

Diseño de un sistema de generación Off-Grid para abastecer la demanda de los condominios
campestres de la vereda Calichal del municipio de Málaga, Santander, Colombia.

Sergio Andrés Vargas Pérez

Director

Henry Alfonso Sepúlveda Pacagui

Ingeniero Eléctrico

Universidad de Pamplona

Programa de Ingeniería Eléctrica

Departamento de Ingenierías Eléctrica, Electrónica Sistemas y Telecomunicaciones

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Pamplona

2021

Contenido

	Pág.
Dedicatoria.....	8
Resumen del Proyecto	9
Abstract.....	10
Impacto del proyecto.....	11
Introducción.....	12
1. Planteamiento del problema	13
2. Justificación.....	14
3. Objetivos	15
3.1 Objetivo General.....	15
3.2 Objetivos Específicos.....	15
4. Marco Conceptual.....	16
4.1 Sistema Off - Grid.....	16
4.2 Energía Solar	17
4.3 Paneles fotovoltaicos	17
4.4 Regulador o controlador	18
4.5 Baterías	18
4.6 Inversor	19
4.7 Antecedentes	19
4.8 Bases teóricas.....	20
4.9 Bases Legales:	23
5. Marco teórico y Estado del arte.....	25
5.1 Sistema interconectado nacional.....	27
5.2 Zonas no interconectadas	29
5.3 Calichal Condominio Campestre	31
6. Metodología.....	34
6.1 Desglose de pasos	34
6.1.1 Construcción del inventario de energía diario para el proyecto.	34
6.1.2 Selección de la potencia pico de consumo de su proyecto.	35
6.1.3 Determinación las características iniciales del proyecto: Tnominal de cd del banco acumulador.	35

6.1.4. Estudio de irradiación solar en la vereda de Calichal por medio del software PVsyst versión 6.8	36
6.1.5. Calcular el ángulo óptimo de inclinación de los paneles, el factor K, el factor FI y FS, para hallar el valor medio mensual de irradiación que incide la zona geográfica del diseño.	41
6.1.6 Calcular la potencia a generar por los paneles y numero de paneles a implementar.	42
6.1.7. conexión de los paneles solares seleccionados.	44
6.1.8 Calcular la capacidad del bloque acumulador.	45
6.1.9 Selección de la configuración y cantidad de baterías que cumplan con las condiciones.	47
6.1.10. calcular los parámetros del regulador de carga.....	48
6.1.11 Seleccionar un regulador de carga que cumpla las condiciones.	49
6.1.12 Determinar los parámetros eléctricos del inversor.	50
6.1.13 Seleccionar un inversor.....	50
6.1.14 Dimensionamiento de los conductores.	51
6.1.15 Seleccionar los conductores comerciales.	57
6.1.16 Dimensionamiento de las protecciones para el diseño fotovoltaico.....	58
6.1.17 Diagrama unifilar del diseño	61
6.1.18 Presupuesto.	61
7.Viabilidad costo, beneficio del sistema off grid.....	62
7.1 Calculo de energía obtenida por el sistema fotovoltaico.	62
7.2 Costo por consumo de la energía eléctrica.....	63
7.3 Amortización del sistema fotovoltaico.	64
8. Conclusión.....	65
Referencias Bibliográficas	66
ANEXOS	69

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. sistema off-grid.....	16
Figura 2. Entidades y agentes vinculados con la prestación de servicios de energía eléctrica....	26
Figura 3. Sistema de transmisión nacional año 2019.....	28
Figura 4. Zonas no interconectadas	30
Figura 5. Zona de implementación del proyecto	31
Figura 6. Ubicación de las parcelas en el predio	32
Figura 7. Vista exterior de la casa.....	33
Figura 8. Diseño del interior de la vivienda.....	33
Figura 9. Mapa interactivo de la zona de estudio.	37
Figura 10. Datos de meteorología mensual de meteonorm software PVsyst	38
Figura 11. Datos de meteorología mensual de la Nasa software PVsyst.....	39
Figura 12. Trayectoria solar software PVsyst.....	40
Figura 13. Conexión de los paneles	44
Figura 14. Conexión serie de baterías.....	48
Figura 15. Conexión del regulador MPPT.....	49
Figura 16. Conexión del inversor.	50
Figura 17. Tramos de conductores para el sistema fotovoltaico.....	51
Figura 18. Ilustración de la ubicación de las protecciones.	60
Figura 19. Diagrama unifilar del sistema.....	61

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Inventario de cargas para el diseño	34
Tabla 2. Tensión nominal para el banco acumulador	35
Tabla 3. Datos del panel seleccionado	44
Tabla 4. Características eléctricas de la configuración serie-paralelo	45
Tabla 5. Datos de la batería seleccionada	47
Tabla 6. Datos del regulador seleccionado.	49
Tabla 7. Datos del inversor seleccionado.....	50
Tabla 8. Factor de corrección para instalaciones al aire.	52
Tabla 9. Factores de corrección por agrupamiento.	53
Tabla 10. Sesiones transversales calculas para cada tramo	56
Tabla 11. Calibres de cables AWG en cobre para paneles solares	57
Tabla 12. Calibres seleccionados para el diseño.....	58
Tabla 13. Presupuesto de los materiales y quipos.....	62
Tabla 14. Costo por consumo de una vivienda en Málaga, Santander.	63

Dedicatoria

Para el desarrollo del presente trabajo le doy gracias principal mente a Dios que con su bendición llena siempre mi vida, a mis maestros por su dedicación y entrega para compartir su conocimiento, especialmente a mi madre, abuela, esposa e hija por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en persona que soy.

A la universidad de pamplona por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecer mi conocimiento.

Resumen del Proyecto

La finalidad de este trabajo es el de realizar un diseño de sistema de generación off- grid para un condominio de la vereda de Calichal del municipio de Málaga, Santander, Colombia. Con la finalidad de brindar soluciones energéticas para pequeños poblados que hacen parte de las zonas no interconectadas del país. Como primer paso se revisará la normativa energética actual en Colombia profundizando en sistemas fotovoltaicos. Como segundo se realizará un estudio de radiación para la vereda Calichal, posteriormente se efectuará un estudio de cargas del condominio a electrificar, también se realizará los cálculos de los paneles solares y por último se evaluará la viabilidad del sistema de generación para estos condominios mediante criterios económicos.

Ya que en el país existen zonas que no cuentan con el suministro eléctrico y necesitan encontrar una solución energética viable que ofrezca un función constante y confiable, para que el costo de generación sea asequible al consumidor.

Palabras clave: Off-grid, interconectado, viabilidad y económico.

Abstract

The purpose of this work is to design an off-grid generation system for a condominium in the village of Calichal in the municipality of Malaga, Santander, Colombia. With the purpose of providing energy solutions for small towns that are part of the non-interconnected areas of the country. As a first step, the current energy regulations in Colombia will be reviewed, going deeper into photovoltaic systems. As a second step, a radiation study will be carried out for the Calichal village, then a study of the loads of the condominium to be electrified will be carried out, as well as the calculations of the solar panels and finally, the viability of the generation system for these condominiums will be evaluated by economic criteria.

Since in the country there are areas that do not have electricity supply and need to find a viable energy solution that offers a constant and reliable function, so that the cost of generation is affordable to the consumer.

Keywords: Off-grid, interconnected, feasible and economical.

Impacto del proyecto

El diseño off-grid se desarrolló con el fin de brindar una alternativa energética rentable para el proyecto los condominios campestres de la vereda de Calichal ya que esta zona se encuentra entre las zonas que no están interconectadas es decir no son parte del sistema de transmisión nacional. Estos sistemas off-grid se caracterizan por transformar la energía solar en energía eléctrica además son sistemas total mente autónomos es decir que no se encuentran conectados a las redes eléctricas, este tipo de energía renovable impacta de forma positiva en el medio ambiente debido a que no utiliza ningún proceso químico, no expulsa ninguna sustancia a la atmosfera en comparación con las plantas de generación que utilizan combustibles fósiles y debido a esto contribuyen esencialmente a la problemática mundial del calentamiento global y del efecto invernadero. La implementación de este tipo de sistema favorecerá a los usuarios que hagan parte del proyecto ya que la energía solar se encuentra disponible en todo el mundo, obteniendo una propuesta energética innovadora, tecnológica, limpia y renovable que brinde un desarrollo sostenible para la comunidad de esta vereda. Ya para el impacto económico beneficiara a los usuarios ya que estos generaran su propia electricidad esto evita pagar el costo de las facturas eléctricas mensuales pues no se estaría consumiendo energía de la red, se tendría un ahorro de aproximadamente 25 años. Este proyecto permito reforzar los conocimientos adquiridos y brindados por mi universidad en el estudio de la ingeniería eléctrica logrando tener un amplio conocimiento en los diseños off -grid que fueron plasmados en este trabajo de grado y que pueden ser usados a futuro por los de más estudiantes que quieran profundizar en este tema.

Introducción

La evolución tecnológica de una sociedad está ligada a un indicador que permite medir el avance de cada una de ellas, este indicador está familiarizado con la manera en que cada sociedad busca mejorar y fortalecer sus necesidades diarias, en Colombia existen algunas regiones que no cuentan con conexión a la red eléctrica llamadas zonas no interconectadas que perjudican el desarrollo tecnológico de la Población ya que hoy en día es indispensable contar con energía eléctrica para los usos que derivan de ella como; iluminación y el uso de equipos electrodomésticos como lavadoras, neveras, televisores, computadores, estufas, licuadora etc. Que son equipos indispensables para mejorar la calidad de vidas de estas poblaciones.

En la última década el país ha estado trabajando en el fortalecimiento y mejora del uso de energías renovables para poder suplir la demanda energética y poder reducir los índices de las regiones que no se encuentran interconectadas, una de estas regiones es la vereda de Calichal ubicada a 7 km de la vía principal que conecta Málaga con Cúcuta del departamento de Santander, en la cual se piensa desarrollar una urbanización de nominada Calichal condóminos campestres y en busca de energizar estos hogares nace la idea de realizar un diseño de un sistema off-grid para abastecer esta demanda energética.

Este sistema se encuentra totalmente aislado a la red eléctrica y consiste en la obtención de energía eléctrica por medio de la utilización de paneles solares que aprovechan la radiación solar. De esta forma, este diseño busca mostrar una alternativa rentable, no contaminante, eficiente y que sea sostenible por un periodo largo de tiempo, con el fin de brindar una solución energética renovable a estas regiones.

1. Planteamiento del problema

El país Colombiano se encuentra dividido en dos zonas energéticas, la zonas no interconectada (ZNI) y la zona conectada (ZI), estas zonas interconectadas son aquellas que cuentan con acceso a la electricidad y las ZNI son aquellas que no cuentan con el fácil acceso a las redes eléctricas de distribución del país, estas zonas no interconectadas se encuentran distanciadas de los centros urbanos además no cuentan con las vías necesarias que faciliten su acceso, no cuentan con la apropiada infraestructura, incluso la prestación de los servicios necesarios como alcantarillado, acueducto y energía son deficientes. En algunos casos obtienen electricidad de los combustibles fósiles como diésel y GLP (gas licuado de petróleo) que no son muy amigables con el ambiente ya que la producción de energía por este medio produce emisiones de gases contaminantes aumentando el efecto invernadero, también la generación de electricidad está ligada a la obtención de estos recursos y en algunas ocasiones estos llegan limitados; debido a esto no se alcanzan a generar la demanda energética requerida, por ende el servicio es deficiente y costoso. En general para los condominios campestres que se van a construir en la vereda de Calichal no van a estar conectados al sistema interconectado nacional o algún tipo de red eléctrica por tanto se debe buscar alternativas energéticas que puedan suplir esta necesidad.

2. Justificación

El proyecto de Calichal de condominios campestres dirigido por el Ingeniero Ramiro Mesa Barrera de la empresa construcciones e interventorías del municipio de Málaga. Manifiesta que esta zona no se encuentra interconectada y busca propuestas que puedan solucionar el problema de electrificación de esta zona para poder llevar a cabo este proyecto. Este trabajo se elabora con el fin de brindar un diseño de generación off grid como alternativa energética para la zona que no se encuentran interconectada al sistema de interconexión nacional, en este caso para los condominios campestres la vereda de Calichal del municipio de Málaga Santander Colombia. De igual forma determinar la viabilidad de las fuentes de generación utilizadas bajo criterios tecnológicos y económicos. Con base en es estos se busca reducir las zonas no interconectadas del país para brindar unas opciones viables que permitan obtener resultados altamente eficientes y asequibles económicamente para brindar una mejor sostenibilidad en los planes de desarrollo de la comunidad. Se aportará una propuesta que promueva e incentive un desarrollo autónomo y sostenible en estas regiones, para contribuir al fortalecimiento de estas tecnologías que son muy amigables con el medio ambiente.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de generación off-grid para suplir la demanda de los condominios de la vereda de Calichal del municipio de Málaga, Santander, Colombia.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de irradiancia en la zona de la vereda Calichal.
- Efectuar un estudio de cargas de los condominios a electrificar.
- Calcular el número de paneles solares, inversores y banco de baterías según el consumo estimado.
- Evaluar la viabilidad del sistema de generación para estos condominios mediante criterios económicos.

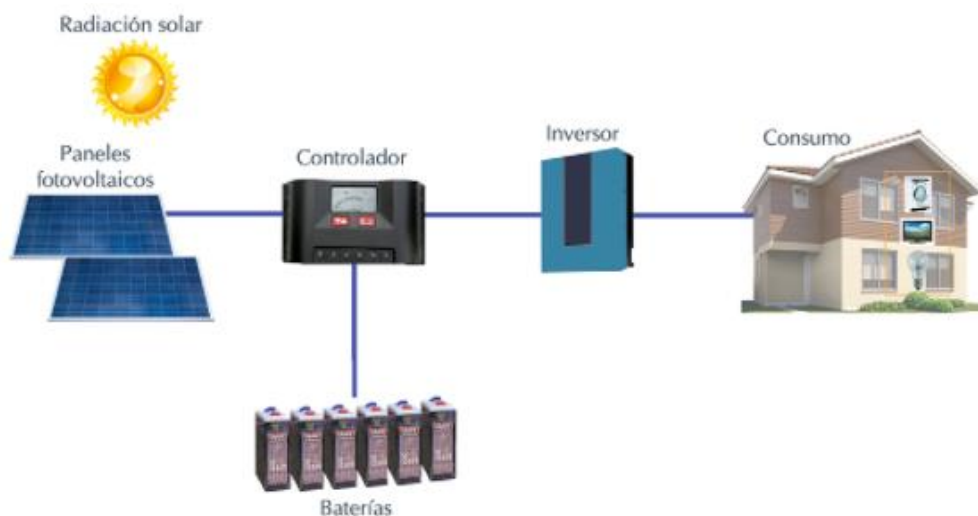
4. Marco Conceptual

4.1 Sistema Off - Grid

Este tipo de sistema está caracterizado por tener una conexión autónoma debido a que su instalación se encuentra desconectada de la red eléctrica pública, este permite generar energía eléctrica por medio de paneles solares los cuales aprovechan la radiación solar, esta energía es almacenada en un banco de baterías para luego poder ser utilizado por los equipos que la soliciten. Los elementos eléctricos que lo conforman son; paneles fotovoltaicos, regulador o controlador de carga, inversor y baterías. Estos tipos de sistemas son ideales para aquellas zonas en donde por su ubicación geográfica es difícil ser conectados a la red.

Figura 1.

sistema off-grid



Fuente: (Santos, 2020)

4.2 Energía Solar

Es aquella generación de luz y el calor que proviene del sol, llamada radiación solar esta energía puede ser absorbida por los paneles solares y convertirse en energía eléctrica. Hace parte de las energías renovables no contaminantes, La radiación solar cambia dependiendo de los fenómenos atmosféricos, el punto geográfico y la hora. Se puede afirmar que en condiciones normales sobre la superficie terrestre esta tiene un valor de 1000 W/m². (Rodriguez, 2018).

4.3 Paneles fotovoltaicos

Son mecanismos que absorben la radiación producida por el sol para convertirla en energía eléctrica estas están agrupadas por un numero de celdas fotovoltaicas que son las encargadas de la producción de la electricidad. Estos se encuentran clasificados por la máxima potencia que pueden generar el panel, conocida como potencia pico, para condiciones normalizadas, que son: Radiación 1000 W/m² y temperatura de la celda a 25 grados centígrados

Estos paneles se pueden encontrar según la composición de sus celadas que pueden ser

- Cristalinas
- Monocristalinas
- policristalinas
- Amorfás

(Santos, 2020).

4.4 Regulador o controlador

Este dispositivo, es el encargado de conducir y vigilar la energía producida por los paneles solares en dirección al banco de baterías, es decir es el encargado de manejar adecuadamente las cargas y descargas de la batería para prolongar su vida útil (Auto Solar., 2019).

Se encuentran dos tipos comerciales según su tecnología:

- **PWM:** es aquel que trabaja con el mismo voltaje al cual se están cargando las baterías por esta razón se generan perdidas dentro del sistema en el proceso de carga de ellas, la ventajas que tienen es que su valor económico es bajo, su tamaño y peso son pequeños.

(Auto Solar., 2019).

- **MPPT:** Este regulador es el más recomendable para instalaciones fotovoltaicas ya que contiene un transformador de corriente continua a corriente continua es decir modifica las corrientes elevadas por corrientes más bajas para el correcto cargue de las baterías y un controlador que accede en todo momento a la máxima potencia, además restringe la descarga y sobre carga. (Auto Solar., 2019)

4.5 Baterías

Estos equipos son de suma importancia para los diseños fotovoltaicos que no se encuentran contentados a red o no cuentan algún tipo de generación auxiliar diferentes a de los paneles ya que son los encargados de almacenar la energía eléctrica para que el sistema pueda hacer uso de esta según lo requiera especial mente cuando es de noche o para los días nublados. Estas se pueden clasificar según su fabricación y tecnología empleada. (Tognola, 2021).

4.6 Inversor

Este elemento tecnológico me permite modificar la corriente continua generada por el sistema fotovoltaico a corriente alterna ya que los electrodomésticos trabajan o funcionan con este tipo de corriente. (TeknoSolar Community, 2018).

4.7 Antecedentes

Revisando la historia en cuanto a proyectos fotovoltaicos empleados en Colombia, se encontró que en los años 80 se inició el programa para telecomunicaciones rurales de la empresa telecom, para el desarrollo de este se instalaron alrededor de 580 paneles de 60 W pico con el fin de brindar energía a los radioteléfonos; para el año de 1983 ya se contaban con 2950 paneles instalados y en 1986 ya se contaban con sistemas de 3 a 4 Kw pico.

(CORPOEMA Consorcio Energético y UPME , 2010).

Dentro de los años 90 se paró el desarrollo de las instalaciones fotovoltaicas debido al conflicto interno del país, para el periodo de los años 2000 a 2009 según CORPOEMA y IPSE se obtuvo un crecimiento anual de la generación fotovoltaica de 300Kw, ya para el año 2010 se calcula que la potencia instalada en el país es de alrededor de 9Mw con un total de 15000 sistemas instalados. (CORPOEMA Consorcio Energético y UPME , 2010).

En los departamentos de Vichada, Guaviare, Guainía, Vaupés y Amazonas que son regiones que en la mayoría de su territorio no cuentan con energía eléctrica, el instituto colombiano de energía eléctrica ICEE formulo 370 proyectos de instalación fotovoltaica para

estas zonas los cuales contaban con paneles de 53 Wp, baterías de 64 Ah y un regulador de 12 A para poder alimentar dos tomas corrientes y dos fluorescentes.

(Anglés Ortiz, González Deibe, Moscoso Mejía, Vega Aldana, & Encinas Oñate, 2008).

En la universidad del choco para el año 2012 se implementó un sistema fotovoltaico autónomo de 800 W pico para alimentar el despacho de la rectoría esto les permitió contar con energía cuando la operadora de red local cortara el suministro. Esta instalación está conformada por 10 paneles, un banco de baterías de 220 Ah, un inversor de 1500 W y un controlador de 20 A. (Banguero, Murillo, & Aristizábal, s.f.).

En la capital de Colombia, Bogotá para el año 2018 se realizó una propuesta por el estudiante de pasantía camilo Andrés García Rodríguez la cual consistía en la instalación de un sistema fotovoltaico autónomo para las oficinas de los ingenieros electricistas de la universidad distrital francisco José caldas. (Rodriguez, 2018).

4.8 Bases teóricas

Mediante los estudios realizados por las bases meteorológicas se puede identificar el promedio global diario de la radiación solar que influye sobre la superficie de la tierra por metro cuadrado, estos datos los podemos encontrar tabulados en función del tiempo que a menudo son de mes a mes, además nos permite analizar aquellas zonas donde incide más esta radiación para lograr explotar al máximo este recurso, brindándonos una clara información de la energía solar que recibe el país. Para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos esta información es de mucha importancia debido a que la cantidad de generación de energía eléctrica dependerá de esta radiación, con el fin de satisfacer necesidades principales de la producción de energía eléctrica ya

sea para iluminación o alimentación de equipos electrodomésticos entre otras aplicaciones. (IDEAM Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, 2020).

Existen diferentes unidades para expresar la radiación solar de un sitio, la más utilizada en Colombia es el Kw/m^2 . Los constructores de los módulos fotovoltaicos seguían usando un generador con un potencial de radiación de 1Kw/m^2 para poder determinar la potencia pico de salida de los módulos fotovoltaicos, este valor se ha convertido en un patrón para la producción y comercialización de los módulos fotovoltaicos permitiendo encontrar la tecnología más indicada para mejorar su eficiencia. Para hallar la energía diaria que produce un módulo se tiene que identificar el promedio solar diario el cual corresponde a las horas que el sol ilumina la zona es decir entre el amanecer y anochecer con una irradiación de 1 Kw/m^2 (Ospino Castro, 2010).

Si se quiere elaborar un diseño fotovoltaico como primera medida se debe tener en cuenta la energía eléctrica que necesita la carga para poder funcionar, además de revisar las propiedades eléctricas de los dispositivos y la duración del funcionamiento de ellos, esto nos permitirá determinar la tensión y intensidad de operación del sistema. (Rodríguez, 2018).

Un factor muy importante que se debe tener en cuenta es la duración del promedio solar diario en donde el módulo por un periodo de tiempo determinado será capaz de producir la potencia pico de salida especificada por su fabricante, esto afecta el diseño fotovoltaico debido a que estos valores cambian en el transcurso del año. En Colombia el sol logra su mayor punto de elevación entre las horas de las 10 Am y 2 Pm correspondiente al 60% de la radiación que incide durante el día, tiempo en el cual los módulos fotovoltaicos operan en su máxima capacidad. En las otras horas del día el panel generará un valor de potencia pico inferior al máximo, cabe destacar que para los diseños fotovoltaicos se trabaja con el valor pico de los módulos expuestos por su fabricante. (Ospino Castro, 2010).

Otro factor relevante que se debe analizar es la altura sobre el nivel del mar a la cual son instalados los sistemas fotovoltaicos teniendo que a mayor altura es mas fina la capa atmosferica y el aire es mas limpio facilitando el recorrido de los rayos solares dirigidos al sistema, es decir a mayor altura mayor sera la radiacion solar. En teoría la radiación aumenta cada 1000m en promedio de un 10% a un 12%.

Existen otros factores que afectan el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos como son las nubes que bloquean el paso de la radiacion, las lluvias y la contaminacion urbana. Todos estos factores deben ser tenidos en cuenta a la hora de realizar un eficaz diseño de un sistema fotovoltaico. (Ospino Castro, 2010).

4.9 Bases Legales:

El congreso de la república de Colombia en el año 2014 aprobó la ley 1715 la cual manifiesta la integración de energías renovables al sistema energético nacional, en la cual se expresa la normativa para el plan y desarrolla de estas fuentes renovables. (Ley 1715 , 2014).

La resolución CREG 243 del año 2016, fue modificada por la resolución CREG 201 del 2017, que resalta el procedimiento para definir la energía limpia y obtener la confiabilidad de las plantas fotovoltaicas. (Ley 1715 , 2014).

La normativa para los módulos fotovoltaicos se encuentra dividida en dos una especifica los requisitos mínimos de su fabricación y es la NTC 5899-1 del 2011 y la segunda es para establecer las pruebas de funcionamiento y es la NTC 5988-2 del 2011 cabe destacar que ambas normas deben cumplir las condiciones de seguridad. (ICONTEC, 2011).

La norma que establece los requisitos de diseño para los paneles de silicio cristalinos que pueden ser de tipo policristalinos, amorfos y monocristalinos es la norma NTC 2883 del 2006. Esta evalúa y aprueba los módulos fotovoltaicos de este tipo. (ICONTEC, 2006).

La evaluación y aprobación del diseño de los paneles fotovoltaicos de lámina delgada en uso terrestre y prolongada duración en espacios al aire libre se encuentra regida por la norma NTC 5464 del 2010.(ICONTEC, 2010).

Para los módulos de condiciones especiales que son a aquellos que se encuentran expuestos a lugares muy corrosivos, como en las costas que debido a la alta salinidad pueden llegar a afectar el funcionamiento de algunos elementos eléctricos de los paneles, se debe realizar unas pruebas especiales para evaluar la fortaleza de estos paneles frente a estos fenómenos regida por la norma NTC 5512 del 2013 (ICONTEC, 2013).

Para los equipos que conforman un sistema fotovoltaico aislado como las baterías, controladores e inversores las normas que rigen los respectivos ensayos para verificar el funcionamiento, rendimiento, eficiencia y todo lo que aplica a estos la encontramos en:

BATERIA es la norma NTC 5287 del 2009

CONTROLADOR O REGULADOR es la norma NTC 6016 del 2013

INVERSOR es la norma NTC 5759 del 2010

(ICONTEC, 2010).

5. Marco teórico y Estado del arte.

El brindar un soporte eléctrico en Colombia se ha convertido en un desafío para las empresas y las políticas ejercidas en el país. Debido a los inconvenientes de los conflictos armados, socio culturales, vulnerables y geográficos del territorio colombiano, sea visto envuelto en la obligación de electrificar e interconectar todas aquellas zonas que no cuentan con el servicio en el país, con normas, proyectos, propuestas y con diferentes estrategias que buscan mejorar la vida de las personas que habitan el país colombiano (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018)

La tutela impuesta por el ministerio de minas y energía del decreto 884 del año 2017 busca formar una estrategia para poder dar cobertura eléctrica a la población rural entre los años 2018 y 2031, con estrategias administrativas, de mantenimiento y operación se busca dar soluciones energéticas aplicables al problema, apoyados económicamente del plan nacional para la reforma rural (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018).

Las identidades que lideran la búsqueda de estrategias para ampliar y mejorar la prestación de servicio eléctrico en las poblaciones rurales son:

La unidad de planeación minero energética UPME.

Ministerio de minas y energía.

Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas IPSE.

Estos dan soluciones en tecnología y brindan el soporte económico para dichos proyectos.

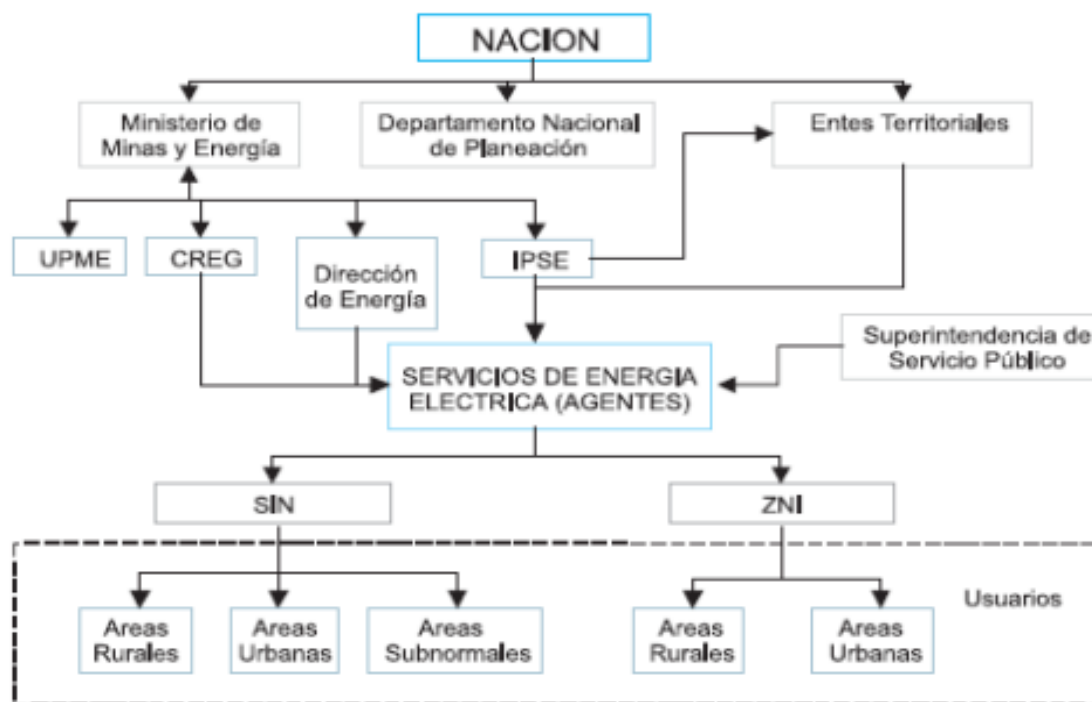
(Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018).

Colombia esta privilegiada por su ubicación geográfica la cual le permite acceder a numerosas fuentes hídricas y solares que son utilizadas para la generación de electricidad y algo que se tiene a favor es que el uso de los recursos hídricos supera la generación eléctrica por medio de carbón. (Fedesarrollo, 2013)

La prestación de servicios públicos hasta finales de los años 90 ha estado monopolizada por el estado nacional, que busca mejorar la calidad de vida de sus habitantes, pero esta política fallo por la mala administración de los bienes y la pequeña cobertura brindada en la prestación del servicio eléctrico. Posteriormente se adopta la constitución política de 1991 la cual impulso a empresas privadas a manejar los proyectos de infra estructura y de prestación de servicios públicos realizando una mejora en el manejo de la inversión pública. (Banco Interamericano de Desarrollo -BID-, 2017).

Figura 2.

Entidades y agentes vinculados con la prestación de servicios de energía eléctrica



Fuente: (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2002)

5.1 Sistema interconectado nacional

El sistema de interconexión nacional SIN inicio con la fundación de la empresa estatal ISA alrededor de 1967 esta empresa era la encargada de manejar las operaciones de interconexión eléctrica para los diferentes de sistemas de transmisión (STN), las infraestructuras planeadas permitieron la comercialización de la energía eléctrica, posteriormente se desarrolló la interconexión de los centros de generación con las zonas de distribución, para redes de alta tensión, logrando un transporte eficiente de la energía para tramos largos. (Banco Interamericano de Desarrollo -BID-, 2017).

Para la determinación de la expansión existe una identidad llamada UPME esta es la encargada de examinar la compra y venta de la energía teniendo en cuenta las limitaciones que existen en los centros de generación y distribución para asegurar una transmisión eficiente y justa a la economía del país. (Banco Interamericano de Desarrollo -BID-, 2017)

El sistema de interconexión nacional cubre el 34% aproximadamente del territorio nacional donde habita el 96% de la población, con una interconexión del 95,54% para las zonas urbanas y el 83,39% para las zonas rurales.(Banco Interamericano de Desarrollo -BID-, 2017).

El consumo energético del país anual es de 70.000Gwh/año y para los próximos 11 años de acuerdo a los estudios realizados por el UPME tendrá un incremento del 2% anual. Teniendo en cuenta el aumento del sector industrial, y un significativo aumento en los vehículos eléctricos que se calculan para el año 2030 se al alrededor de 400.000. para poder suplir la demanda energética futura se planifica con años de anticipación la expansión de la generación y el transporte de la energía, para esto se diseñan diversos proyectos. (Grupo Bancolombia, 2019)

Figura 3.

Sistema de transmisión nacional año 2019



Fuente. (Grupo Bancolombia, 2019)

5.2 Zonas no interconectadas

Se conocen como zonas no interconectadas aquellos lugares o territorios que no cuentan con la prestación de la energía eléctrica por medio de los diferentes mecanismos de transmisión y distribución empleados por el gobierno nacional. Estas zonas se caracterizan por presentar una reducida población y estar apartadas de los centros urbanos, haciéndose necesario buscar otros métodos alternativos de generación de energía eléctrica que gracias a la abundancia de los recursos naturales se puede hacer uso de la energía renovable (Ley 855, 2003).

En Colombia se calcula que un 66% del territorio no cuenta con la cobertura eléctrica necesaria, esto equivale a 1.262 comunidades, 5 capitales y 54 municipios siendo el meta el departamento que presenta el índice más bajo de cobertura contando además con deficiencia en el préstamo del servicio, altas tarifas y un interrumpido horario del suministro (Bustos González, 2014).

Para el abastecimiento de estas zonas es común que se utilice plantas de generación a diésel estas plantas se caracterizan por su alta eficiencia y presentan múltiples ventajas como bajos costos en el Kwh es decir, precios cómodos para los usuarios ,bajos precios en instalación y mantenimiento pero para poblaciones muy remotas se presentan dificultades de transporte, aumentando los costos del servicio (Tognola, 2021). por esta razón las zonas no interconectadas necesitan urgentemente una alternativa energética viable y con precios asequibles. Una solución puede ser el uso de las energías renovables que promueven el cuidado del medio ambiente ya que no contaminan, además se hace un uso eficiente de los recursos naturales disponibles. (Unidad de Planeación Minero Energética UPME, 2002)

Figura 4.

Zonas no interconectadas



Fuente: (Centro Nacional de Monitoreo, Instituto Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE), s.f.)

5.3 Calichal Condominio Campestre

Calichal Condominio Campestre se ubica dentro de un entorno natural y reservado en pleno valle del Río Servitá con una inmensa cordillera que nos brinda un ecosistema sostenible cargado de armonía y frescura, disfrute un clima de ensueño con su familia. Parcelas desde 2.500mt² ubicadas en el km 7 en la vía Málaga - Cúcuta y a tan solo 900mt de la vía principal en la vereda

Calichal. Disfrute de un espacio natural, con la opción de un tipo de casa campestres diseñadas pensando en la armonía de los espacios. (Bustos González, 2014)

Figura 5.

Zona de implementación del proyecto



Fuente: (Bustos González, 2014)

Figura 6.

Ubicación de las parcelas en el predio



Fuente: (Bustos González, 2014)

Figura 7.

Vista exterior de la casa



Fuente: (Bustos González, 2014)

Figura 8.

Diseño del interior de la vivienda



Fuente: (Bustos González, 2014)

6. Metodología

Se propuso una serie de pasos para el diseño del sistema off -grid tomados del libro instalaciones solares fotovoltaicas de Agustín Castejón Oliva – Herman Santamaria Herranz.

6.1 Desglose de pasos

6.1.1 Construcción del inventario de energía diario para el proyecto.

Tabla 1.

Inventario de cargas para el diseño

Equipo	Tensión	Potencia	Cantidad	Uso diario	Energía
luminarias	120 Vca	20 W	10	4 h	800 Wh
Televisor	120 Vca	100 W	2	4 h	800 Wh
Nevera	120 Vca	150 W	1	8 h	1200 Wh
computador	120 Vca	70 W	1	4 h	280 Wh
celular	120 Vca	10 W	2	2 h	40 Wh
Estéreo	120 Vca	70 W	1	2 h	140 Wh
Decodificador	120 Vca	5 W	1	10 h	50 Wh
Lavadora	120 Vca	250 W	1	1 h	250 Wh
licuadora	120 Vca	400 W	1	0,1 h	40 Wh
Total		1075 W			3600 Wh

A partir de los datos del inventario obtenemos el valor medio de la energía diaria necesaria para el sistema $W_d = 3600 \text{ Wh}$

6.1.2 Selección de la potencia pico de consumo de su proyecto.

La potencia pico es $P = 1075 \text{ W}$

6.1.3 Determinación las características iniciales del proyecto: T_{nominal} de cd del banco acumulador.

Tabla 2.

Tensión nominal para el banco acumulador

Potencia	Tensión nominal
$P \leq 800 \text{ W}$	12 V
$800 < P \leq 1.600 \text{ W}$	24 V
$1.600 < P \leq 3.200 \text{ W}$	48 V
$P > 3.200 \text{ W}$	120 o 300 V

Fuente: (Castejón Oliva & Santamaria Herranz, 2010)

Según la tabla número 2 para la potencia asignada de un valor de 1075 W le correspondería para el banco acumulador una tensión nominal de 24 V .

6.1.4. Estudio de irradiación solar en la vereda de Calichal por medio del software PVsyst versión 6.8

PVsyst en su versión 6.8 es una herramienta de diseño preliminar para evaluar la efectividad y las posibilidades de implementación los diseños fotovoltaicos para convertir la radiación solar en energía eléctrica utilizable.

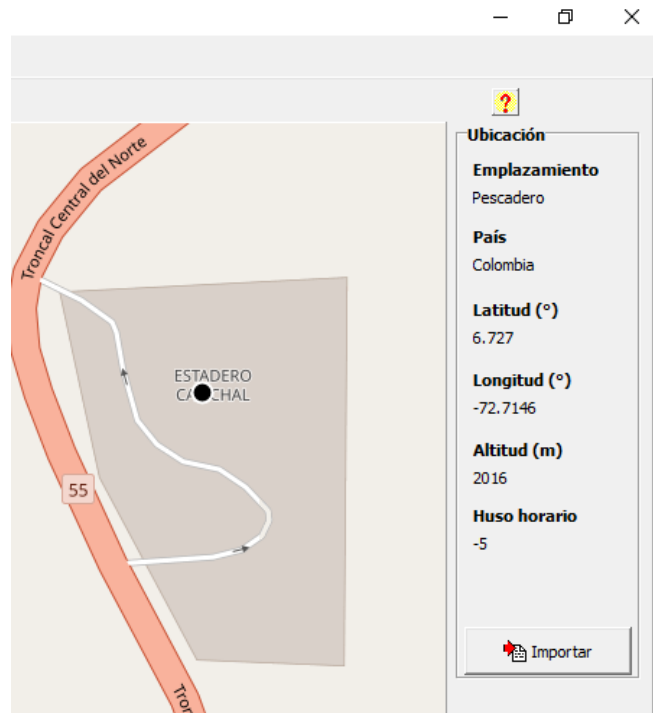
Es un paquete de software todo en uno para la evaluación de sistemas fotovoltaicos. Proporciona herramientas integradas para evaluar los diseños iniciales del sistema con una gran base de datos de componentes preconstruidos para una configuración más fácil de los parámetros iniciales y un editor completo para ajustar cada componente para satisfacer sus necesidades.

La irradiación es la intensidad de energía solar que se ejerce en un instante de tiempo sobre un área determinada su unidad de medida es Wh/m².

En el estudio de irradiación se harán uso de las bases de datos presentes en el software como son, la de Nasa y de Meteonorm también se tendrá en cuenta la trayectoria solar existente en la vereda de Calichal municipio de Málaga, Santander, Colombia.

Figura 9.

Mapa interactivo de la zona de estudio.



Se observa en la figura 9 la ubicación de la zona seleccionada con parámetros de latitud en grados de 6.727, longitud en grados de -72.7146 y una altitud en metros sobre el nivel del mar de 2016.

Figura 10.

Datos de meteorología mensual de meteonorm software PVsyst

Parámetros del sitio geográfico, nuevo sitio

Coordenadas Geográficas | Meteorología Mensual | Mapa interactivo

Sitio **vereda calichal (Colombia)**

Origen de datos Meteonorm 7.2, Sat=100%

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .día	Irradiación difusa horizontal kWh/m ² .día	Temperatura °C
Enero	5.39	1.91	17.8
Febrero	5.55	2.02	18.1
Marzo	5.31	2.44	18.2
Abril	4.56	2.15	18.0
Mayo	4.48	2.60	18.4
Junio	4.52	2.23	18.1
Julio	4.81	2.18	18.5
Agosto	5.04	2.21	18.4
Septiembre	5.01	2.66	17.9
Octubre	4.68	2.37	17.8
Noviembre	4.37	2.40	17.5
Diciembre	4.74	2.05	17.8
Año	4.87	2.27	18.0

La figura 10 ilustra los parámetros del sitio geográfico de la base de datos meteonorm en una meteorología mensual durante un año, destacando la temperatura en grados irradiación difusa horizontal en Kwh/m2.día y los datos a utilizar para nuestro diseño la irradiación global horizontal Kwh/m2.día obteniendo como datos a destacar y a utilizar la mayor irradiación que se presenta en febrero con un valor de 5.55 Kw.m2.día y la menor irradiación en noviembre con un resultado de 4.37 Kw/m2.día, además se observa el promedio anual de irradiación con un resultado de 4.87 Kwh/m2.día.

Figura 11.

Datos de meteorología mensual de la Nasa software PVsyst

Coordenadas Geográficas		Meteorología Mensual		Mapa interactivo	
Sitio		vereda calichal (Colombia)			
Origen de datos		NASA-SSE satellite data 1983-2005 (modified by user)			

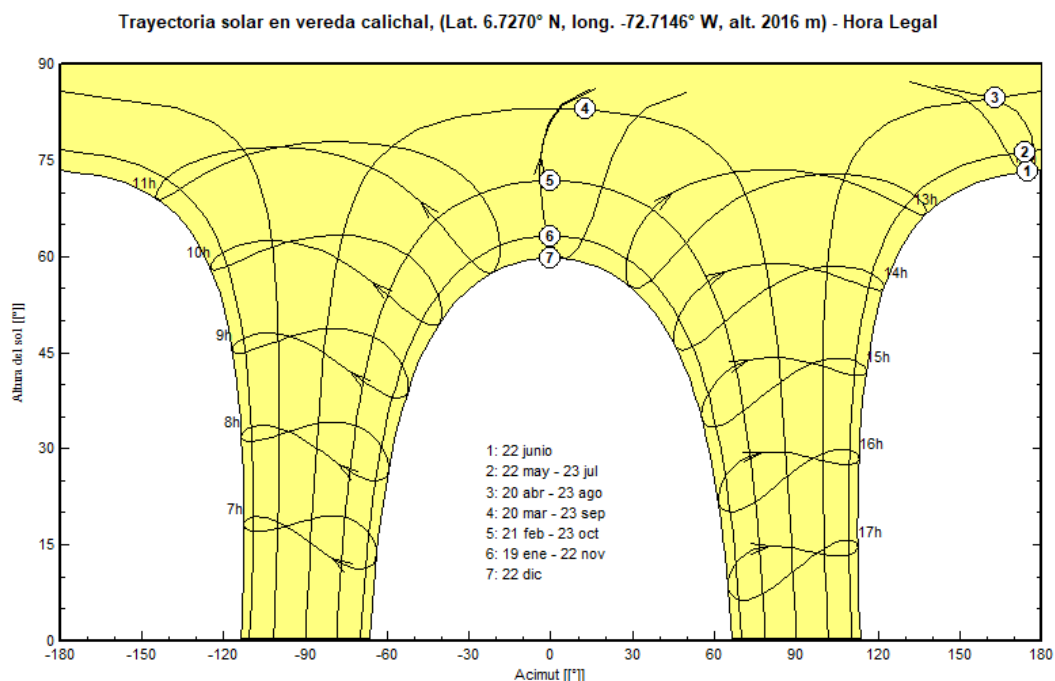
diseño del proyecto se tomaron en cuenta los datos de la nasa ya que son promedios obtenidos desde el año 1983 hasta el año 2014 con celdas de $1^\circ \times 1^\circ$ es decir de 110km x110km. Cabe destacar que en el terreno analizado no se presentan ningún tipo de sombreado que puedan influenciar con la irradiación solar.

Ahora se presentará en la figura 12 las trayectorias solares en la zona geográfica seleccionada en un periodo de un año, para este caso es la vereda de Calichal en el municipio de Málaga, Santander, Colombia.

Estas trayectorias son las que determinan los intervalos de tiempo y los días en los cuales la zona no recibe directamente radiación solar.

Figura 12.

Trayectoria solar software PVsyst.



6.1.5. Calcular el ángulo óptimo de inclinación de los paneles, el factor K , el factor FI y FS , para hallar el valor medio mensual de irradiación que incide la zona geográfica del diseño.

VARIABLES

$Gdm(0)$: Valor medio mensual de irradiación sobre una superficie horizontal.

β_{opt} : Angulo de inclinación óptimo.

$\emptyset$: latitud zona de estudio.

α : Angulo azimut sobre la superficie.

β : Angulo de inclinación real de la superficie.

FI : Factor de irradiación.

K : factor que proporciona la relación de irradiación diaria sobre plano horizontal.

FS : Factor de sombreado.

DATOS CONOCIDOS:

$$Gdm(0) = 4.94 \frac{Kwh}{m^2 \times dia}$$

Este valor se obtuvo de los datos investigados anteriormente en el software PVsyst de los datos de la Nasa el cual equivale a la menor irradiación presente en el mes de noviembre.

$$\emptyset = 6.727^{\circ} \quad \beta = 30^{\circ}$$

$$\alpha = 0$$

Es cero debido a que los paneles se encuentran ubicados hacia el sur ya que nos encontramos en el hemisferio norte.

$$FS = 1$$

Es uno debido a que en la zona de estudio no existen sombras que intervengan con la radiación.

ECUACIONES UTILIZADAS Y RESOLUCION DE LAS MISMAS

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69(\phi) \quad (1) \quad K = \frac{1}{1-4.46 \times 10^{-4}(\beta_{opt})-1.19 \times 10^{-4}(\beta_{opt}^2)} \quad (2)$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69(6.727) \quad K = \frac{1}{1-4.46 \times 10^{-4}(8.342)-1.19 \times 10^{-4}(8.342^2)}$$

$$\beta_{opt} = 8.342^0 \quad K = 1.01214$$

para $15^0 < \beta < 90^0$ se tiene que implementar la siguiente ecuación

$$FI = 1 - [1.2 \times 10^{-4}(\beta - \beta_{opt})^2 + 3.5 \times 10^{-5}x] \quad (3)$$

$$FI = 1 - [1.2 \times 10^{-4}(30 - 8.342)^2 + 3.5 \times 10^{-5}x0]$$

$$FI = 0.944$$

Con estos factores, el valor medio mensual de irradiación global diario sobre la superficie del panel esta dado por:

$$Gdm(\alpha, \beta) = Gdm(0) \times K \times FI \times FS \quad (4)$$

$$Gdm(\alpha, \beta) = 4.94 \times 1.01214 \times 0.944 \times 1$$

$$Gdm(\alpha, \beta) = 4.72 \text{ Kwh/m}^2$$

6.1.6 Calcular la potencia a generar por los paneles y numero de paneles a implementar.

Para calcular la potencia mínima de los paneles se debe implementar la siguiente ecuación.

$$PGmin = \frac{Wd \times Gcem}{Gdm(\alpha, \beta) \times PR} \quad (5)$$

Donde:

$PGmin$: Potencia mínima de los paneles en w

Wd : Consumo energético diario en Wh

$Gdm(\alpha, \beta)$: Valor medio mensual de irradiación diario sobre la superficie de los paneles inclinado a un ángulo β y orientación acimut α en Kwh/m^2

$Gcem$: Irradiación en condiciones CEM (constante de valor $1000W/m^2$)

PR : Rendimiento energético de la instalación

El rendimiento energético es igual a 0,6 debido a que estamos diseñando un sistema con inversor, regulador y banco acumulador.

$$PGmin = \frac{3600 \times 1000}{4720 \times 0.6}$$

$$PGmi = 1271.19 \text{ W}$$

Se obtiene el número de paneles a utilizar aplicando la siguiente ecuación:

$$Np = \frac{PGmi}{Pmax}$$

Donde:

$PGmi$: Potencia mínima

Np : número de paneles

$Pmax$: Potencia máxima del panel seleccionado.

$$Np = \frac{1271.19}{160}$$

$$Np = 7.944 \approx 8 \text{ paneles}$$

Por ende, se utilizarán 8 paneles para el diseño.

Datos importantes tomados de la hoja de características del panel solar 160 w monocristalino de la marca resun de la compañía colombiana solartex energía para Colombia.

Tabla 3.

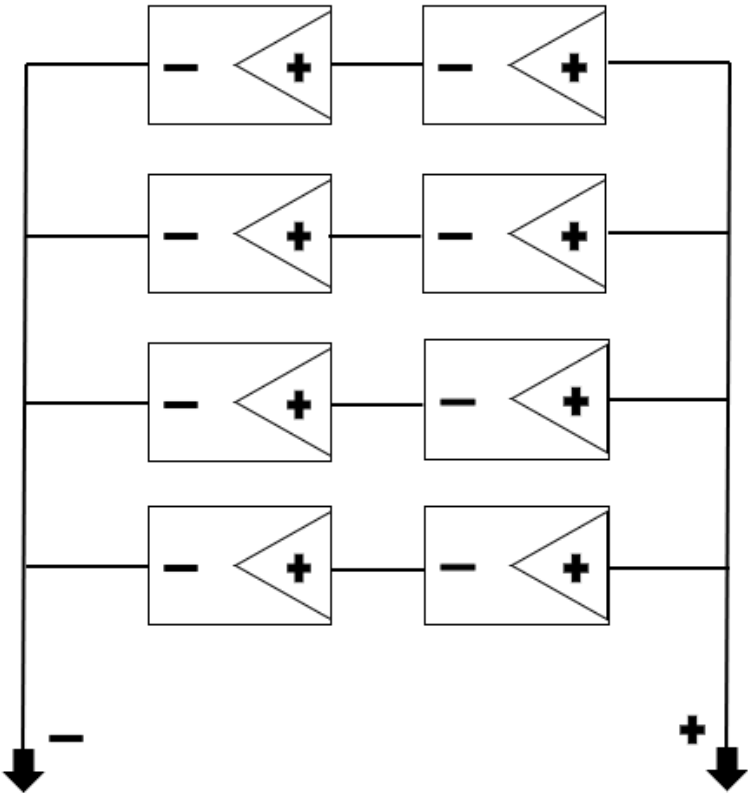
Datos del panel seleccionado

Potencia máxima (Pmax)	160 w
Voltaje máximo (Vmpp)	18.72 v
Corriente máxima (Impp)	8.55 A
Voltaje circuito abierto (Voc)	23.07 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9.03 A

6.1.7. conexión de los paneles solares seleccionados.

Figura 13.

Conexión de los paneles



En la figura 13 se observa la configuración de los paneles seleccionados la cual es serie-paralelo, en la tabla 4 se especifican las características eléctricas al usar esta configuración.

Tabla 4.

Características eléctricas de la configuración serie-paralelo

Potencia máxima	1280,45 W
Tensión de circuito abierto	46,14 V
Corriente de cortocircuito	36,12 A
Tensión máxima	37,44 V
Corriente máxima	34,2 A

La potencia máxima de los paneles no debe superar el 20% de la potencia mínima

$$P_{\max} < P_{G\min} \times 1.2$$

$$1280,45 < 1271,19 \times 1,2 = 1525,428$$

Por tanto, la selección de la configuración es adecuada.

6.1.8 Calcular la capacidad del bloque acumulador.

La capacidad del sistema de acumulación se obtiene con siguiente expresión.

$$Cn = \frac{Qd \times A}{PD_{\max} \times \eta_{inv} \times \eta_b} \quad (6)$$

Donde:

Cn : Capacidad de la batería de acumuladores en Ah

Qd : Consumo medio diario en Ah/día

A : Días de autonomía del sistema en días

PD_{max} : Profundidad de descarga máxima

η_{inv} : Rendimiento del inversor

η_b : Rendimiento del bloque acumulador

Wd : Energía media diaria

Un : Tensión nominal del sistema de acumulación

$$Qd = \frac{Wd}{Un}$$

$$Qd = \frac{3600}{24}$$

$$Qd = 150 \text{ Ah/dia}$$

$$Cn = \frac{150 \times 1}{0,6 \times 0,85 \times 0,8}$$

$$Cn = 367,65 \text{ Ah}$$

Debido a que en Calichal la temperatura en horas de la noche disminuye hasta 15°C se debe hacer una corrección por temperatura ya que es menor a 20°C.

$$Cn = \frac{Cn}{1 - \frac{\Delta t}{160}} \quad (7)$$

$$Cn = \frac{367,65}{1 - \frac{15 - 20}{160}}$$

$$Cn = 354,57 \text{ Ah}$$

Si se sobre dimensiona el sistema de acumulación los módulos fotovoltaicos no podrán cargar las baterías y estas podrán sulfatarse para evitar esto el valor de la capacidad del sistema de acumulación no excederá en 25 veces la corriente de cortocircuito de la configuración seleccionada.

$$Cn < 25I_{sc} = 25 \times 36,12$$

$$354,57 = 903$$

La condición se cumple.

6.1.9 Selección de la configuración y cantidad de baterías que cumplan con las condiciones.

Para el seleccionar el número de baterías se aplica la siguiente ecuación

Nb : numero de baterías

Un : voltaje nominal seleccionado

Ub : voltaje de la batería seleccionada

$$Nb = \frac{Un}{Ub} \quad (8)$$

Datos importantes tomados de la hoja de características de la batería de gel 12 V 200 Ah de la marca PR energy de la compañía colombiana solartex energía para Colombia

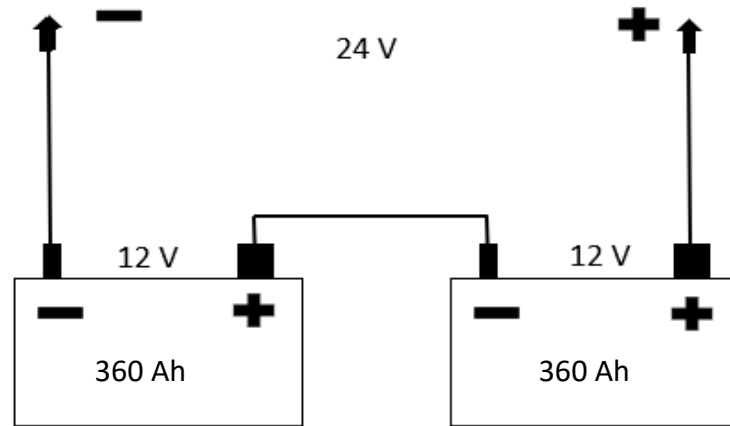
Tabla 5.

Datos de la batería seleccionada

Voltaje nominal	12 V
Capacidad nominal	360 Ah
Profundidad de descarga del 60%	850 ciclos

$$Nb = \frac{24}{12}$$

$$Nb = 2 \text{ Baterías}$$

Figura 14.*Conexión serie de baterías***6.1.10. calcular los parámetros del regulador de carga.***Un:* Voltaje nominal del banco acumulador*IR* : intensidad de entrada del regulador*UR:* Máxima tensión en la entrada del regulador*Isc:* corriente de cortocircuito de la configuración de paneles seleccionada

$$Un = 24 \text{ V}$$

$$IR = 1,25 \times Isc \text{ (9)}$$

$$IR = 1,25 \times 36,12$$

$$IR = 45,15 \text{ A}$$

$$UR = Voc = 46,14 \text{ V}$$

La potencia máxima nominal entregada por los paneles es

$$Pmaxn = 1280,45 \text{ W}$$

6.1.11 Seleccionar un regulador de carga que cumpla las condiciones.

Se eligió el regulador MPPT 60 A, 24 V de la marca powMR de la compañía colombiana solartex energía para Colombia con las siguientes características más importantes.

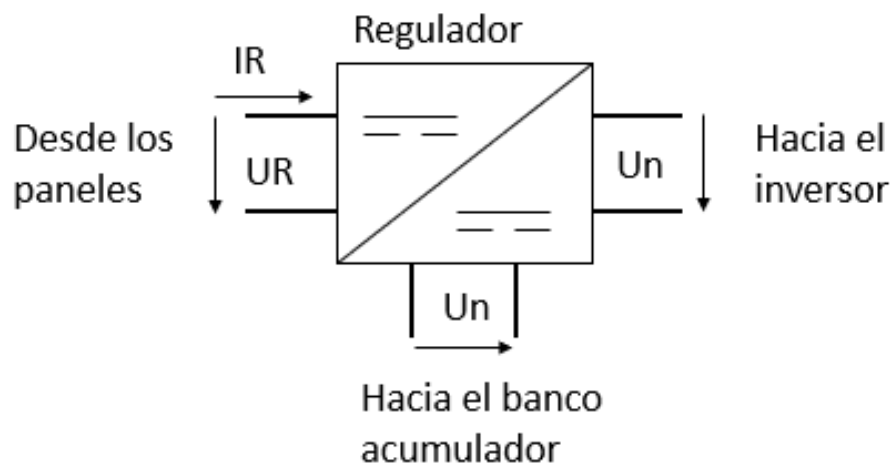
Tabla 6.

Datos del regulador seleccionado.

Potencia máxima del regulador	1400 W
Corriente máxima del regulado	60 A
Voltaje nominal del regulador	24 V
Voltaje de circuito abierto	37 a 105 V

Figura 15.

Conexión del regulador MPPT



6.1.12 Determinar los parámetros eléctricos del inversor.

Voltaje nominal del inversor
 $U_n = 24V$

Potencia nominal del sistema
 $P_n = 1075 \text{ w}$

Factor de seguridad del 20%
 $P_n = 1075 \times 1,20$
 $P_n = 1290 \text{ w}$

6.1.13 Seleccionar un inversor

Se selecciono el inversor de onda pura de la marca SyG Solar de la compañía colombiana solartex energía para Colombia con las siguientes características más importantes.

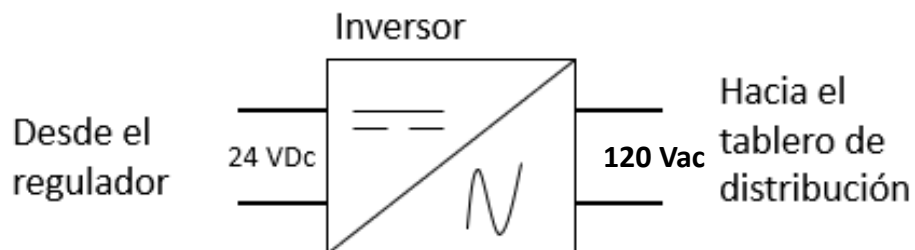
Tabla 7.

Datos del inversor seleccionado.

Potencia Máxima	1500 W
Voltaje de entrada	24 VDC
Voltaje de salida	120 VAC
Frecuencia	60 Hz

Figura 16.

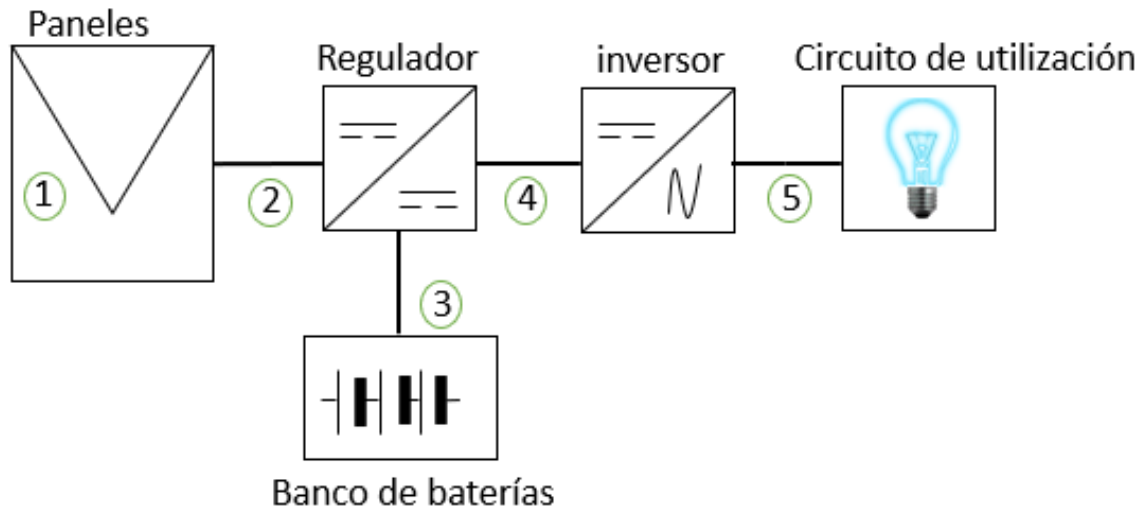
Conexión del inversor.



6.1.14 Dimensionamiento de los conductores.

Figura 17.

Tramos de conductores para el sistema fotovoltaico



Calculo por caída de tensión.

La sección transversal del cable se calcula con la siguiente ecuación.

$$S = \frac{200 \times L \times I}{\Delta U \% \times U \times Y \theta} \quad (10)$$

Donde:

S : sección de conductor en mm^2

L : Longitud del conductor en M

I : corriente prevista en A

$\Delta U\%$: Caída de tensión máxima en porcentaje de tensión en V

U : Tensión del sistema en v

$Y\theta$: conductividad del conductor.

ΔU : Caída de tensión por unidad de longitud.

LT : Longitud total.

$$\Delta U = \frac{\Delta U \% max}{LT} \quad (11)$$

$$\Delta U = \frac{1,5}{6}$$

$$\Delta U = 0,25\%/m$$

Para el tramo 1:

$$I = 1,25 \times 8,55$$

$$I = 10,6875 \text{ A}$$

$$L = 2\text{m}$$

$$\Delta U\%1 = \Delta U \times L$$

$$\Delta U\%1 = 0,25 \times 2$$

$$\Delta U\%1 = 0,5 \%$$

$$U = 24\text{v}$$

$$Y\theta = 58,5 \text{ s/m}$$

Para el tramo 1 se debe hacer una corrección por temperatura ya que esta se encuentra a 50 grados centígrados superando los 40 grados centígrados reglamentarios, además se tiene un agrupamiento de circuitos lo cual eleva esta temperatura, los factores de corrección se eligen de acuerdo a las siguientes tablas.

Tabla 8.

Factor de corrección para instalaciones al aire.

FACTORES DE CORRECCIÓN PARA TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTES DE 40 °C A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES PARA CABLES AL AIRE															
Aislamiento	Temperatura ambiente (°C)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
PVC (Termoplástico)	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	–	–	–	–
XLPE, EPR (Termoestable)	1,26	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55	0,45

Fuente: (Castejón Oliva & Santamaria Herranz, 2010)

Tabla 9. Factores de corrección por agrupamiento

FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE VARIOS CIRCUITOS O DE VARIOS CABLES MULTICONDUCTORES A APLICAR A LOS VALORES DE LAS INTENSIDADES ADMISIBLES										
Punto	Disposición de los cables	Número de circuitos o de cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Agrupados sobre una superficie al aire, empotrados o embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o conducto)	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre pared, suelo o bandejas sin perforar	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	–	–	–
3	Capa única fijada bajo techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	–	–	–
4	Capa única sobre bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	–	–	–
5	Capa única sobre escaleras de cable, abrazaderas, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	–	–	–

Fuente: (Castejón Oliva & Santamaria Herranz, 2010)

$$I_{\text{corregida}} = \frac{10,6865}{0,82 \times 0,7}$$

$$I_{\text{corregida}} = 18,618 \text{ A}$$

$$S1 = \frac{200 \times L \times I}{\Delta U\% \times U \times Y\theta}$$

$$S1 = \frac{200 \times 2 \times 18,618}{0,5 \times 24 \times 58,5}$$

$$S1 = 10,61 \text{ mm}^2$$

Para el tramo 2.

$$I = 1,25 \times 36,12$$

$$I = 45,15 \text{ A}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$\Delta U\%2 = \Delta U \times L$$

$$\Delta U\%2 = 0,25 \times 1$$

$$\Delta U\%2 = 0,25 \%$$

$$U = 24 \text{ V}$$

$$Y\theta = 58,5 \text{ s/m}$$

Para el tramo 2 se debe hacer una corrección por temperatura ya que esta se encuentra a 50 grados centígrados superando los 40 grados centígrados reglamentarios, el factor de corrección se elige de acuerdo a la tabla 8.

$$I_{corregida} = \frac{45,15}{0,82}$$

$$I_{corregida} = 55,06 \text{ A}$$

$$S2 = \frac{200 \times L \times I}{\Delta U\% \times U \times Y\theta}$$

$$S2 = \frac{200 \times 1 \times 55,06}{0,25 \times 24 \times 58,5}$$

$$S2 = 31,37 \text{ mm}^2$$

Para el tramo 3.

$$I = 1,25 \times 36,12$$

$$I = 45,15 \text{ A}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$\Delta U\%3 = \Delta U\%1 + \Delta U\%2$$

$$\Delta U\%3 = 0,5 + 0,25$$

$$\Delta U\%3 = 0,75 \%$$

$$U = 24 \text{ V}$$

$$Y\theta = 58,5 \text{ s/m}$$

No se realiza correcciones, la temperatura está bajo las condiciones normales.

$$S3 = \frac{200 \times L \times I}{\Delta U\% \times U \times Y\theta}$$

$$S3 = \frac{200 \times 1 \times 45,15}{0,75 \times 24 \times 58,5}$$

$$S3 = 8,57 \text{ mm}^2$$

Para el tramo 4.

Se debe calcular la entrada nominal de corriente del inversor con la siguiente ecuación.

$$I_{dc} = \frac{P_{inv}}{\eta_{inv} \times U_n} \quad (13)$$

Donde:

I_{dc} : Corriente continua nominal de entrada del inversor

P_{inv} : Potencia del inversor

η_{inv} : rendimiento del inversor

U_n : voltaje de entrada dc

$$I_{dc} = \frac{1500}{0.90 \times 24}$$

$$I_{dc} = 69,44 \text{ A}$$

$$I_{dc} = 1,25 \times 69,44$$

$$I_{dc} = 86,80 \text{ A}$$

$$L = 1\text{m}$$

$$\Delta U\%4 = \Delta U \times L$$

$$\Delta U\%4 = 0,25 \times 1$$

$$\Delta U\%4 = 0,25 \%$$

$$U = 24\text{v}$$

$$Y\theta = 58,5 \text{ s/m}$$

$$S4 = \frac{200 \times L \times I}{\Delta U\% \times U \times Y\theta}$$

$$S4 = \frac{200 \times 1 \times 86,80}{0,25 \times 24 \times 58,5}$$

$$S4 = 49,46\text{mm}^2$$

Para el tramo 5.

Se debe calcular la salida nominal de corriente del inversor con la siguiente ecuación.

$$I_{ac} = \frac{P_{inv}}{U_{nac}} \quad (14)$$

Donde:

I_{ac} : Corriente alterna salida del inversor.

P_{inv} : Potencia del inversor.

U_{nac} : voltaje ac de salida del inversor.

$$I_{ac} = \frac{1500}{110} \quad (14)$$

$$I_{ac} = 13,64 \text{ A}$$

$$I_{ac} = 1,25 \times 13,64$$

$$I_{ac} = 17,05 \text{ A}$$

$$L = 1\text{m}$$

$$\Delta U\% = \Delta U \times L$$

$$\Delta U\% = 0,25 \times 1$$

$$\Delta U\% = 0,25 \%$$

$$U_{ac} = 110\text{v}$$

$$Y\theta = 58,5 \text{ s/m}$$

$$S5 = \frac{200 \times L \times I}{\Delta U\% \times U_{ac} \times Y\theta}$$

$$S5 = \frac{200 \times 1 \times 17,05}{0,25 \times 110 \times 58,5}$$

$$S5 = 21,20\text{mm}^2$$

Tabla 10.

Sesiones trasversales calculas para cada tramo

Tramo	Sección trasversal del conductor
1	10,61mm ²
2	31,37mm ²
3	8,57mm ²
4	49,46mm ²
5	21,20mm ²

6.1.15 Seleccionar los conductores comerciales.

Tabla 11.

Calibres de cables AWG en cobre para paneles solares

Calibre mm ²	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre AWG o kcmils
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
0,82	....	....	14	....	....	....	18
1,31	....	....	18	....	....	....	16
2,08	20*	20*	25	....	....	....	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0

Fuente: (Tabla 310-16 de NTC 2050)

De la tabla 11 se eligieron los calibres para cada tramo mostrados en la tabla 12

Tabla 12.

Calibres seleccionados para el diseño.

Tramo	Calibre AWG
1	6
2	2
3	6
4	1/0
5	3

6.1.16 Dimensionamiento de las protecciones para el diseño fotovoltaico.

Como el sistema está compuesto por tres módulos en paralelo es necesario ubicar encada rama una protección debido a las corrientes inversas que se generan. Por esta razón se optó por portafusibles seleccionables. Calculados de la siguiente manera.

Calibre de los fusibles es igual a $1,5 \dots 2 * I_{sc}$

$$1,5 * 9,03 = 13,6 \text{ A} \quad \text{y} \quad 2 * 9,03 = 18,06 \text{ A}$$

Por lo tanto, se selecciona un fusible que soporte 15 A

$$IF1 = 15 \text{ A}$$

Su tensión asignada debe ser mayor o igual a $1,2 * 46,14 = 55,37 \text{ V}$

Se debe seleccionar un interruptor general para el generador fotovoltaico este debe estar dispuesto a aislar el sistema cuando esté operando. para permitir la desconexión del generador como requisito previo si se tiene que retirar alguna batería del banco acumulador.

La intensidad nominal debe ser mayor o igual a $I_{Gsc} = 36,12 \text{ A}$

La tensión nominal debe ser mayor o igual a $V_{Goc} = 46,14 \text{ V}$

Por lo tanto, $Q1=40\text{A}$.

Para seleccionar la protección del banco acumulador se optó por un fusible conectado al terminal positivo con las características siguientes.

Calibre de los fusibles es igual a $1,5 \dots 2 * I_{Gsc}$

$$1,5 * 36,12 = 54,18 \text{ A} \quad \text{y} \quad 2 * 36,12 = 72,24 \text{ A}$$

Por lo tanto, se selecciona un fusible que soporte que soporte 63 A.

Su tensión asignada debe ser mayor o igual a $1,2 * 46,14 = 55,37 \text{ V}$

Para la protección del inversor se seleccionó un interruptor automático bipolar y un interruptor diferencial bipolar de 30 mA, Cabe destacar que las protecciones seleccionadas hasta el momento son utilizadas para corriente continua y las seleccionadas a continuación son para corriente alterna.

$$I_{inv} = \frac{P_{inv}}{U_{nac}} \quad (17)$$

$$I_{inv} = \frac{1500}{120}$$

$$I_{inv} = 12,5 \text{ A}$$

Por lo tanto, se elige un interruptor termomagnético 15 A

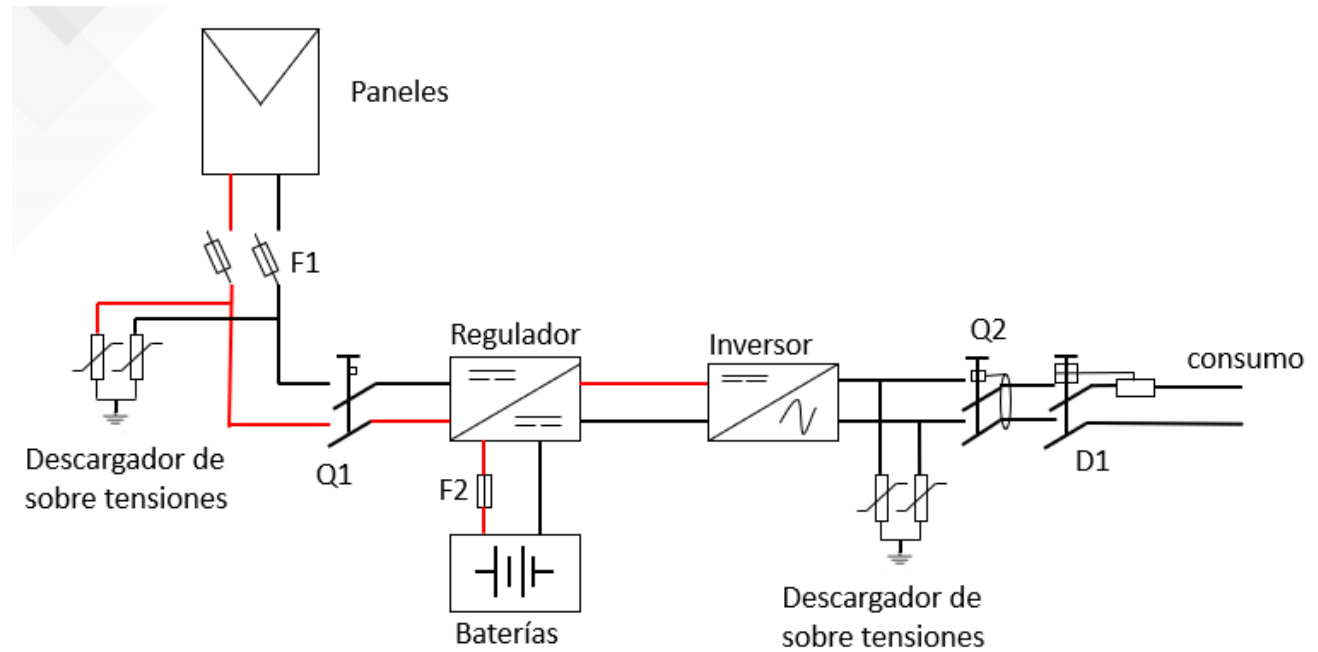
Para el cálculo de los descargadores de sobretensión de los culés uno será en corriente alterna y el otro en corriente continua, se pueden hallar de esta manera.

Existen dos tipos de descargadores de sobretensión para corriente continua uno en de 1000 Vcc y el otro es de 500 Vcc para el diseño se selecciona el de 500 Vcc ya que el voltaje producido por los paneles no supera este valor además que cuente con un grado de protección de 2000 V, Para el descargador de sobretensión de corriente alterna selecciona uno de 130 Vac Ya que la tensión nominal de salida en de 120 Vac de igual forma que cuente con un grado de protección de 2000 V.

En la siguiente figura se observa la ubicación de las protecciones seleccionadas dentro del diseño.

Figura 18.

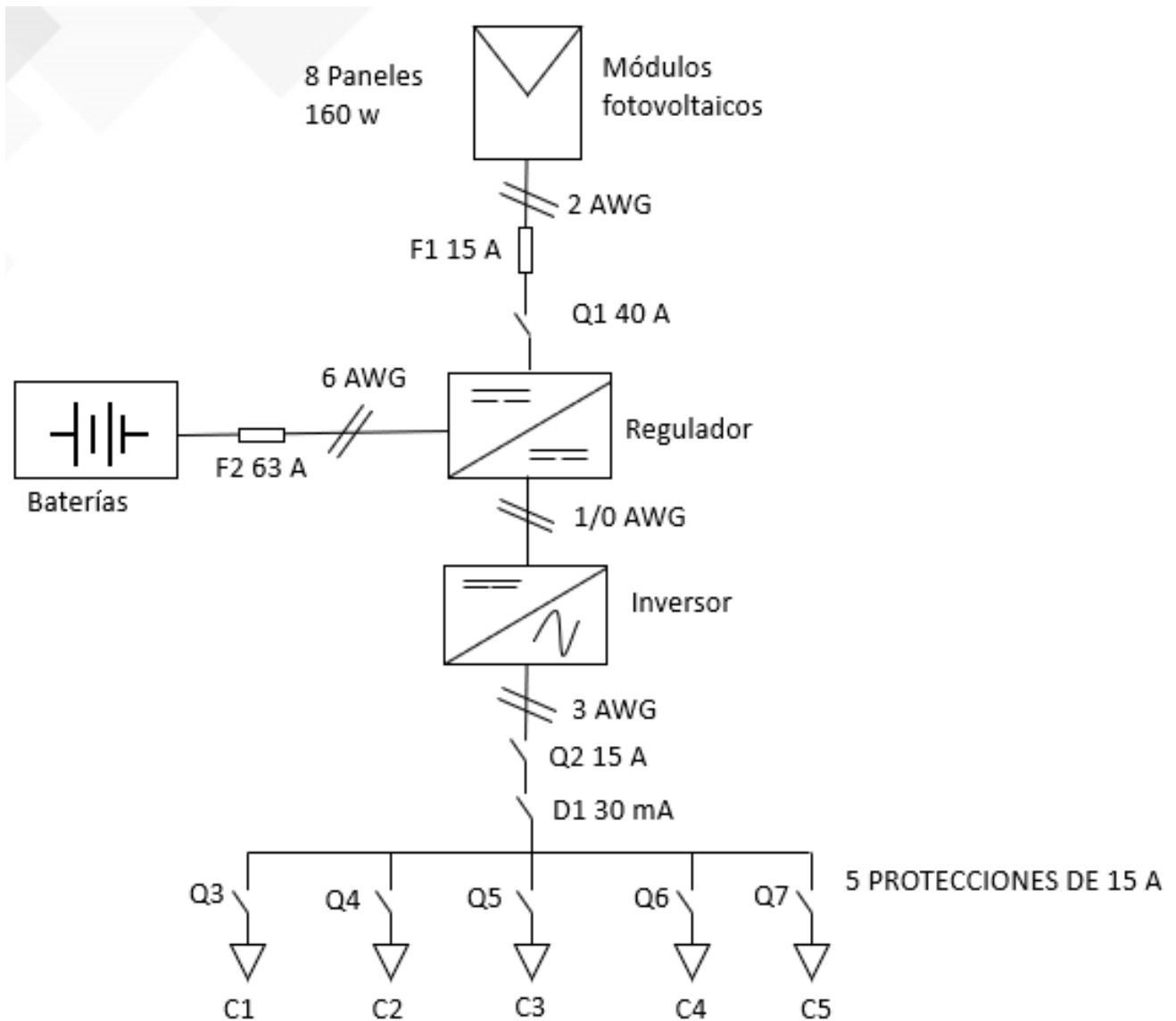
Ilustración de la ubicación de las protecciones.



6.1.17 Diagrama unifilar del diseño

Figura 19.

Diagrama unifilar del sistema



6.1.18 Presupuesto.

El presupuesto calculado solo tendrá en cuenta equipos y materiales

Tabla 13.

Presupuesto de los materiales y quipos.

Ítem	Descripción	cantidad	Precio unitario	Precio parcial
1	Paneles solares 160 w	8	\$ 269.000	\$ 2.152.000
2	Regulador 1400 w	1	\$ 890.000	\$ 890.000
3	Inversor 1500 w	1	\$ 823.000	\$ 823.000
4	Baterías 12 v	2	\$ 1.299.000	\$ 2.598.000
5	Cables y protecciones		\$ 583.000	\$ 583.000
TOTAL				\$ 7.046.000

En la tabla 13 se observan los presupuestos de los equipos y materiales en pesos colombianos con un total de \$7.046.000.

7.Viabilidad costo, beneficio del sistema off grid

7.1 Calculo de energía obtenida por el sistema fotovoltaico.

Para obtener la energía generada por el sistema durante un día, se utiliza la siguiente ecuación.

$$Eg = Pm \times HSP$$

Donde:

Eg : energía generada en un día

Pm : potencia maxima entregada por el arreglo de paneles

HSP : hora solar pico

$$Eg = 1280,45 \times 4,94$$

$$Eg = 6,33 \text{ Kwh}$$

Para obtener la energía producida en un mes se debe multiplicar el resultado anterior por 30

$$Eg = 6,33 \times 30$$

$$Eg = 189.9 \text{ Kwh}$$

La energía generada mensual por el sistema es de 189,9 Kwh, esta es la que se puede aprovechar en un mes en condiciones óptimas de radiación.

7.2 Costo por consumo de la energía eléctrica.

Una vez obtenida la energía generada por el sistema, se calcula el costo por consumo mensual, tomando en consideración la potencia máxima entregada por los paneles y la tarifa promedio mensual de la empresa operadora de la red local que en este caso es la electrificadora de Santander ESSA.

Tabla 14

Costo por consumo de una vivienda en Málaga, Santander.

Mes	Tarifa/Kwh	Consumo mensual	Costo mensual
Enero	\$583,97	122Kwh	\$ 71.976
Febrero	\$585,24	120Kwh	\$ 70.228
Marzo	\$589,22	114Kwh	\$ 67.171
Abril	\$592,89	136Kwh	\$ 80.663
Mayo	\$597,32	129Kwh	\$ 77.054
Junio	\$600,86	140Kwh	\$84,120
Julio	\$604,10	121Kwh	\$73.096
Agosto	\$607,73	128Kwh	\$77.789
Septiembre	\$615,04	122Kwh	\$75.034
Octubre	\$616.92	129Kwh	\$79.522
Noviembre	\$622,45	130Kwh	\$80.918
Diciembre	\$626,18	125Kwh	\$78.272
TOTAL			\$915.843

En la tabla 14 se obtiene el costo mensual de energía eléctrica del año 2021 de una vivienda de estrato 2 de la ciudad de Málaga, Santander, donde el servicio de energía de lo presta la empresa

electrificadora de Santander ESSA, en el cual el costo total del servicio por este año es de \$915.843 pesos colombianos.

Teniendo en cuenta la Taira por Kwh del año 2021, calculamos un promedio para así poder encontrar el costo por consumo mensual generado por el sistema fotovoltaico.

$$\text{Costo por consumo mensual} = E_g \times \text{Tarifa}$$

$$\text{Tarifa} = \$603,49$$

$$\text{Costo por consumo mensual} = 189.9 \times 603,49$$

$$\text{Costo por consumo mensual} = \$114.603$$

El valor obtenido es 114.603 pesos colombianos y es la cantidad de dinero que se ahorraría el usuario mensualmente si opta por la utilización del sistema off grid para sus condominios.

7.3 Amortización del sistema fotovoltaico.

Se calcula el tiempo en el que el sistema tendrá una amortización económica y la viabilidad del proyecto si es que se pretende llevar a cabo, teniendo en cuenta el presupuesto total de los materiales y la cantidad monetaria que se ahorraría, se obtiene la amortización de esta manera.

$$\text{Amortización} = \frac{7.046.000}{114.603}$$

$$\text{Amortización} = 61.4818 \text{ Meses}$$

Con el resultado anterior se puede observar que el proyecto tendrá una amortización económica inicial del sistema fotovoltaico aproximado de 5 años y 2 meses.

Con los equipos seleccionados y un mantenimiento constante y adecuado para el sistema fotovoltaico off grid este tendrá una utilidad eficiente de al menos unos 25 años.

8. Conclusión.

La finalidad de la presente investigación fue de diseñar un sistema fotovoltaico off grid para uno de los condominios de la vereda de Calichal ubicada a 15 minutos del municipio de Málaga Santander, con el fin de brindar una solución energética, renovable y limpia a los problemas que existen en las zonas no interconectadas del país. En la investigación se obtuvieron los resultados económicos de la instalación off grid la cual presenta una generación diaria de 6,33Kwh y mensual de 189.9 Kwh lo cual lleva a un costo mensual de \$114.603 pesos colombianos. El costo de la instalación inicial teniendo en cuenta solo los materiales y equipos es de un valor de \$ 7.046.000 pesos colombianos, la cual será cancelada en su totalidad en un periodo de 5 años y 2 meses, puesto que en condiciones normales de operación los módulos fotovoltaicos y los equipos que conforman el sistemas tienen un tiempo de operación de aproximadamente de 25 años generando ganancias para una producción de 19 años y 10 meses lo cual es correspondiente a \$ 27.275.514 pesos colombianos, cabe destacar que la tarifa por KWh se encuentra en constante aumento este valor podría ser mucho mayor, Por lo que se considera viable la instalación fotovoltaica para esta zona. La ley 1715 permite aumentar las ganancias del proyecto pues permite la exclusión del IVA (16 %) en el costo de los insumos necesarios en el sistema off grid además este tipo de proyectos se encuentran apoyados por la ley lo que facilitaría su financiación.

En los últimos años esta tecnología se a convertido en una de las mejores opciones para territorios aislados de la red nacional ya que no contamina el medio ambiente, en términos económicos la inversión inicial es alta pero después de su instalación solo se generan ganancias, su mantenimiento es fácil y brinda energía útil durante 25 años.

Referencias Bibliográficas

- Anglés Ortiz, R. E., González Deibe, A. A., Moscoso Mejía, G. A., Vega Aldana, C. A., & Encinas Oñate, D. (2008). “*SER - Energía Renovable en Colombia,*” . Madrid: EOI - Escuela de Negocios, Plan de Negocios.
- Auto Solar. (2019). *¿Qué es un controlador de carga? Características y tipos de controlador de carga.* Obtenido de <https://autosolar.pe/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga-caracteristicas-y-tipos>
- Banco Interamericano de Desarrollo -BID-. (2017). *Consultoría para apoyo en Asociaciones Público Privadas -APP- para Zonas No Interconectadas en Colombia.* Bogotá D.C.: Departamento Nacional de Planeación.
- Banguero, E., Murillo, W., & Aristizábal, A. J. (s.f.). Energía Solar en la Ciudad de Quibdó: Experiencia en Sistemas Fotovoltaicos Autónomos de la Universidad Tecnológica del Choco. *2o Congreso de Energía Sostenible en Colombia: Retos y Beneficios de su Implementación*, 105-112.
- Bustos González, J. F. (2014). Zonas No Interconectadas Eléctricamente en Colombia: Problemas y Perspectiva. *FCE Escenógrafos*, N° 65.
- Castejón Oliva, A., & Santamaria Herranz, H. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas Editex cap.4 instalaciones fotovoltaicas.*
- Centro Nacional de Monitoreo, Instituto Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE),. (s.f.). *Centro Nacional de Monitoreo.* Obtenido de <http://190.216.196.84/cnm/cnm.php>

- CORPOEMA Consorcio Energético y UPME . (2010). *Formulación de un Plan de Desarrollo para Las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE),*” vol. II. Diagnóstico de las FNCE en Colombia. Bogotá.
- Cuytronic. (2017). *Calibre de cables para la instalación de Paneles Solares | Cable Solar.*
Obtenido de <https://www.electricidad-gratuita.com/calibre-de-cables-de-paneles-solares/>
- Daniel, S. (2020). *Introducción a energía fotovoltaica 1.^a ed.*
- Empresa de constricciones e interventoría del municipio de Málaga. (2020). *Brochure del Proyecto de Calichal condominios campestres.* Málaga, Santander, Colombia .
- Fedesarrollo. (2013). *Análisis Costo Beneficio de Energías Renovables No Convencionales en Colombia.* Bogotá D.C.
- Grupo Bancolombia. (2019). *Panorama energético de Colombia.* Obtenido de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capitalinteligente/actualidad-economica-sectorial/especiales/especial-energia2019/panomara-energetico-colombia>
- ICONTEC. (2006). *Norma técnica colombiana ntc 2883 módulos fotovoltaicos (fv) de silicio cristalino para aplicación terrestre. calificación del diseño y aprobación de tipo.* Bogotá : El Instituto.
- ICONTEC. (2009). *Norma Técnica colombiana NTC 5287 Baterías para sistemas solares fotovoltaicos, requisitos generales y métodos de ensayo.* Bogotá: El Instituto.
- ICONTEC. (2010). *Norma Técnica Colombiana NTC 5464 módulos fotovoltaicos (fv) de lámina delgada para uso terrestre. calificación del diseño y homologación.* Bogota: El Instituto.
- ICONTEC. (2010). *Norma Técnica Colombiana NTC 5759 sistemas fotovoltaicos. inversores de potencia. procedimiento para la medida del rendimiento .* Bogotá: El Instituto.

- ICONTEC. (2011). *Norma Técnica colombiana NTC 5899-1 calificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos (fv). Parte 1: Requisitos de construcción*. Bogotá: El Instituto.
- ICONTEC. (2013). *Norma Técnica Colombiana NTC 5512 ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (fv)*. Bogotá: El Instituto.
- ICONTEC. (2013). *Norma Técnica Colombiana NTC 6016 controladores de carga de batería para instalaciones fotovoltaicas. comportamiento y rendimiento*. Bogotá: El Instituto.
- IDEAM Instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales. (2020). *Atlas climatico. Mapa de Radiación Solar de Colombia*. Bogotá: Estudio elaborado por Tecsolar Ltda. para el Instituto de Asuntos Nucleares (IAN), 1985.
- Ley 1715 . (13 de Mayo de 2014). *Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional*. . Obtenido de http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf
- Ley 855. (2003). *Por la cual se definen las Zonas No Interconectadas*. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0855_2003.html
- Ospino Castro, J. O. (2010). Análisis del potencial energético solar en la Región Caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico. *INGE CUC*, 6(1), 95-102. Obtenido de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/296>
- Rodriguez, C. A. (2018). *Propuesta Técnico Económica para la implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red en las instalaciones de la cooperativa de ingenieros electricistas COINGEL*. Bogota : Universidad Distrital Fracisco Jose de Caldas.
- Santos, D. (2020). *Introducción a energía fotovoltaica 1.ª ed.*
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2018). *Diagnóstico de la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica*. Bogotá D.C.

TeknoSolar Community. (2018). *¿Qué es y cómo funciona un Inversor solar?* Obtenido de <https://www.teknosolar.com/community/index.php?p=/discussion/14/que-es-y-como-funciona-un-inversor-solar>

Tognola, J. (2021). *Bancos de baterías para Sistemas Fotovoltaicos*. Obtenido de <https://keeui.com/2021/03/12/bancos-de-baterias-para-sistemas-fotovoltaicos/>

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2019). *Geo portal-SIMEC*. Obtenido de <http://sig.simec.gov.co/GeoPortal/Mapas/Mapas>

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2002). *Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Servicio de Energía Eléctrica (PIEC)*. Bogotá D.C.: Unidad de Planeación Minero Energética UPME.

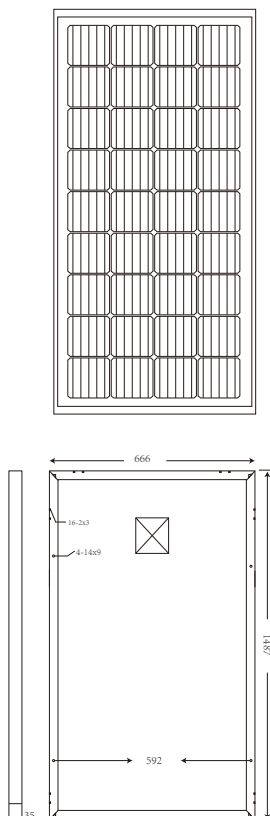
ANEXOS

RS6E-150/160/170M



GLOBAL PROFESSIONAL PV PRODUCTS INTERGRATED SOLUTIONS SUPPLIER

Dimension of PV Modules Unit: mm



ELECTRICAL DATA(STC)

Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	150W	160W	170W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	22.7V	23.7V	24.5V
Short Circuit Current-Isc(A)	8.58A	9.08A	9.58A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	18.4V	18.74V	18.88V
Maximum Power Current-Imp(A)	8.16A	8.60A	9.26A
Module Efficiency (%)	15.16%	16.20%	17.20%

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

ELECTRICAL DATA(NOCT)

Maximum Power-Pmax (Wp)	112W	120W	128W
Open Circuit Voltage-Voc (V)	20.62V	20.90V	21.1V
Short Circuit Current-Isc (A)	7.12A	7.23A	7.34A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	17.14V	17.25V	17.36V
Maximum Power Current-Imp(A)	6.55A	6.66A	6.78A

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Mono-crystalline 156.75x156.75mm, 5 Bus bars
Cell configuration	36 cells(4x9)
Module dimensions	1487x666x35mm
Weight	11.5KGS
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP65 or IP67, 6 Diodes
Cable	4mm ² (IEC)/12AWG(UL),900mm
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging	2pcs/carton box

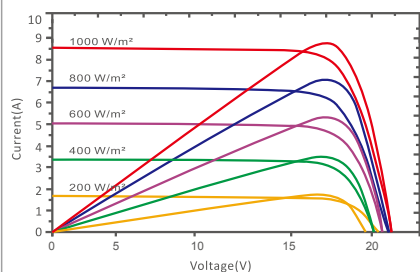
TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V(IEC)/600V(UL)
Max Series Fuse Rating	12A
Limiting Reverse Current	12A

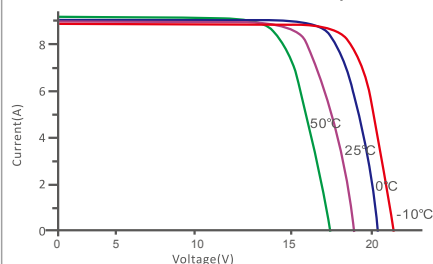
PACKAGING CONFIGURATION

	40HQ	20GP
Number of modules per container	1680pcs	660pcs
Package	2pcs/carton box	2pcs/carton box
Package Weight	23kg/carton box	23kg/carton box
Package Number	840carton boxes	330carton boxes
Package Dimension	1500*700*80mm/carton box	1500*700*80mm/carton box

I-V characteristics at different irradiances



I-V characteristics at different temperature





RESUN SOLAR ENERGY CO.,LTD.



WWW.RESUNSOLAR.COM



36 Cells

Mono-crystalline

170W

Power output

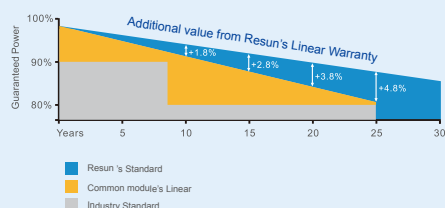
17.2%

The Highest Efficiency

0~+5W

Tolerance

**0.5% Annual Degradation
over 30 years**



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 year Product Warranty / 30 year Linear Power Warranty

RS6E-150/160/170M

RT6E-150/160/170M is a robust solar module with 36 solar cells. These modules can be used for on-grid solar applications. Our meticulous design and production techniques ensure a high-yield, long-term performance for every module produced. Our rigorous quality control and in-house testing facilities guarantee Resun Solar's modules meet the highest quality standards possible



High module conversion efficiency (up to 15.16%), through superior manufacturing technology



Guaranteed 0~+5W positive power output tolerance ensures high reliability



Anti-reflective, hydrophobic coating improves light absorption and reduces surface dust



Excellent performance under low light environments (mornings, evenings and cloudy days)



Suitable for harsh environments, such as coasts, deserts and lakes. Withstand high level of wind loads (2400pa) and snow loads (5400pa)

Full range of products and certification systems

ISO 9001 TUV PID-FREE CE IEC61215/61730/61701/62716



Powered by

► 12V360AH



PR ENERGY

Conservamos su energía

6-GFMJ-360

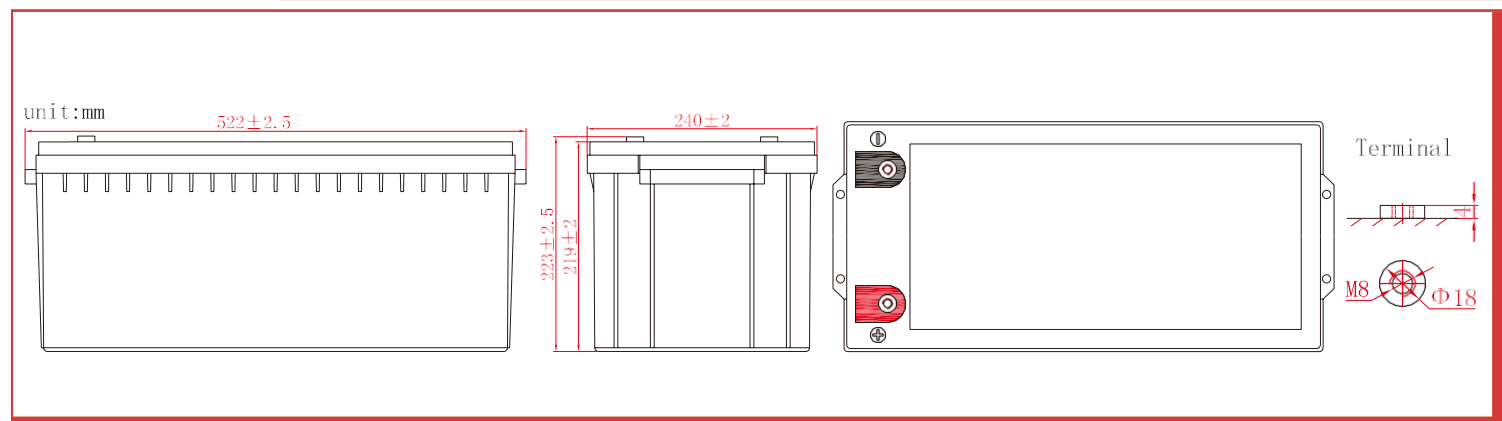
GFMJ series is a battery using AGM GEL Technology , long life, suitable for standby and energy storage ,Front terminals make the installation , maintenance and supervision easy,As with all batteries , all are rechargeable , highly efficient,leak proof and maintenance free.



► Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	360Ah @ 10hr-rate to 1.8V per cell @25°C (77°F)
Weight	Approx 58.5 kg(128.7 lbs)
Maximum Discharge Current	1800A (5sec)
Internal Resistance	Approx.3.5mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -15°C~50°C (5°F~122°F) Charge: -15°C~40°C (5°F~104°F) Storage: -15°C~40°C (5°F~104°F)
Nominal Operating Temperature Range	25°C±3°C (77°F±5°F)
Float Charging Voltage	13.5 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C (77°F)
Recommended Maximum Charging Current Limit	50A
Equalization and Cycle Service	14.4 to14.8VDC/unit Average at 25°C (77°F)
Self Discharge	Batteries can be stored for more than 6 months at 25°C (77°F). Please charge batteries before using. For higher temperatures the time interval will be shorter.
Terminal	Thread lead alloy recessed terminal to accept M6 bolt
Container Material	ABS(UL 94-HB) & Flammability resistance of (UL 94-V0) can be available upon request.

Dimensions :	Overall Height (H)	Container height (h)	Length (L)	Width (W)
Unit: mm	223±2.5	219±2	522±2.5	240±1.5



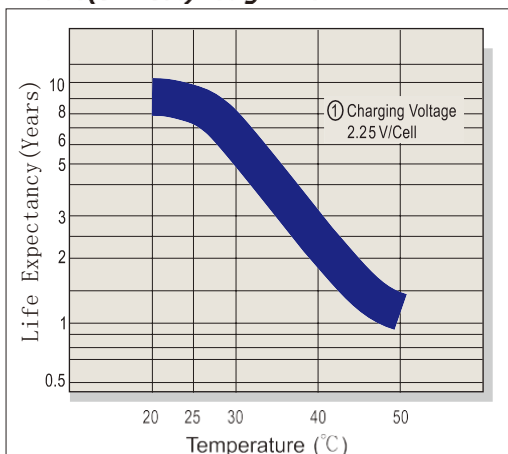
Constant Current Discharge Characteristics Unit: A (25°C, 77°F)

FV/Time	30min	45min	1h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V	210.4	154.7	127.4	53.5	35.9	24.72	20.5	10.93
1.65V	206.6	151.9	125.6	53.1	35.6	24.66	20.46	10.9
1.70V	203.7	150.2	124.1	52.7	35.4	24.59	20.43	10.87
1.75V	196.6	146.1	120.2	51.7	34.9	24.37	20.32	10.77
1.80V	187.4	140.9	115	49.9	33.9	23.94	20	10.61
1.85V	175.4	133.9	106.7	45.8	31.5	22.85	19.21	10.25

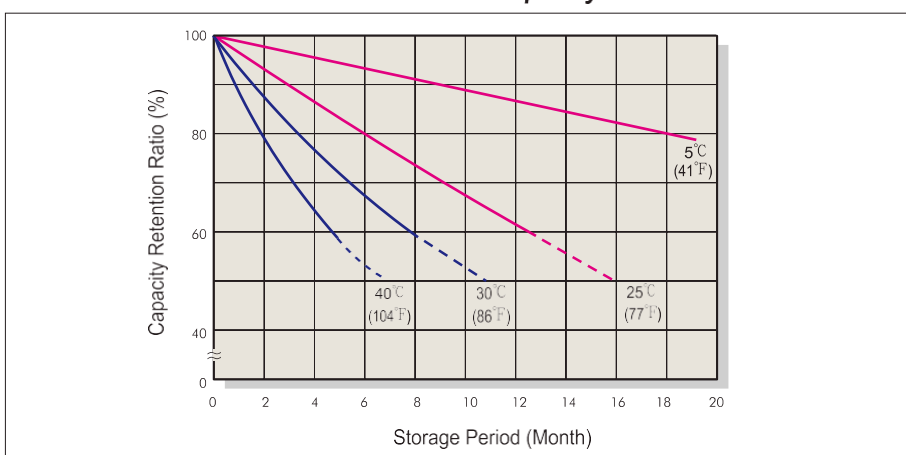
Constant Power Discharge Characteristics Unit: W/cell (25°C, 77°F)

FV/Time	30min	45min	1h	3h	5h	8h	10h	20h
1.60V	347.5	259.3	216.8	100.4	70	48.29	40.34	21.51
1.65V	338.1	252.3	214	99.4	69.8	48.06	40.25	21.41
1.70V	328	247	212.1	98.7	69.6	47.94	40.15	21.33
1.75V	309.7	234.6	206.9	96.8	68.7	47.56	39.82	21.14.
1.80V	286.8.	218.9	201.5	93.4	66.8	46.71	39.2	20.87
1.85V	256.3	197.1	189.8	86.7	62.8	45.11	38	20.28

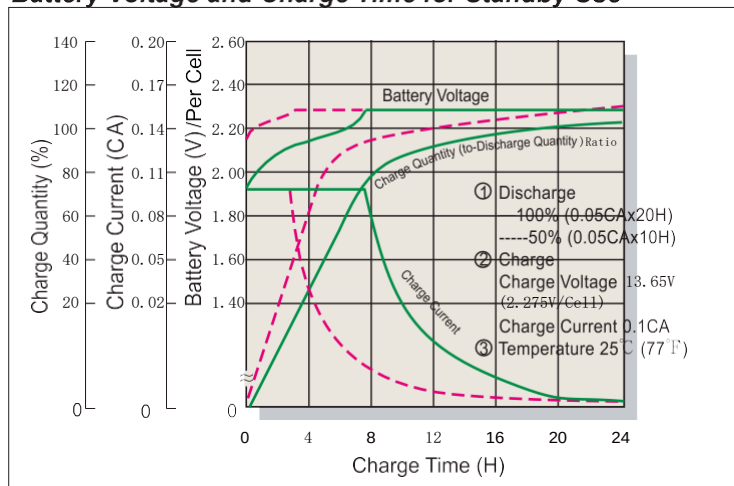
Trickle(or Float)Design Life



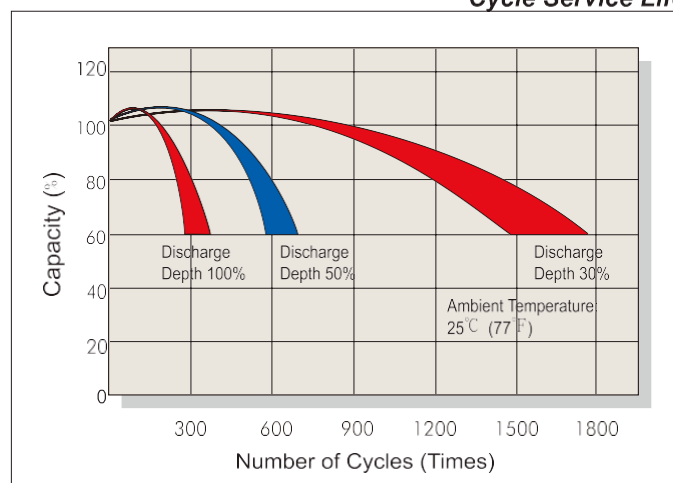
Capacity Retention Characteristic



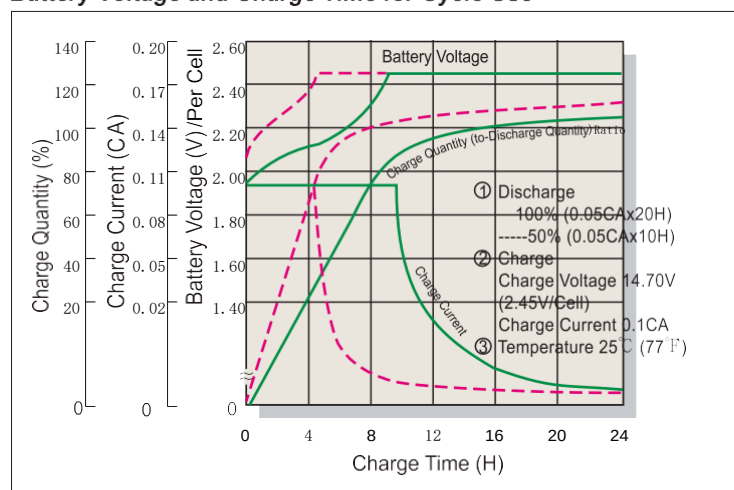
Battery Voltage and Charge Time for Standby Use



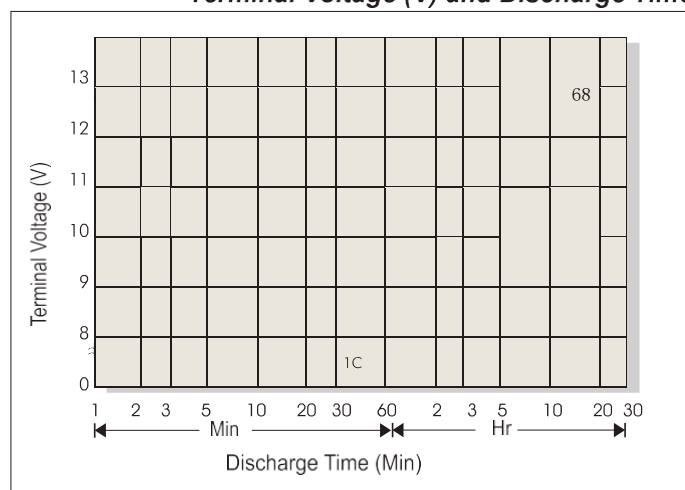
Cycle Service Life



Battery Voltage and Charge Time for Cycle Use



Terminal Voltage (V) and Discharge Time



Charging Procedures

Application	Charge Voltage(V/Cell)			Max. Charge Current
	Temperature	Set Point	Allowable Range	
Cycle Use	25°C(77°F)	2.45	2.40~2.50	0.25C
Standby	25°C(77°F)	2.275	2.25~2.30	

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/Cell	1.75	1.70	1.65	1.6
Discharge Current(A)	0.2C>(A)	0.2C<(A)<0.5C<(A)<1.0C	0.5C<(A)<1.0C	(A)>1.0C

Effect of temperature on capacity (20HR)

Temperature	Dependency of Capacity (20HR)
40°C	102%
25°C	100%
0°C	85%
-15°C	65%

Self-discharge Characteristics

Charge Voltage(V/Cell)	Charge Voltage(V/Cell)
3 Months	91%
6 Months	82%
12 Months	64%

PowMr® MPPT Fan Cooling 40A 60A Solar Controller

Main Features

12V/24V/36V/48V Auto, Max PV Input 160V

Intelligent Maximum Power Point Tracking technology;

Suitable for sealed **lead acid**, vented Gel, and **Lithium battery** types;

Multi-function back light LCD displays;

With **exact fault reference code** for fixing;

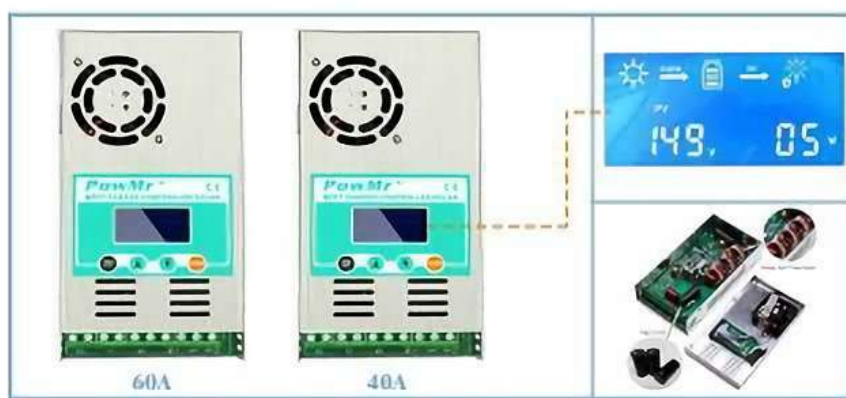
Forced air **cooling by fan**, Fan-on temperature >40C, off <35C;

Die-cast aluminum design, ensuring excellent heat dissipation;

Accord EN61000, EN55022, EN55024 electromagnetic Compatibility;

Dual PV and battery terminal could save cost of the connect cable;

2 years warranty



More Details



Specification

Model	MPPT-40A	MPPT-60A
Maximum power current	40A	60A
Battery Voltage	12V/24V/36V/48V Auto	
Max PV Input Power	12V-480W ; 24V-960W 36V-1400W ; 48V-1700W	12V-720W ; 24V-1440W 36V-2100W ; 48V-2800W
Max PV input voltage(Voc)	12V System (20~80V) ; 24V System(37-105V) 36V System(50~160V) ; 48V System(72~160V)	
Over charging protection voltage	30V	60V
Limited current protection	42A	61A
Terminal	10AWG(8mm2)	10AWG(10mm2)
Weight	1.4Kg	

INVERSORES DE ONDA SENOIDAL PURA SYG SESOLAR

CON PANTALLA LCD



Modelo	SYG-0.5kW		SYG-1kW		SYG-1.5kW		SYG-2kW	
Potencia nominal máxima	500W		1000W		1500W		2000W	
Potencia pico	1000W		2000W		3000W		4000W	
Forma de onda de salida	Onda Senoidal Pura							
Pantalla LCD	NO		SI					
Tensión de entrada	12V		24V	12V	24V	12V	24V	
Nivel de corte de alta tensión DC	24V	15V	30V	15V	30V	15V	30V	
Nivel de alarma de baja tensión DC	10.5V		21V	10.5V	21V	10.5V	21V	
Nivel de corte de baja tensión DC	10V		20V	10V	20V	10V	20V	
Tensión de salida AC	120V AC							
Frecuencia de salida AC	60 HZ							
Temperatura máxima de operación	< 55°C							
Eficiencia máxima de potencia	> 90%							
Protección contra cortocircuito	SI							
Corte por sobrecarga nominal	SI							
Ventilador integrado	SI							
Puerto USB	NO		2 Unidades de 5V 2.1A					
Dimensiones	220x90x65 mm		390x215x160 mm		435x255x180mm			