA	< 4 mA	< 4 mA	< 5 mA	< 4 mA
Rango de tensión de entrada (VDC)	9.5 - 95 VDC	9.5 - 95 VDC	70 - 350 VDC	0 - 75 VDC	0 - 350 VDC
Capacidad de la batería (Ah)	20 - 9999 Ah			20 - 60000 Ah	
Temperatura de funcionamiento	-20 +50°C (0 - 120°F)				
Medición de la batería adicional	No	Sí	Sí	No	
Puerto de comunicaciones	Sí	Sí	Sí	Sí (VE.Net)	
Contactos libres potenciales	60V/1A (N/O)				
RESOLUCIÓN (con derivador de 500 A)					
Corriente	± 0,01 A			± 0,1 A	
Tensión	± 0,01 V				
Amperios/hora	± 0,1 Ah				
Estado de la carga. (0 - 100 %)	± 0,1 %				
Tiempo restante	± 1 min				
Temperatura (0 - 50°C o 30 - 120°F)	n. d.			± 1°C (± 1°F)	
Precisión de la medición de la corriente	± 0,3 %				
Precisión de la medición de la tensión	± 0,4 %				
INSTALACIÓN Y DIMENSIONES					
Instalación	Montaje empotrado			Raíl DIN	
Frontal	63 mm. de diámetro			22 X 75 mm. (0.9 x 2.9 pulgadas)	
Tapa delantera	69 x 69 mm (2.7 x 2.7 pulgadas)			n. d.	
Diámetro del cuerpo	52mm (2.0 pulgadas)			n. d.	
Profundidad del cuerpo	31mm (1.2 pulgadas)			105 mm (4,1 pulgadas)	
ACCESORIOS					
Derivador (incluido)	500 A / 50 mV ²			500 A / 50 mV ³	
Cables (incluidos)	10 metros 6 seis hilos UTP con conectores RJ12, y cable con fusible para conexiones "+"			Suministrado con cables de 1 m.	
Sensor de temperatura	n. d.			Suministrado con cable de 3 m.	
Interfaz para el ordenador	opcional			n. d.	
1) se necesitan 7 - 75 VCC para alimentar la red VE.Net 2) Versión HV con derivador en carcasa de plástico 3) Versión HV con derivador + controlador en carcasa de plástico					

ANEXO E. DATASHEET PROTECTOR DE BATERIAS

BatteryProtect 40A/60A/200A

www.victronenergy.com



**BatteryProtect
BP-40i**



**BatteryProtect
BP-60i**



**BatteryProtect
BP-200i**

**¡Evite quedarse con la batería descargada!
¡Tenga la seguridad de arrancar siempre su motor!**

BatteryProtect de Victron Energy permite desconectar automáticamente consumos no esenciales de la batería antes de que esta esté totalmente vacía (y dañada) o demasiado descargada para poder arrancar el motor.

Entrada universal de 12/24V

El BatteryProtect detecta automáticamente la tensión del sistema.

Totalmente programable mediante un sencillo programa de "countdown"

El BatteryProtect puede configurarse para que se active/desactive al alcanzar distintas tensiones con la ayuda de un sencillo programa de "countdown (cuenta atrás)". Consulte el manual para más información.

Protección contra sobretensiones

Para proteger los instrumentos sensibles de las sobretensiones, la batería se desconecta automáticamente cuando la tensión continua supera 16 V ó 32 V.

Conmutación sin contactos

La utilización de conmutadores estáticos MOSFET en lugar de relés elimina cualquier riesgo de arco eléctrico.

Alarma de acción diferida

Un contacto de alarma se activa cuando la tensión de la batería es inferior al nivel establecido durante más de 15 segundos. Así, cualquier demanda de alta potencia aunque sea de corta duración (arranque del motor) no provocará una alarma. El contacto de alarma es una salida negativa normalmente abierta, de una intensidad máx. de 500 mA. Puede utilizarse para activar un piloto y/o un zumbador.

Desconexión de acción diferida

La desconexión es de acción diferida para que se produzca sólo en situaciones invariables. Es necesario que la alarma esté activada durante más de un minuto para provocar la desconexión. Si durante este periodo de tiempo sube la tensión (por ejemplo, tras el arranque del motor) la desconexión no tendrá lugar.

BatteryProtect	BP-40i	BP-60i	BP-200i
Corriente permanente	40A	60A	200A
Corriente máxima	120A	120A	480A
Rango de tensión	6-35 V		
Consumo	4mA		
Retraso de tiempo de alarma	15 segundos		
Retraso de tiempo de desconexión	1 minuto		
Límite predeterminado	Desconectar: 10,5V ó 21V Conectar: 12V ó 24V		
Peso kg (lbs)	0,2 (0,5)	0,2 (0,5)	0,8 (1,8)
Dimensiones alxanxp mm (alxanxp pulgadas)	80 x 60 x 40 (3,2 x 2,4 x 1,6)	80 x 60 x 40 (3,2 x 2,4 x 1,6)	60 x 120 x 110 (2,4 x 4,7 x 4,3)

ANEXO F. DATASHEET INVERSOR/CARGADOR MULTIPLUS 3KVA

Inversor/cargador MultiPlus 2kVA y 3kVA

(120V/60Hz)

Compatible con baterías de Lítio-Ión

www.victronenergy.com



Multiplus
24/3000/70

Multifuncional, con gestión de potencia inteligente

El MultiPlus reúne, en una sola carcasa compacta, un potente inversor sinusoidal, un sofisticado cargador de baterías con tecnología adaptable y un conmutador de transferencia de CA de alta velocidad. Además de estas funciones principales, el MultiPlus dispone de varias características avanzadas, tal y como se describe más abajo.

Dos salidas CA

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

La segunda salida sólo está activa cuando a una de las entradas del MultiPlus le llega alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo (segunda salida disponible sólo en los modelos con conmutador de transferencia de 50A).

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta seis Multis pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 24/3000/70, por ejemplo, darán una potencia de salida de 15kW/18kVA y una capacidad de carga de 420 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico

Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades para una salida trifásica. Pero eso no es todo: con tres bancadas de seis unidades en paralelo, se puede obtener un inversor trifásico de 45kW/54kVA y un cargador de 1260A.

Opciones de fase dividida

Se pueden superponer dos unidades para obtener 120-0-120V, y se pueden conectar en paralelo hasta 6 unidades adicionales por fase para suministrar una potencia de hasta 30kW/36kVA en fase dividida.

También se puede obtener una fuente CA de fase dividida conectando nuestro autotransformador [ver ficha técnica en www.victronenergy.com] a un Inversor "European" programado para suministrar 240V/60Hz.

PowerControl – Potencia limitada del generador, del pantalán o de la red

El MultiPlus es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la red del pantalán (casi 20A por cada Multi de 3kVA a 120VCA). En el Panel Multi Control puede establecerse una corriente máxima proveniente del generador o del pantalán. El MultiPlus tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga, evitando así sobrecargar el generador o la red del pantalán.

PowerAssist – Aumento de la capacidad eléctrica del pantalán o del generador

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

Cargador variable de cuatro etapas y carga de bancadas de baterías dobles

La salida principal proporciona una potente carga al sistema de baterías por medio de un avanzado software de "carga variable". El software ajusta con precisión el proceso automático de tres etapas adaptándose a las condiciones de la batería y añade una cuarta etapa para prolongados periodos de carga lenta. El proceso de carga variable se describe con más detalle en la hoja de datos del Phoenix Charger y en nuestro sitio web, en el apartado "Información Técnica". Además de lo anterior, el MultiPlus puede cargar una segunda batería utilizando una salida de carga limitada independiente, pensada para cargar una batería de arranque del motor principal o del generador.

La configuración del sistema no puede ser más sencilla

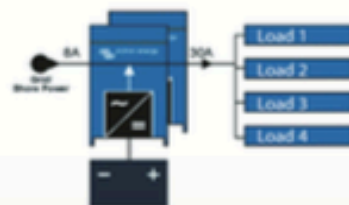
Una vez instalado, el MultiPlus está listo para funcionar.

Si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP. Con los conmutadores DIP se puede incluso programar el funcionamiento en paralelo y en trifásico: ¡sin necesidad de ordenador!

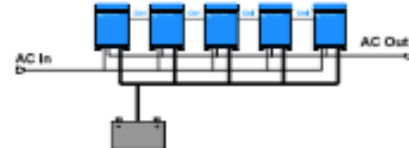
Además, también se puede utilizar un VE.Net en vez de los conmutadores DIP.

Y hay sofisticados programas disponibles (VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator) para configurar varias nuevas

PowerAssist con 2 MultiPlus en paralelo

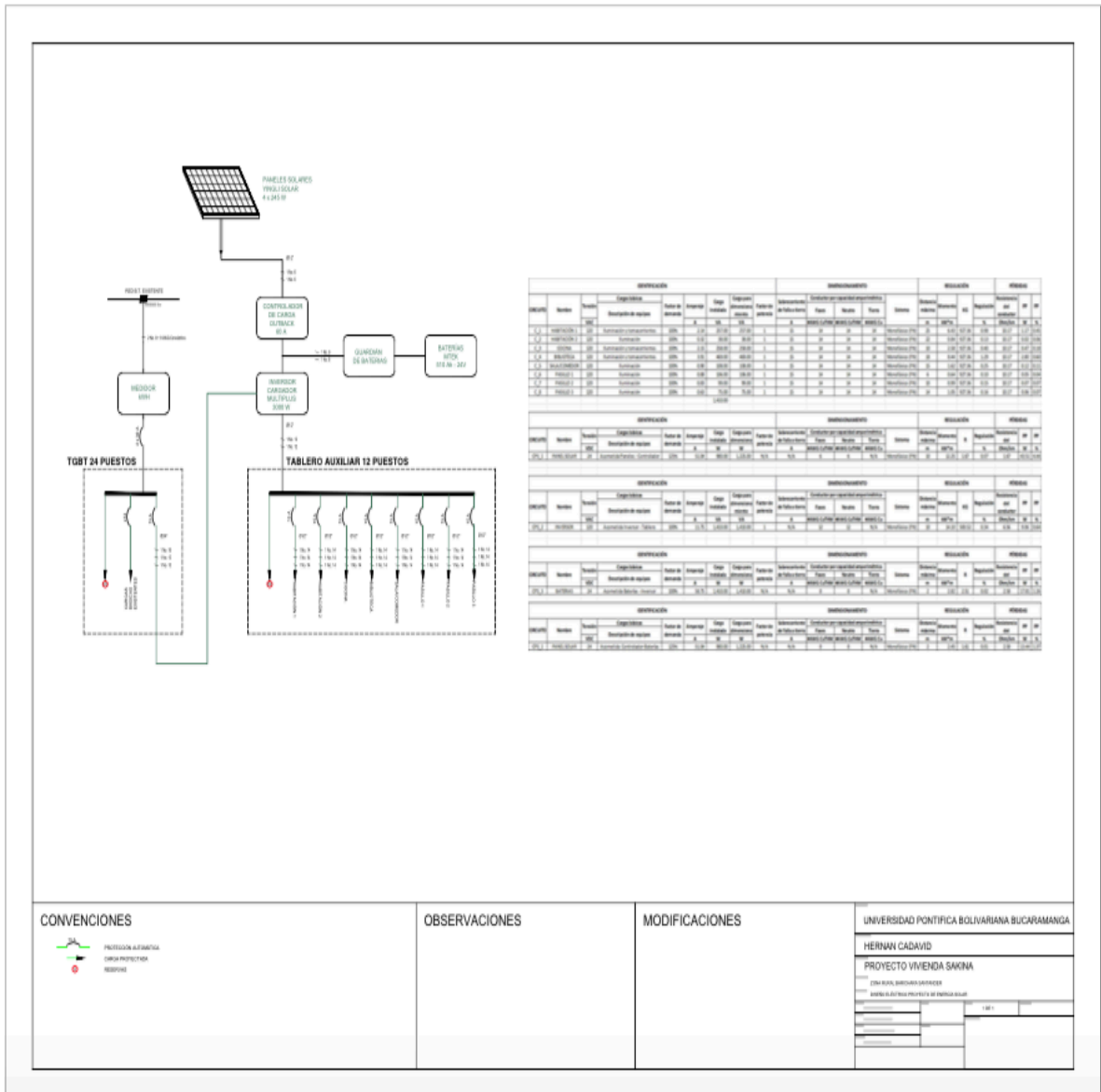


Cinco unidades en paralelo: Potencia de salida de 12,5



MultiPlus	12 voltios 24 voltios	12/2000/80 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70
PowerControl			Sí
PowerAssist			Sí
Conmutador de transferencia (A)			50
Funcionamiento en paralelo y en trifásico			Sí
INVERSOR			
Rango de tensión de entrada (V CC)		9,5 – 17 V	19 – 33 V
Salida		Tensión de salida: 120 VAC ± 2%	Frecuencia: 60 Hz ± 0,1% (1)
Potencia cont. salida a 25 °C (VA) (3)		2000	3000
Potencia cont. de salida a 75°F/25°C (W)		1600	2500
Potencia cont. salida a 100°F/40°C (W)		1450	2200
Pico de potencia (W)		4000	6000
Eficacia máxima (%)		92 / 94	93 / 94
Consumo en vacío (W)		9 / 11	15 / 15
Consumo en vacío en modo ahorro (W)		7 / 8	10 / 10
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)		3 / 4	4 / 5
CARGADOR			
Entrada CA		Rango de tensión de entrada 95-140 VAC	Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1
Tensión de carga de 'absorción' (V CC)			14,4 / 28,8
Tensión de carga de 'flotación' (V CC)			13,8 / 27,6
Modo de "almacenamiento" (V CC)			13,2 / 26,4
Corriente de carga batería casa (A) (4)		80 / 50	120 / 70
Corriente de carga batería arranque (A)			4
Sensor de temperatura de la batería			Sí
GENERAL			
Salida auxiliar (5)		n. d.	Sí (32A)
Relé programable (6)			Sí
Protección (2)			a - g
Puerto de comunicación VE.Bus		Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema	
Puerto de comunicaciones de uso general (7)		n. d.	Sí (2x)
On/Off remoto			Sí
Características comunes		Temp. de funcionamiento: 0 - 50°C (refrigerado por aire)	Humedad (sin condensación): máx. 95%
CARCASA			
Características comunes		Material y color: aluminio (azul RAL 5012)	Categoría de protección: IP 21
Conexiones de la batería		Pernos M8	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)
Conexión 120 V CA		Borne de tornillo 6 AWG (13 mm ²)	Borne de tornillo 6 AWG (13 mm ²)
Peso		13 kg. 25 lbs	19 kg. 40 lbs
Dimensiones (al x an x p en mm. y pul.)		520x255x125 mm 20,5x10,0x5,0 pulgadas	362x258x218 mm 14,3x10,2x8,6 inch
NORMATIVAS			
Seguridad		EN 60335-1, EN 60335-2-29	
Emisiones/Inmunidad		EN 55014-1, EN 55014-2, EN 61000-3-3	
1) Puede ajustarse a 50 Hz			3) At 75°F/25°C ambiente
Protecciones clave:		d. Tensión de la batería demasiado baja	4) Carga no lineal, factor de cresta 3:1
a) Cortocircuito de salida		h. Temperatura demasiado alta	5) Relé programable que puede configurarse como alarma
b) Sobrecarga		f. 120 V AC de salida del inversor	general, subtensión CC o señal de arranque del generador
c) Tensión de la batería demasiado alta		g. Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta	Capacidad nominal CA: 230V/4A Capacidad nominal CC: 4A hasta 35VDC, 1A hasta 60VDC

ANEXO G. PLANO DISEÑO ELECTRICO



ANEXO H. TABLA DE PROPIEDADES DE CONDUCTORES NTC 2050, DC

Calibre AWG Kcmils	sección transv. mm ²	Conductores				Resistencia en c.c. a 75°C		
		Trenzados		Todos		Cobre		Aluminio
		Canti- dad	Diám. en mm	Diám. en mm	sección mm ²	Sin recubrir ohmios/km	Recubierto ohmios/km	ohmios/km
18	0,82	1	--	1,02	0,65	25,49	26,51	41,99
18		7	0,38	1,17	1,29	26,08	27,72	42,98
16	1,31	1	--	1,30	1,29	16,04	16,67	26,41
16		7	0,48	1,47	1,94	16,37	17,36	26,96
14	2,08	1	--	1,63	1,94	10,07	10,47	16,6
14		7	0,61	1,85	2,58	10,3	10,7	16,96
12	3,31	1	--	2,06	3,23	6,33	6,59	10,43
12		7	0,76	2,34	3,87	6,49	6,73	10,66
10	5,26	1	--	2,59	5,16	3,97	4,13	6,56
10		7	0,97	2,95	7,1	4,07	4,23	6,69
8	8,37	1	--	3,25	8,39	2,51	2,58	4,13
8		7	1,24	3,71	10,97	2,55	2,65	4,20
6	13,30	7	1,55	4,67	17,42	1,61	1,67	2,65
4	21,15	7	1,96	5,89	27,1	1,01	1,05	1,67
3	26,66	7	2,21	6,6	34,19	0,80	0,833	1,32
2	33,63	7	2,46	7,42	43,23	0,64	0,659	1,05
1	42,41	19	1,68	8,43	56,13	0,51	0,525	0,83
1/0	53,51	19	1,88	9,45	70,32	0,4	0,417	0,66
2/0	67,44	19	2,13	10,62	88,39	0,317	0,331	0,52
3/0	85,03	19	2,39	11,94	111,61	0,251	0,261	0,41
4/0	107,22	19	2,69	13,41	141,29	0,199	0,205	0,33
250	--	37	2,08	14,61	167,74	0,169	0,175	0,278
300	--	37	2,23	16,0	201,29	0,141	0,146	0,232
350	--	37	2,46	17,3	234,84	0,120	0,125	0,198
400	--	37	2,64	18,49	268,39	0,105	0,109	0,174
500	--	37	2,95	20,65	334,84	0,085	0,087	0,139
600	--	61	2,51	22,68	403,87	0,070	0,073	0,116
700	--	61	2,72	24,49	470,97	0,060	0,062	0,099
750	--	61	2,82	25,35	504,52	0,0561	0,058	0,093
800	--	61	2,90	26,16	538,06	0,0528	0,054	0,087
900	--	61	3,1	27,79	606,45	0,047	0,048	0,077
1000	--	61	3,25	29,26	672,26	0,042	0,043	0,0696
1250	--	91	2,97	32,74	841,93	0,034	0,035	0,0554
1500	--	91	3,25	35,86	1 010,32	0,02815	0,0272	0,0463
1750	--	127	2,97	38,76	1180	0,02411	0,0248	0,0397
2000	--	127	3,2	41,45	1 349,67	0,0211	0,0217	0,0348

ANEXO I. TABLA DE PROPIEDADES DE CONDUCTORES NTC 250, AC

Calibre AWG o Kcmil	Resistencia al neutro cada 1000 pies (en ohmios)														Sección trans- versal mm ²
	Reactancia (XL) de todos los alambres		Resistencia en c.a. alambres de cobre descubiertos			Resistencia en c.a. para alambres de aluminio			Z eficaz para alambres de cobre descubiertos a FP=0,85			Z eficaz para alambres de aluminio A FP=0,85			
	Conduit de PVC y Al	Conduit de acero	Conduit De PVC	Conduit de Al	Conduit de acero	Conduit De PVC	Conduit de Al	Conduit de acero	Conduit De PVC	Conduit de Al	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Al	Conduit de acero	
14	0,190	0,240	10,17	10,17	10,17	—	—	—	8,86	8,86	8,86	—	—	—	2,08
12	0,177	0,223	6,56	6,56	6,56	10,49	10,49	10,49	5,58	5,58	5,58	9,19	9,19	9,19	3,30
10	0,164	0,207	3,94	3,94	3,94	6,56	6,56	6,56	3,61	3,61	3,61	5,91	5,91	5,91	5,25
8	0,171	0,213	2,56	2,56	2,56	4,27	4,27	4,27	2,26	2,26	2,29	3,61	3,61	3,61	8,36
6	0,167	0,210	1,61	1,61	1,61	2,66	2,66	2,66	1,44	1,48	1,48	2,33	2,33	2,33	13,29
4	0,157	0,197	1,02	1,02	1,02	1,67	1,67	1,67	0,951	0,951	0,984	1,51	1,51	1,51	21,14
3	0,154	0,194	0,820	0,820	0,820	1,31	1,35	1,31	0,755	0,787	0,787	1,21	1,21	1,21	26,66
2	0,148	0,187	0,623	0,656	0,656	1,05	1,05	1,05	0,623	0,623	0,656	0,98	0,98	0,98	33,62
1	0,151	0,187	0,525	0,525	0,525	0,82	0,853	0,820	0,525	0,525	0,525	0,79	0,79	0,82	42,20
1/0	0,144	0,180	0,394	0,427	0,394	0,656	0,689	0,656	0,427	0,427	0,427	0,62	0,66	0,66	53,50
2/0	0,141	0,177	0,328	0,328	0,328	0,525	0,525	0,525	0,361	0,361	0,361	0,52	0,52	0,52	67,44
3/0	0,138	0,171	0,253	0,269	0,259	0,427	0,427	0,427	0,289	0,302	0,308	0,43	0,43	0,46	85,02
4/0	0,135	0,167	0,203	0,219	0,207	0,328	0,361	0,328	0,243	0,256	0,262	0,36	0,36	0,36	107,21
250	0,135	0,171	0,171	0,187	0,177	0,279	0,295	0,282	0,217	0,230	0,240	0,308	0,322	0,328	126,67
300	0,135	0,167	0,144	0,161	0,148	0,233	0,249	0,236	0,194	0,207	0,213	0,269	0,282	0,289	152,01
350	0,131	0,164	0,125	0,141	0,128	0,200	0,217	0,206	0,174	0,190	0,197	0,239	0,253	0,262	177,34
400	0,131	0,161	0,108	0,125	0,115	0,177	0,194	0,180	0,161	0,174	0,184	0,217	0,233	0,240	202,68
500	0,128	0,157	0,089	0,105	0,095	0,141	0,157	0,148	0,141	0,157	0,164	0,187	0,200	0,210	253,35
600	0,129	0,157	0,075	0,092	0,082	0,118	0,135	0,125	0,131	0,144	0,154	0,167	0,180	0,190	304,02
750	0,125	0,157	0,062	0,079	0,069	0,095	0,112	0,102	0,118	0,131	0,141	0,148	0,161	0,171	380,02
1000	0,121	0,151	0,049	0,062	0,059	0,075	0,089	0,082	0,105	0,118	0,131	0,128	0,138	0,151	506,70

ANEXO J. INDICACIONES LED DEL FUNCIONAMIENTO DEL INVERSOR

2.4 Indicaciones de los pilotos LED y su significado

- LED off
- LED parpadeando
- LED iluminado

Inversor

Cargador		Inversor	
<input type="radio"/> mains on	on	<input checked="" type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> Absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

El inversor está conectado y suministra energía a la carga.

Charger		inverter	
<input type="radio"/> mains on	on	<input checked="" type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input checked="" type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

La salida nominal del inversor se está sobrepasando. El piloto LED "overload" (sobrecarga) está parpadeando.

Charger		inverter	
<input type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input checked="" type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

El inversor se desconecta debido a una sobrecarga o a un cortocircuito.

Charger		inverter	
<input type="radio"/> mains on	on	<input checked="" type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input checked="" type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

La batería está prácticamente agotada.

Charger		inverter	
<input type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input checked="" type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

El inversor se ha desconectado debido a un voltaje de la batería demasiado bajo.

Charger		inverter	
<input type="radio"/> mains on	on	<input checked="" type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input checked="" type="radio"/> temperature	

La temperatura de los componentes electrónicos se vuelve crítica.

Charger		inverter	
<input type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input checked="" type="radio"/> temperature	

El inversor se ha desconectado debido a que la temperatura de los componentes electrónicos es demasiado alta.

Charger		inverter	
<input type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input checked="" type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input checked="" type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input checked="" type="radio"/> temperature	

-Si los pilotos LED parpadean de forma alternativa, significa que la batería está casi agotada y que se está sobrepasando la salida nominal.

-Si "overload"(sobrecarga) y "low battery" (batería baja) parpadean de forma simultánea, significa que el voltaje de

Charger		inverter	
<input type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input checked="" type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input checked="" type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

rizado en los bornes de la batería es demasiado alto.

El inversor se ha desconectado debido a un exceso de voltaje de rizado en los bornes de la batería.

Cargador de baterías

Charger		inverter	
<input checked="" type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input checked="" type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

Se detecta voltaje de red y el cargador funciona en modo bulk.

Charger		inverter	
<input checked="" type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input checked="" type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input checked="" type="radio"/> absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

Se detecta voltaje de red y el cargador está cargando. Sin embargo, no se ha alcanzado el voltaje de absorción ajustado (Modo Protección de la Batería).

Charger		inverter	
<input checked="" type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input checked="" type="radio"/> absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

Se detecta voltaje de red y el cargador está funcionando en modo absorción.

Charger		inverter	
<input checked="" type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input checked="" type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

Se detecta voltaje de red y el cargador está funcionando en modo flotación.

Charger		inverter	
<input checked="" type="radio"/> mains on	on	<input type="radio"/> inverter on	
<input checked="" type="radio"/> Bulk	off	<input type="radio"/> overload	
<input checked="" type="radio"/> absorption	charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> Float		<input type="radio"/> temperature	

Se detecta voltaje de red y el cargador está funcionando en absorción forzada.

Indicaciones Especiales

PowerControl

charger		inverter	
<input checked="" type="radio"/> mains on	<input type="radio"/> on	<input type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> bulk	<input type="radio"/> off	<input type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	<input type="radio"/> charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> float		<input type="radio"/> temperature	

Se detecta voltaje de red. La corriente de salida CA es igual a la corriente de entrada máxima preajustada. La corriente de carga se reduce a 0.

Power Assist^{MultiPlus}

charger		inverter	
<input checked="" type="radio"/> mains on	<input type="radio"/> on	<input checked="" type="radio"/> inverter on	
<input type="radio"/> bulk	<input type="radio"/> off	<input type="radio"/> overload	
<input type="radio"/> absorption	<input type="radio"/> charger only	<input type="radio"/> low battery	
<input type="radio"/> float		<input type="radio"/> temperature	

Se detecta voltaje de red pero los consumos necesitan más corriente que la corriente de entrada máxima preajustada. El inversor se conecta ahora para suministrar la corriente adicional.