

**Desarrollo e implementación de una instalación fotovoltaica off-grid de baja potencia para vivienda unifamiliar en San José del Guaviare, monitoreada mediante Arduino y LabVIEW en conjunto con un control difuso de iluminación**

autor

**YEISON STEVE GALEANO RINCON**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

Director

**PHD. Aldo Pardo García**

Codirector

**MS(C). Luis e. Neira ropero**

**INGENIERÍA MECATRÓNICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA, diciembre de 2020**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
JUSTIFICACION.....	9
MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE .....	10
¿QUÉ ES LABVIEW Y QUE ME PERMITE?.....	10
PRINCIPALES ÁREAS DE USO DE LABVIEW .....	10
TRANSISTORES.....	11
LAS ENERGÍAS RENOVABLES .....	11
CONCEPTOS ASOCIADOS A LA ENERGÍA SOLAR Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	12
ENERGÍA SOLAR.....	13
METODOS DE APROVECHAMIENTO.....	14
LA RADIACIÓN SOLAR .....	14
TIPOS DE RADION SOLAR .....	14
COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA .....	15
PANELES FOTOVOLTAICOS.....	15
TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.....	16
EJEMPLO 1: Características Panel Solar Jinko Cheetah 390 Watts.....	18
EJEMPLO 2: Características Panel Solar HERSIC-SP340Watts-72P.....	19
BATERÍAS PARA ENERGÍA SOLAR .....	20
INVERSOR .....	26
TIPO AISLADO.....	26
INVERSORES HÍBRIDOS.....	27
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SEGÚN SU CONEXIÓN O NO CONEXIÓN A RED CONVENCIONAL .....	28
SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO.....	29
PRINCIPALES USOS DE SISTEMAS AISLADOS .....	30
CONTROLADOR DE CARGA.....	31
SISTEMA FOTOVOLTAICO COMPLETO.....	32
ACOTACIONES .....	32

NORMATIVIDAD COLOMBIANA EN ENERGIA SOLAR.....	33
INSTALACIONES DE ENERGIA SOLAR CONFORME AL RETIE (NTC 2050) .....	33
RESOLUCION CREG 030 (principalmente aplicable a sistemas híbridos de inyección a red y sistemas on grid en cuanto a energía solar) .....	33
BENEFICIOS E INCENTIVOS TRIBUTARIOS DE INVERTIR EN ENERGIA SOLAR(APLICA SISTEMAS DE INYECCION A RED, HIBRIDOS Y AISLADOS) 34	
SOLUCIONES DE ENERGÍA SOLAR DE BAJA POTENCIA PARA USO PRINCIPALMENTE RESIDENCIA ACTUALMENTE .....	34
SISTEMA OFF GRID CON BATERÍAS .....	34
SISTEMAS HÍBRIDOS .....	35
Kits o sistemas on-grid residenciales.....	36
IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO .....	38
LOCALIZACION Y DESARROLLO .....	38
CLIMA .....	38
RADIACION SOLAR DE LA ZONA.....	39
CASO PRACTICO.....	39
DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	40
CARGAS ELÉCTRICAS CONSIDERADAS .....	40
INFORMACIÓN DE RADIACIÓN PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS ..	41
CALCULO PANELES SOLARES .....	42
SELECCIÓN DE ACUMULADOR .....	44
SELECCIÓN DE INVERSOR.....	47
SELECCIÓN DE REGULADOR .....	48
CONDUCTORES Y CONECTORES.....	49
TUBERÍA.....	50
OTROS ACCESORIOS .....	51
ESQUEMA SOLAR.....	51
COSTOS.....	52
RESULTADOS .....	53
PARÁMETROS DE SENSORES DE EFECTO HALL .....	54
DIAGRAMA -PROGRAMACION COMPLETA LABVIEW .....	55
SUPERFICIE DE CONTROL.....	55
VARIABLES.....	56
INTERFACES .....	57

RESPUESTA DEL CONTROLADOR FUZZY A CAMBIOS ABRUPTOS DE LUZ AMBIENTE.....	58
ANÁLISIS .....	59
REDUCCIÓN DE EMISIONES EN ELECTRIFICADORA .....	61
OTROS BENEFICIOS .....	61
FUTURAS AMPLIACIONES .....	61
CONCLUSIONES.....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 tip 120 .....	11
Ilustración 2 celda isofoton .....	12
Ilustración 3 composición de celular solar, ujaen.es.....	16
Ilustración 4 panel amorfo, sunfieldseurope .....	17
Ilustración 5,Panel Solar Monocristalino Amerisolar 100W 12V .....	17
Ilustración 6 garantía lineal jinko .....	18
Ilustración 7 Respuesta de potencia de panel jinko .....	18
Ilustración 8 garantia de potencia lineal,hersic.....	19
Ilustración 9 linea de baterias opzs .....	21
Ilustración 10 baterias trojan monobloque, sunfieldseurope-solar.com .....	22
Ilustración 11 bateria en gel ref.12-150 de 12v y 150 Ah C10 .....	23
Ilustración 12 bateria Narada, fututienda.com .....	23
Ilustración 13,Batería AGM POWER 12V 95 Ah. C100 .....	24
Ilustración 14 fast carbon ,nawatechnologies.com.....	25
Ilustración 15 ultrafast carbon, nawatechnologies.com .....	25
Ilustración 16,BATERÍA SOLAR DE IÓN-LITIO FRONIUS DE 6 KWH .....	25
Ilustración 17,Inversor Victron Phoenix solar 48V 5000VA.....	27
Ilustración 18,Inversor SolaX X1 Hybrid 4.6T HV 4600VA .....	27
Ilustración 19 sistema on grid ,qksol.com .....	28
Ilustración 20 sistema aislado qksol.com .....	29
Ilustración 21,sistema hibrido, qksol (Barcelona). España.....	29
Ilustración 22, Regulador MPPT 100V 50A Bauer.com con Bluetooth 12/24 .....	31
Ilustración 23Tomada de <a href="https://www.greendipity.co/qksol">https://www.greendipity.co/qksol</a> (colombia) .....	32
Ilustración 24, Kit plus americafotovoltaica.com .....	34
Ilustración 25 , sistema hibrido ,imperio casa de las energías renovables .....	35
Ilustración 26, Tomado de ambientes y soluciones.com .....	36
Ilustración 27 kit ongrid, energos.com .....	37
Ilustración 28, radiacion de onda corta, ideam.....	39
Ilustración 29, radiacion de onda corta, ideam.....	41
Ilustración 30, panel solar resun rsm 100 resun.com .....	43
Ilustración 31, fulibattery.net FL12180 .....	45
Ilustración 32 inversor fase modificada 450w WT .....	48
Ilustración 33, regulador pwm 10 A .....	49
Ilustración 34 esquemático conexiones .....	51
Ilustración 35 respuesta del sistema a un cambio de luz inmediato .....	584
Ilustración 36 respuesta del sistema a baja luz ambiente .....	595
Ilustración 37 respuesta del sistema a baja luz ambiente .....	595
Ilustración 38 respuesta del sistema a baja luz ambiente .....	596
Ilustración 39 respuesta del sistema a baja luz ambiente .....	596

Ilustración 40 respuesta del sistema a baja luz ambiente .....	597
Ilustración 41 respuesta del sistema a baja luz ambiente .....	597
Ilustración 42 respuesta del sistema a baja luz ambiente .....	59
Ilustración 43 respuesta del sistema a baja luz ambiente .....	59

## RESUMEN

El proyecto se implementa en base a la teoría desarrollada inicialmente, y su locación será en una propiedad situada en la ciudad de San José del Guaviare. En el presente proyecto, se parte desde unos requerimientos energéticos de consumo en cuanto a la carga Smartphones, computadores portátiles para apoyar el estudio virtual, de los ocupante de la vivienda, soportar la iluminación, televisor, energizar un router dedicado a línea de banda ancha, parase realiza el dimensionamiento de la instalación teniendo en cuenta los parámetros de datos de los fabricantes, hasta obtener un sistema fotovoltaico aislado de baja potencia y considerablemente económico para masificar su implementación, sin descuidar las protecciones eléctricas mínimas. El sistema cuenta con un módulo de control difuso desarrollado y sintonizado en LabVIEW, para este caso se implementa vía Arduino realizando control automático de intensidad de luces de la vivienda y garantizar un ambiente correctamente desde LabVIEW, y reducir consumo energético. Con el impacto de esta solución, se prevé impulsar y permitir que más personas en la región y el país pasen de usar la red convencional a usar energía solar desde un presupuesto reducido y adicionalmente, que éste cuente con posibilidades de control y monitoreo, lo cual es de gran importancia, si vemos las deficiencias en el suministro eléctrico de nuestros operadores.

En específico La instalación completa es amigable con el usuario final o el operador para tal caso, el sistema propuesto realiza una supervisión constante y control del sistema haciendo uso de diferentes componentes electrónicos de corriente DC, sensores que recogen información del sistema, en su mayoría hacen uso del efecto hall y así poder tener mediciones de las variables eléctricas deseadas en segmentos del sistema, se garantiza la seguridad de las cargas y daños más comunes, se desarrollan interfaces en LabVIEW, que permiten realizar monitoreo de variables del sistema y control de iluminación de cada segmento de la vivienda, se utiliza la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, que cuenta con un rendimiento adecuado para tal proyecto, y su costo permite fácil adquisición en el mercado nacional, posee un enorme repositorio de material de apoyo de acceso libre e innovaciones para tareas de monitoreo adquiriendo, escribiendo datos y manejo de variables.

El proceso de caracterización de cargas es sencillo, se usaran las cargas que un sistema autónomo de baja potencia puede energizar, teniendo en cuenta, que el objetivo del día a día será, disponer de energía en todo el rango horario del día y noche según los hábitos de uso en la vivienda, mitigar la falta de energía de red convencional en la noche, reducir la factura de energía, que para este caso emite ENERGUAVIARE SA E.S.P, en cuanto al desarrollo en LabVIEW la disposición de módulos, cada uno se encontrará en pestañas para mejorar la accesibilidad del usuario y organización de contenido, compuestas de ventanas de supervisión energética del módulo fotovoltaico, monitoreo de las variables principales del sistema, datos de radiación, diagrama de construcción del sistema y de degradación de componentes principales para apoyar futuramente en el desarrollo de mantenimientos, preventivos y correctivos fácilmente, así como realizar posibles escalamientos del sistema para cubrir necesidades energéticas de un número mayor de cargas y potencias de

consumo, se analiza la delimitación del proyecto en cuanto a lo financiero y gasto asociados, para tal fin se usará como componentes principales un módulos fotovoltaico de baja potencia, un regulador de 12v/24 v, baterías libre de mantenimiento tipo agm, inversor de 450w, placa Arduino UNO.

Por último, se realizan secciones importantes de resultados y conclusiones del trabajo, un análisis comparativo de las soluciones de energía solar de baja potencia para uso principalmente residencial, resultados de funcionamiento y mostraré, como se realizaría un escalamiento del sistema para cargas mayores.

### **2.1. Palabras claves:**

Sistema fotovoltaico, LabVIEW, sensores, Arduino, vida útil, control difuso



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la sociedad actual, es necesario tener el suficiente suministro energético constante y garantizar que éste no se vea afectado por caídas de tensión o tiempos sin energía por parte de la red nacional, que en la actualidad presenta graves fallos. Sin el funcionamiento de nuestros artículos y aparatos electrónicos las tareas desarrolladas por las personas se ven grandemente afectadas y en casos, puede deteriorar la calidad de vida de las personas, en este tiempo de crisis sanitaria a través de la emergencia mundial, es importante que todos los hogares dispongan de energía para conectarse a internet y usar sus equipos móviles para soportar la nueva metodología de estudio virtual, entre otros factores y necesidades que la energía eléctrica puede suplir.

## JUSTIFICACION

Analizando los consumos de la vivienda unifamiliar en la cual se pretende instalar un sistema autónomo es visible que se puede obtener un ahorro energético implementando un sistema aislado de baja potencia que interactúe con LabVIEW, donde se permita obtener un ahorro en la tarifa de energía o simplemente contar con suministro eléctrico suficiente si se encuentra en las zonas no interconectadas del país, o en el caso de vivienda urbana, donde el suministro presente fallas constantes, las soluciones con inversores comerciales ya listas para instalar son de alto costo y no permiten fácilmente un nivel de supervisión y control por personas inexpertas, ni nos permite conocer al usuario o técnico información básica de cómo se desarrolla la degradación los componentes del sistema cuando se instalaron todos los equipos. Este trabajo aportará un enfoque práctico de masificar el uso de la energía solar y utilizarla por medio de componentes accesibles para la mayoría de la población, contribuir con el desarrollo e implementación de soluciones de energías limpias y uso de las capacidades de control de software industrial, mostrar la viabilidad económicamente, así como su impacto social.

## MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

En el siguiente texto se encuentra la teoría de qué son y qué nos aportan las energías renovables centrándonos más específicamente en la energía solar, es traída por fotones que llegan a nuestra superficie terrestre emitidos por la actividad solar; se detalla una visión general de los principales sistemas fotovoltaicos, sus componentes, funcionamiento, conceptos asociados, y una muestra de las capacidades de LabVIEW para supervisión, su importancia en el control y la tecnología de Arduino muy usada para el internet de las cosas (IoT) ,y este trabajo para automatizar un sistema de iluminación y realizar adquisición de variables eléctricas.

### ¿QUÉ ES LABVIEW Y QUE ME PERMITE?

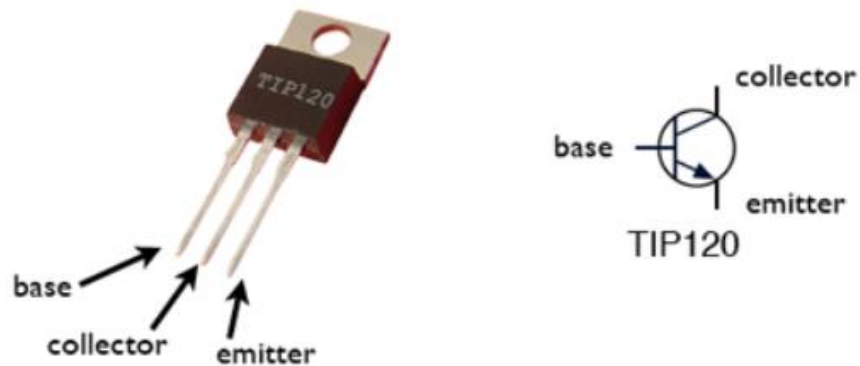
LabVIEW (acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es una plataforma de ingeniería desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico e intuitivo pensado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido. Es muy utilizado en la industria y en la academia, para fortalecer e implementar competencias de la comunidad de estudiantes y formadores, LabVIEW nos ofrece un enfoque de programación gráfica basada en bloques, permite incluyendo configuración de distintos tipos de hardware según la aplicación que necesitemos, y de forma fácil permite identificar y comprender la lógica compleja de aplicaciones a todo nivel y diseñar interfaces de usuario personalizadas para realizar monitoreo y control.

### PRINCIPALES ÁREAS DE USO DE LABVIEW

- Automotriz
- Química
- Aeroespacial y defensa
- Academia
- Industria petrolera
- Electromedicina
- Investigación científica
- Visión artificial
- Robótica

## TRANSISTORES

Son dispositivos de estado sólido con uniones pn que permite controlar el paso de corriente a través de sus terminales, aumentar corriente o disminuir corriente, posee 3 conexiones, colector, base y emisor, para este proyecto se usó tip 120, que posee una elevada ganancia y mediante los cálculos, puede funcionar con la baja corriente que se puede extraer de una tarjeta Arduino sin sobrecargar el pin de salida.



*Ilustración 1 tip 120*

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES

En definición Es el conjunto de energías que provienen de recursos naturales inagotables, o que, por su larga disponibilidad en el tiempo, como en el caso del sol que emite radiación producto de la fisión nuclear de hidrogeno durante millones de años; a estas fuentes se puede recurrir de manera permanente y se logran mínimos impactos ambientales que conservan la armonía de los ecosistemas y de la vida en nuestra sociedad actual. Las energías de categoría renovable, que son opuestas en su sentido al cumulo de combustibles de tipo fósiles, el carbón, petróleo, gas, y a escala nuclear se ubica la fisión y fusión nuclear, que son usadas para mover gran parte de la matriz energética del mundo, buscan dar un salto de calidad y responsabilidad ambiental.

En las energías renovables encontramos el aprovechamiento de tecnologías limpias que usan recurso y abundantes que no generan gases contaminantes y de efecto invernadero a base de hidrocarburos o quema de sus derivados, como el Monóxido de carbono, Xileno, hollín, Óxidos de nitrógeno, Dióxido de carbono, Óxidos de zinc, Benceno, Fenoles, Dióxido de azufre, Óxidos de plomo y otros, además cero emisiones de CO<sub>2</sub>. [1] A un así, tras ser una valiosa solución energética adoptada en algunas de las principales ciudades del mundo, que permea en el agro y sistemas de comunicaciones, encontramos en sus desventajas, que la producción de algunas de estas energías depende de diversos factores climáticos, variaciones de presión en la atmosfera terrestre, llegando hasta que condiciones de limpieza medida en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que afecta al desempeño de los paneles fotovoltaicos, en el caso de las variaciones de presión que determinan la velocidad del aire en cualquier punto del planeta, al utilizar la energía eólica como fuente generadora, que guarda una proporcionalidad con el volumen de viento que golpea las aspas y transmiten movimiento rotacional al rotor, que seguidamente recibe un generador este movimiento, entregando electricidad aprovechable; en base a lo anterior, es claro que Las condiciones climatológicas son un aspecto de gran importancia en todas las zonas a lo largo de un país como Colombia con alta diversidad de climas y geografía.

## CONCEPTOS ASOCIADOS A LA ENERGÍA SOLAR Y SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA:** Es una energía considerada renovable que se crea tras la transformación directa de la radiación emitida por el sol en electricidad aprovechable.

**CELULA FOTOVOLTAICA:** Es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica. La gran mayoría de las células solares que actualmente están disponibles comercialmente son de Silicio mono o poli cristalino. , Cada célula solar genera pequeñas cantidades de corriente y voltaje, por lo cual deben unirse gran cantidad de ellas para formar paneles que permitan entregar cantidades de energía considerables.



*Ilustración 2 celda isofoton*

Una célula fotovoltaica utiliza dos tipos de materiales semiconductores formando dos zonas adyacentes:

TIPO N: material en el cual la sustancia difusa cede fácilmente electrones, creando una zona dentro del semiconductor que tiene un exceso de cargas negativas (electrones).

TIPO P: material en el cual la sustancia difusa atrapa electrones libres, quedando los átomos que los han liberados con un exceso de cargas positivas.

INVERSOR: Componente que transforma la energía que producen los módulos fotovoltaicos (corriente continua) en energía idéntica a la que hay en la red eléctrica (corriente alterna), este componente posee muchas clasificaciones dependiendo su uso, capacidades técnicas y tipos de cargas a alimentar.

CARGAS-CONSUMOS: Los consumos o cargas que el sistema fotovoltaico ha de satisfacer (luminarias, batidoras, radio, TV, motores, etc...), pueden ser DC o AC. Se considera a los consumos como una parte substancial del sistema fotovoltaico ya que estos son los que determinan el tamaño del sistema (lo que se conoce como dimensionado del sistema FV [6]

## ENERGÍA SOLAR

Se encuentra en 2 clasificaciones según su aprovechamiento. La energía solar fotovoltaica y la de concentración térmica permite el desarrollo de la sociedad limpiamente, bajando el impacto ambiental que se crea en nuestro entorno al usar fuentes convencionales de generación de energía a partir de combustibles fósiles y otros recursos de alto grado de contaminación, el uso de la energía solar en este momento se encuentra desde la alimentación de estaciones espaciales internacionales de todos los países que tienen estas estructuras en la órbita, hasta proveer de iluminación o agua potable a zonas de viviendas que se encuentran en zonas no interconectadas, o lugares alejados donde no es rentable para las empresas electrificadoras llevar el tendido eléctrico; a través de ONG campañas e iniciativas de energías limpias, se implementan proyectos de sistemas fotovoltaicos o de concentración de calor que mejoran la calidad de vida de las personas en estas zonas; a grandes rasgos, "América Latina se encuentra en la decisión de optar por energía solar utilizando generadores centralizados o grandes proyectos hidroeléctricos, que implica efectos secundarios de la degradación ambiental, concentración de poder y dependencia del petróleo" [4]. Sin embargo, una ruta y visión alternativa es cada vez más viable en todos los aspectos, se basa en cooperación internacional, la gestión responsable de los recursos y proyectos como el mayor parque solar construido y puesto en funcionamiento en el departamento del meta dan luces de que lo vendrá inminentemente.

## MÉTODOS DE APROVECHAMIENTO

De forma general podemos clasificar su aprovechamiento a través métodos directos e indirectos usando los materiales disponibles para ello.

**Métodos Indirectos:** la energía del sol es aprovechada para calentar un fluido como agua o sales fundidas que son convertidas en vapor que logra mover un alternador y se genera electricidad, similar al proceso que usa combustibles fósiles en una central térmica

**Métodos Directos:** en estos métodos la luz solar se convierte directamente en electricidad usando células solares.

## LA RADIACIÓN SOLAR

La radiación incidente sobre la Tierra puede aprovecharse, por su capacidad para calentar materiales, o directamente a través del aprovechamiento de la radiación en dispositivos ópticos o de otro tipo, Aproximadamente del total de radiación que entra en nuestra atmósfera, un 30% se reflejará al espacio y el resto llegará a la superficie (aproximadamente  $1,37 \text{ kW/m}^2$ ) siendo absorbida por lagunas, ríos, montañas, mares, y nubes. la irradiación, es la potencia incidente de cualquier tipo de radiación electromagnética por unidad de superficie, sus unidades son (kilovatios/  $\text{m}^2$ ), donde Esta magnitud está relacionada con de las condiciones climatológicas del terreno y atmosfera, hay zonas con radiación desde 2 horas efectivas de sol, hasta 12 horas en desiertos y zonas de África, también la latitud del sitio evaluado en su distancia a la línea ecuatorial y de las características de partículas en suspensión en la atmosfera, sombras por superficies elevadas , entre otros como las estaciones del año.

## TIPOS DE RADIACION SOLAR

Del rango de radiaciones que emite el sol conocida como radiación global, según su incidencia podemos clasificarlas en 3 posibles:

**Radiación difusa:** es la radiación que no tiene una dirección definida, se dispersa por absorciones y reflexiones producidas por las partículas de diferentes elementos encontradas en la atmosfera, incluyendo partículas de polvo en el aire, las nubes que mediante su condensación no permiten un flujo de luz correcto, entre otros.

**Radiación directa:** cuando no existe bloqueo de la radiación, desde su emisión en los procesos llevados a cabo por el sol, y en su recorrido hasta la superficie de la tierra, la radiación no es perturbada por ningún medio, ni desviación en su trayecto, tenemos una radiación directa, donde podemos aprovechar más energía para convertir.

**Radiación reflejada o de albedo:** es aquella reflejada por la superficie terrestre, Parte procedente de la radiación incidente choca y se regresa en montañas, ceniza volcánica, nubes brillantes, suelo sin vegetación, edificaciones, vías, entre otros. La cantidad de radiación depende de un valor llamada coeficiente de reflexión, y éste depende del sector o medio a analizar su incidencia, También depende de la claridad o tono oscuro de las superficies, las de colores claros pueden reflejar mejor la energía, en contraposición de las zonas de color oscuro que la absorben contribuyendo con generar calentamiento.

## COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

### PANELES FOTOVOLTAICOS

Un panel fotovoltaico está compuesto de pequeñas células fotovoltaicas unidas para entregar una gran cantidad de energía, generalmente poseen desde 2 células hasta 72 células comercialmente, su proceso de aprovechamiento se basa en que cuando la luz que proviene del sol incide sobre un material, en este caso de tipo semiconductor, los fotones que posee la luz transmiten energía al chocar con los electrones de valencia o externos del material que recibe esta radiación, recordemos que los electrones de valencia (son los que están en la capa mayor de un átomo y son encargados de la interacción con otros átomos de diferentes elementos) esta entrega de energía rompe los enlaces que ligan a sus átomos. Cada enlace que se destruye deja un electrón libre y éste crea un hueco en su posición anterior. Que puede moverse por el material y cuenta con polaridad positiva que llamamos protones. El movimiento de estas cargas en direcciones completamente opuestas genera la electricidad a través del circuito exterior y liberando así la energía antes cedida por los fotones. Para que tanto los electrones como los huecos permanezcan separados y no vuelvan a establecer un enlace se utiliza un campo eléctrico. El principio fundamental de una célula fotovoltaica es que mediante la unión de dos regiones de un cristal semiconductor que posee distintas conductividades se crea un campo eléctrico, donde se

consigue que circulen las cargas negativas y las positivas en sentidos contrarios Así se crea voltaje en el material y circulación de corriente, los materiales más usados a día de hoy para fabricar estas células es el Silicio en diferentes concentraciones ,el arseniuro de galio que tiene un coste más elevado pero mejor eficiencia, perovskita y seleniuro de cobre entre otros.

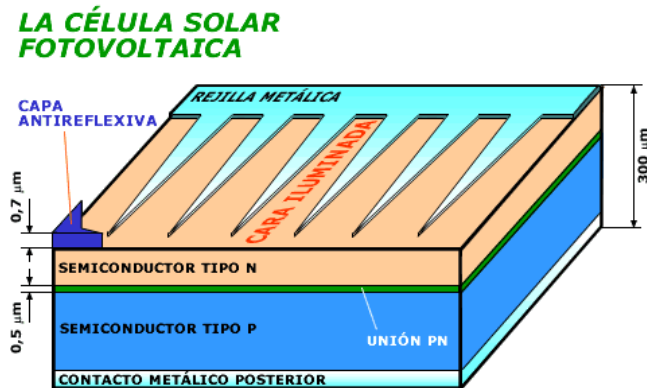


Ilustración 3 composición de celular solar, ujaen.es

La mayor parte de las células fabricadas en el mundo hoy en día son de tecnología monocristalina o policristalina en material de Silicio. El tipo de panel más común es el mono cristalino en las instalaciones donde la temperatura ambiente no sea muy elevada y se requiera una alta eficiencia, aunque su proceso completo de fabricación es más complejo y demorado, lo cual refleja un 40% del coste final de la célula. También encontramos que cada año estas tecnologías incorporan mejoras para hacer frente a los cambios climatológicos, variaciones de temperatura y sombras.

## TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.

**Silicio amorfo:** está conformado por silicio hidrogenado no cristalino, cuenta con una eficiencia menor que las basadas en silicio cristalino aproximadamente es inferior al 10%, Tienen un color entre negro y gris oscuro, tienen un Proceso de fabricación sencillo, rápido y de fácil automatización.





*Ilustración 4 panel amorfo, sunfieldseurope*

Entre Sus aplicaciones más comunes son en relojes, calculadoras, morrales, algunos instrumentos de medición o aplicaciones que Requieran cierta flexibilidad y donde se requiera poca cantidad de energía a bajo coste. Sus problemas de eficiencia principalmente radican a la mala calidad del silicio utilizado, cuya estructura interna dificulta la recolección de los portadores foto generados. Sin embargo, son especialmente adecuadas para uso en interiores, en atmósferas con mucho polvo, ambientes con nubosidad etc.

**Silicio mono cristalino:** todos los átomos de la estructura están ubicados guardando una simetría y orientación cristalina. El módulo Tiene tonalidad en color azul oscuro, casi negro con cierto brillo, con una eficiencia mayor respecto a las tecnologías policristalinas, entre el 15-19 %, buen comportamiento en condiciones poco calurosas.



*Ilustración 5, Panel Solar Monocristalino Amerisolar 100W 12V*

El modo más común de fabricación de células de silicio monocristalino (sc-Si) consiste en partir de un lingote de un único cristal de silicio, obtenido por los métodos de Czochralski (Cz) o zona flotante (FZ), y cortarlo en obleas que constituyen el sustrato sobre el que tendrá lugar todo el proceso restante (unión “p-n”, metalización, etc.).[2]

### EJEMPLO 1: Características Panel Solar Jinko Cheetah 390 Watts

#### PERFORMANCE EN EL TIEMPO

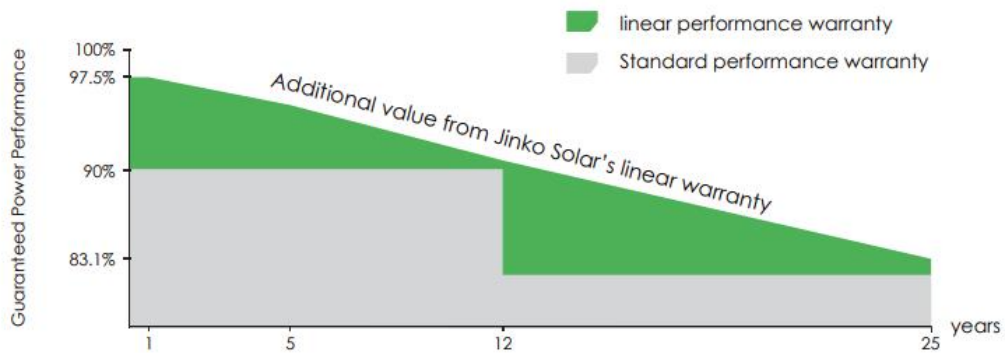


Ilustración 6 garantía lineal jinko

Un ejemplo de rendimiento en el tiempo de esta tecnología de paneles solares lo refleja la empresa Jinko solar en la imagen anterior. Como vemos su rendimiento lineal garantiza una entrega de energía de calidad.

#### CURVAS CARACTERISTICAS

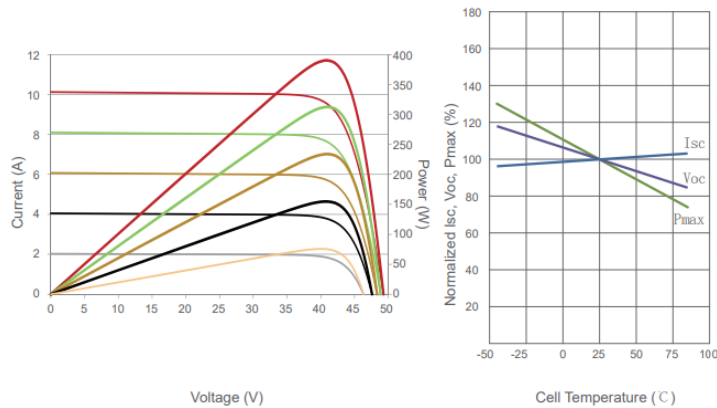


Ilustración 7 Respuesta de potencia de panel jinko

**Silicio policristalino:** están conformados por células producto de la unión de varios cristales de silicio, suministra buena tensión para aplicaciones de bajo consumo y evita usar el método Czochralski, se pierde menos silicio en su fabricación , su terminado es en distintos tonos de azul, y los tenemos en el mercado desde 1981.

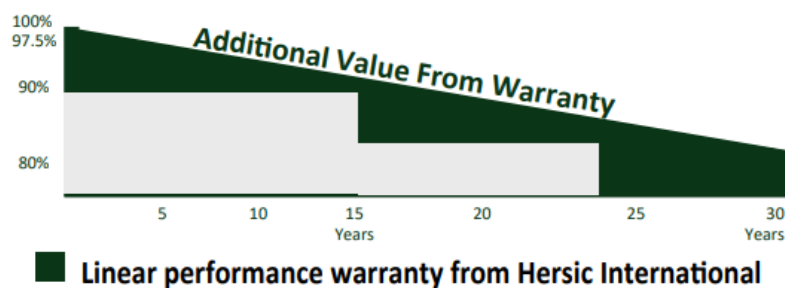


*Ilustración 8 , panel policristalino, blogs.upm.es*

Sus eficiencias varían entre el 12-15 %. Las células policristalinas entregan un rendimiento levemente menor que la tecnología monocristalina, soportan mejor la temperatura, tienen la ventaja de poder construirse más delgadas, en la industria se logra una rapidez mayor de fabricación y menor complejidad. Su precio está entre los paneles amorfos y el monocristalino, y poseen igualmente garantías desde 15 años en adelante.

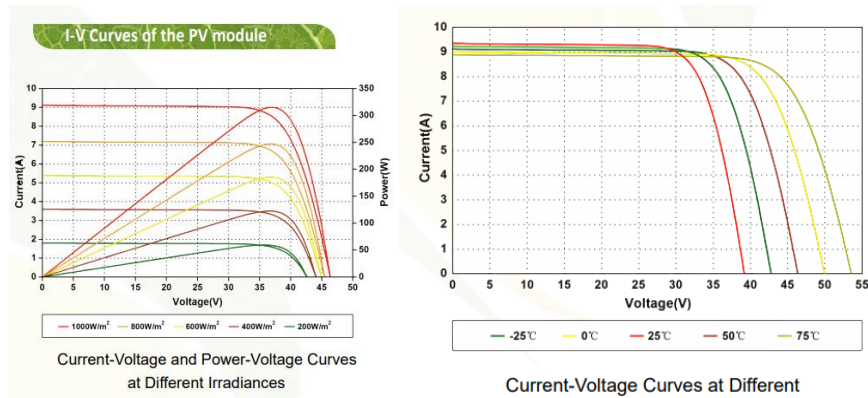
## EJEMPLO 2: Características Panel Solar HERSIC-SP340Watts-72P

### PERFORMANCE EN EL TIEMPO



*Ilustración 8 garantía de potencia lineal,heric*

## CURVAS CARACTERISTICAS



Para los sistemas de energía solar es importante contar con acumuladores apropiados que guarden energía para usarla en periodos donde no haya radiación, días lluviosos o en la noche.

## BATERÍAS PARA ENERGÍA SOLAR

en el mercado encontramos diferentes soluciones de almacenamiento de energía y tecnologías según sea su aplicación como procesos eléctricos, mecánicos, químicos o electroquímicos para energía solar se usan algunos que requieran poco mantenimiento y altos ciclos de trabajo a descargas profundas y prolongadas.

Los Sistemas de almacenamiento de energía eléctrica: se usan para sistemas de tipo aislado, e híbrido, Básicamente las baterías en este tipo son el soporte del sistema para almacenamiento de la energía proporcionada por los módulos solares a lo largo de la jornada de generación, estas baterías deben ser dimensionadas apropiadamente, para energizar a las cargas eléctricas de la unidad de vivienda o sitio, en los eventos donde los paneles no entregan la suficiente potencia, en días de nubosidad, lluvias o en la noche y para contrarrestar las caídas de energía de red eléctrica nacional que lamentablemente tiene problemas graves en nuestro territorio nacional. La batería solar es una de las partes más importantes, y que más desgaste sufre por el funcionamiento de las maquinas o cargas que drenan energía de ellas, para garantizar ciclos de carga y descarga numerosos, que comercialmente van desde 1000 a 3500 ciclos a ciertos porcentajes de uso, es importante utilizar una batería solar de calidad.

Para hacer un proyecto es importante analizar su tipo, ciclos y niveles de voltaje, generalmente se aconseja usar sistemas de alto voltaje para minimizar las pérdidas en el transporte de la energía desde ellas hasta los inversores, esto también aplica para los paneles fotovoltaicos e inversores de calidad por ejemplo los mppt.

## Tipos de baterías más usadas en energía solar

**Baterías Estacionarias:** estas baterías están compuestas por elementos de 2 voltios y alto amperaje, conectados en serie, por ejemplo si se quiere una batería estacionaria de 12 v, se compone por 6 elementos de 2v conectados en serie (aumento de potencial mientras se mantiene la corriente constante) y para una batería estacionaria de 24v se compone por 12 vasos de 2v, sus capacidades suelen estar comprendidas entre los 200Ah y más de 4000Ah lo que posibilita configurar bancos de acumulación solar de la tensión deseada y capacidades de acumulación en Ah suficientes para cualquier aplicación; se utilizan para aplicaciones de consumos medio-altos, así como en Sistemas de alarma y monitorización de centrales eléctricas,

Estaciones de distribución, Estaciones de ferrocarril, alumbrados de emergencia, señalización pública o sistemas fotovoltaicos de tamaño medio y grande de uso permanente. Permanecen largos períodos en flotación totalmente cargadas a un voltaje provisto por el fabricante con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y resisten profundas descargas esporádicas garantizando cierta autonomía en ausencia de fuentes generadoras. Su principal característica es la forma de las placas, separadores gruesos y rejillas con bajo uso de antimonio. Para cada proyecto es importante calcular autonomía para 3 días completos sin producción solar con el fin de garantizar hasta 8000 ciclos de carga y en ratios de descarga menor o iguales a 20% a una temperatura máxima de 55°C.



Ilustración 9 línea de baterías opzs

**Baterías Monoblock:** se utilizan principalmente en algunos sistemas de energía solar de entre pequeño, mediano tamaño y sin conexión a la red. Los podemos ver en algunos sistemas aislados de telecomunicaciones, repetidores, instalaciones de señalización en algunas zonas no interconectadas. Las baterías tipo monoblock están conformadas por un sólo bloque con dos terminales de conexión, uno positivo y otro negativo. Con tensión de salida de 6v o 12v y capacidades desde unos pocos amperios-hora hasta más de 800Ah Para aplicaciones donde se requiera mayor capacidad es recomendable utilizar baterías estacionarias

Tienen gran número de ciclos de carga/descarga y su vida útil va desde 7 a 10 años en ellas se produce gasificación con la carga y se necesita reponer de agua destilada para cubrir las placas de plomo.



*Ilustración 10 baterías trojan monobloque, sunfieldseurope-solar.com*

**Baterías de Gel:** Este tipo de acumulador para uso solar, telecomunicación y otros, incorpora un electrolito en gel de consistencia densa. Esto se logra agregando un agente gelificante al electrolito, como dióxido de silicio que es el más usado, logrando que este tipo de batería solar no tenga mantenimientos, no se riegue electrolito en el transporte donde no va en vertical, por lo cual pueden montarse en gabinete o plataforma en casi cualquier posición. Son ideales para instalaciones solares fotovoltaicas, donde los picos de consumo no son muy elevados, pero se necesitan profundidades de descarga moderados o elevados. La vida de las baterías GEL es muy parecida a las baterías AGM y son VRLA (Valve Regulated Lead-Acid Batteries); no requieren mantenimiento ni presentan fuga de gases y tienen gran estabilidad de salida de tensión frente a la temperatura.



*Ilustración 11 batería en gel ref.12-150 de 12v y 150 Ah C10*



*Ilustración 12 batería Narada, fututienda.com*

**Baterías AGM (electrolito absorbido):** El electrolito usado, se encuentra en una fibra de vidrio micro poroso o en un entramado de fibra polimérica que se ubica en el espacio entre medias de las placas de la batería. Con esto, se logra minimizar pérdidas lo que supone mejoras de rendimiento en ocasiones donde son necesarias corrientes muy elevadas en periodos de tiempo cortos. Además, tampoco se derraman al construirse selladas y pueden colocarse en cualquier posición.

Tienen Bajo porcentaje de auto descarga, pueden almacenarse durante largos periodos de tiempo sin necesidad de recarga (tienen un mínimo de degradación), aceptan corrientes de carga y descarga muy elevadas. Gran número de ciclos: Más de 500 ciclos al 50% de descarga, están reguladas mediante válvulas por lo tanto no requieren mantenimiento a igual que las de tipo gel, ni fuga de gases. Puesto que su resistencia interna es baja y buenos estándares de calidad, que las convierte en ideales para aplicaciones de elevada exigencia de corriente, como arranque de motores y vehículos de tracción que necesitan picos de corriente elevados, puesto que un motor o para romper su inercia requiere hasta 8 veces la cantidad de corriente nominal.





*Ilustración 13, Batería AGM POWER 12V 95 Ah. C100*

**Baterías de Arranque y Súper condensadores:** las baterías que se usan para arranque de motores de coches, camionetas y buses, deben tener una construcción especial debido a que están sometidas a descargas de corriente grandes en cortos periodos de tiempo, Posee alto número de placas conectadas en paralelo donde se reduce la resistencia interna, se usan separadores delgados y un electrolito de gran densidad, por ejemplo en camiones, en menos de 1 segundo, deben poder proveer cientos de amperios y tener la capacidad de recuperarse para todas las veces necesarias donde se requiera, no están unidas a otros componentes electrónicos generalmente. En cuanto a súper condensadores, se usaron en un inicio para regular el voltaje proveniente de paneles solares, y ahora debido a las más recientes investigaciones se crearon los Ultra Fast Carbon, son los nuevos ultra condensadores que prometen costes más bajos que otros dispositivos similares y cinco veces más potencia, como todos los supercondensadores, pueden cargarse y descargarse en segundos durante más de un millón de ciclos sin pérdida de rendimiento alguno. Por lo que pueden servir de apoyo a los sistemas basados en baterías pensadas para entregar energía durante largos periodos de tiempo que sufren drásticamente con los picos demandados en sistemas de refrigeración, herramientas eléctricas industriales, motores y maquinaria. Los supercondensadores almacenan energía en un campo eléctrico. Esto permite alcanzar velocidades de carga y descarga espectaculares (hasta 1.000 veces más rápidas) que las baterías. Y como no hay reacción química, sólo una separación física de protones y electrones, la tasa de carga no causa ninguna acumulación de calor o deformación del dispositivo [3]





*Ilustración 14 fast carbon ,nawatechnologies.com*



*Ilustración 15 ultrafast carbon, nawatechnologies.com*

**baterías de ion-Litio** : poseen excelente respuesta frente a descargas profundas y sin efecto memoria, por lo que se pueden descargar al 100%, están fabricadas con componentes muy ligeros que ha permitido formar acumuladores pequeños, de varias formas, ligeros y con rendimientos mucho más Su campo de aplicación es el de las instalaciones de autoconsumo con baterías. Una de las principales características de las baterías de litio es su elevada tensión de trabajo, de 350V a 450V con corrientes de descarga muy pequeñas, entre los 5 y 8 amperios lo que indica que pueden ofrecer entregar hasta 5kw de potencia de forma continua y unos 7kw de potencia pico, con tiempo de vida hasta los 22 años.



*Ilustración 16,BATERÍA SOLAR DE IÓN-LITIO FRONIUS DE 6 KWH*

## INVERSOR

### TIPO AISLADO

Estos inversores para aplicaciones no interconectadas, transforman la corriente continua que proviene del banco de baterías a 12v- 12v , 48V o 96 v en corriente alterna aprovechable en alimentar cualquier electrodoméstico o aparato a alterna que conectemos. El inversor debe ubicarse cerca del banco de baterías, ya que las intensidades que circulan entre estos dos elementos son las más elevadas de toda la instalación y el cableado es pesado, Algunos poseen configuraciones de trabajo automático, donde la electrónica del inversor mantiene censando la salida y si no hay ningún consumo conectado conmuta, reduciendo su consumo al mínimo, inversor de envía algunos pulsos de corriente alterna cada cierto tiempo para revisar si hay aparatos o cargas conectadas a energizar, su conexión es sencilla, y vasta con debe unir el borne negativo del banco de baterías con el del inversor, y de la misma forma el polo positivo con el positivo del inversor, a excepción de inversores con baterías de litio, donde algunos modelos tienen sistemas de comunicación, o si el inversor tiene posibilidades de programación a medida, el proceso se extiende.

### CAPACIDADES MÁS FRECUENTES DE INVERSORES EN BAJA POTENCIA

0,4KW	1KW	2,2KW
3KW	4 KW	5,5KW

### Principales Fabricantes De Inversores Alrededor Del Mundo

- GELA
- ABB
- HUAWEI
- SOLAX
- FRONIUS
- INGECON
- VOLTRONICPOWER



*Ilustración 17, Inversor Victron Phoenix solar 48V 5000VA*

## INVERSORES HÍBRIDOS

Los inversores híbridos nos permiten el uso de la red eléctrica convencional y el uso de baterías, convirtiendo su corriente continua a corriente alterna. Entregan una solución versátil y permiten fácil escalabilidad, su programación puede ser por panel frontal con botones de acceso a las características, o por comunicación con un software propietario Su uso es más apropiado en sitios donde no llega la red eléctrica o esta es de baja calidad. Este equipo integra las diferentes fuentes de energía y gestiona su uso dando prioridad a cada una, dependiendo de las necesidades y la generación, existen híbridos de inyección a red y de modo aislado, adicionalmente, cuentan en su gran mayoría, con controladores mppt desde el rango desde los 40 A hasta 80 A, algunos modelos pueden incorporar 2,3,4,5 o hasta 6 mppt en modelos de elevada potencia y para configuraciones de paneles a 2 aguas en tejados o terrenos que requieran múltiples orientaciones.



*Ilustración 18, Inversor SolaX XI Hybrid 4.6T HV 4600VA*

## SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SEGÚN SU CONEXIÓN O NO CONEXIÓN A RED CONVENCIONAL

### CONECTADO A RED

La energía producida por la instalación es consumida directamente, el restante es vendida a la compañía electricadora, se usan contadores bidireccionales para cuantificar el consumo y la energía excedente, la cual es pagada por la electricadora al precio establecido, como muestra la figura, este sistema precinde baterías, lo cual abarato el sistema de un 30% a 50% aproximadamente, pero lo hace vulnerable a cortes de luz a raíz de climas desfavorables en día y noche que pueda presentar la red externa.



Ilustración 19 sistema on grid ,qksol.com

### AISLADO

Este sistema utiliza baterías de ciclo profundo para Backus energéticos, por lo tanto su precio es alto en comparación a los sistemas de conexión a red, es importante que su dimensionamiento sea el apropiado para las cargas a alimentar, sus tipos, no se usan contadores bidireccionales ni básicos al no tener contrato con la electricadora, el sistema prevé autonomía para cierto tiempo requerido por el usuario que puede ir desde horas hasta semanas, ideal para fincas, sistemas de comunicaciones, escuelas rurales y zonas no interconectadas



*Ilustración 20 sistema aislado qksol.com*

## SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO

este sistema fotovoltaico nace con la finalidad de unir el suministro de electricidad externo que puede ser un grupo electrogeno o una electrificadora , con energia fotovoltaica, permite mejores factores de escalabilidad y gestion inteligente de las cargas a alimentar, Un Sistema Fotovoltaico de tipo Híbrido se basa en una solución económica y de calidad que garantiza un suministro eléctrico ininterrumpido para electrodomésticos, y todo tipo de aparatos eléctricos. Utiliza una técnica donde se logra combinar la red eléctrica convencional con las instalaciones de Energía solar mediante el uso de inversores de alta tecnología, que para Colombia su nombre técnico es inversor hibrido ups y diferentes métodos de implementación que cada fabricante desarrolla ya sea con o sin bancos de baterías según las necesidades y presupuesto del cliente.



*Ilustración 21, sistema hibrido, qksol (Barcelona). España*

## PRINCIPALES USOS DE SISTEMAS AISLADOS

Una instalación fotovoltaica por sí sola o en combinación con otras tecnologías de generación renovable, es adecuada para proporcionar energía eléctrica suficiente e ininterrumpida, esta idea de reducir impacto medioambiental se va trasladando a la movilidad, por ejemplo, y ciudades como París, Madrid, Barcelona y otras en el mundo, ya mediante leyes prohíben la circulación de automotores movidos por diésel y ciudades enteras ya hacen uso únicamente de fuentes eólicas y fotovoltaicas.

Tabla 1

<b>PRINCIPALES APLICACIONES ACTUALMENTE</b>
viviendas individuales
edificios públicos (hospitales, escuelas, clínicas, servicios veterinarios)
bombeo de agua
aplicaciones en agricultura
desalinización y purificación del agua
áreas turísticas
reservas naturales
alumbrado público y señalización luminosa
estaciones de telecomunicaciones
usos industriales
bases militares
aplicaciones portátiles

## CONTROLADOR DE CARGA

Las instalaciones de tipo fotovoltaico y algunas eólicas, requieren de un banco de baterías o acumuladores para poder almacenar los excedentes energéticos producidos donde el consumo no compagina con la generación, y luego se requiere su uso donde la demanda de energía supera a a la generación, o hay ausencia de generación, debido a nubosidad, días de escasa luz, época invernal o en horarios nocturnos, con esto, se hace necesario que exista un componente electrónico que controle la cantidad de energía que entregan los módulos fotovoltaicos y ajustar a valores de voltaje normalizados, para efectuar el proceso de carga y descarga de las baterías cuidando los limites mínimos y máximos para proteger la vida útil, garantizar el correcto funcionamiento de la instalación , evitar accidentes de sobrecalentamiento , algunos traen opciones de configuración debido al uso de distintas tecnologías de acumulación como el litio, donde es importante que se cumplan características especiales, a pesar de ser un componente económico en la instalación completa, es fundamental para cuidar a las baterías, que representan el mayor porcentaje de la instalación.



*Ilustración 22, Regulador MPPT 100V 50A Bauer.com con Bluetooth 12/24*

# SISTEMA FOTOVOLTAICO COMPLETO

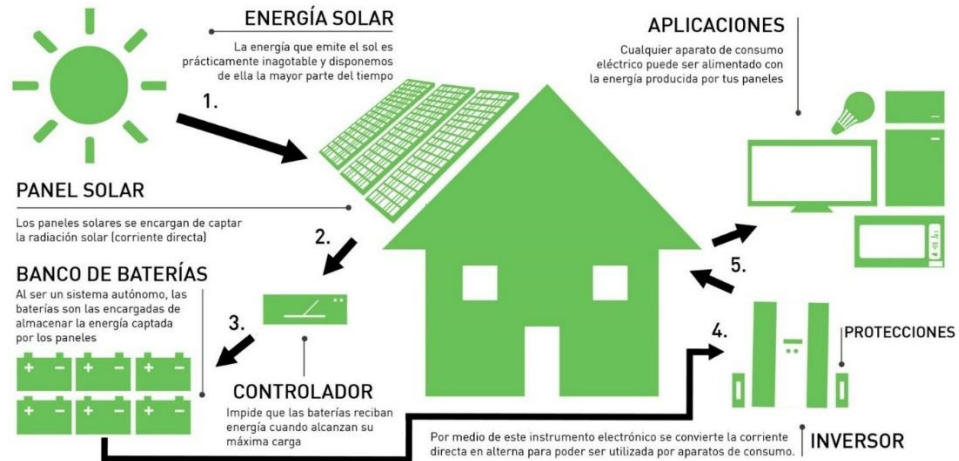


Ilustración 23 Tomada de <https://www.greendipity.co/qksol> (colombia)

## ACOTACIONES

El sistema para desarrollar es de tipo aislado, por lo cual no se usarán las opciones de un sistema híbrido que contempla la carga de baterías a partir de la red convencional sino exclusivamente de paneles solares.

No se usarán grupos electrógenos u otras fuentes generadoras

Los componentes usados pueden mejorarse con otros de mayores capacidades, debido a que se realizó el sistema para que funcione adecuadamente, usando un bajo presupuesto para mostrar que se puede masificar su uso y con ello tener suministro constante.



# NORMATIVIDAD COLOMBIANA EN ENERGIA SOLAR

## INSTALACIONES DE ENERGIA SOLAR CONFORME AL RETIE (NTC 2050)

El retie, reglamento técnico de instalaciones eléctricas de Colombia, reglamenta el usos de artefactos , aparatos y equipamiento electrónico destinado a realizar instalaciones eléctricas en Colombia, su repertorio técnico posee ítems para cada componente fotovoltaico, con lo cual es importante ajustarse a cumplir con los lineamientos para módulos generadores fotovoltaicos, baterías, protecciones eléctricas, cable resistente a la intemperie, controladores de carga y de más elementos según el entorno y especificaciones que requiera la instalación, la persona que está encargada de desarrollar una instalación, debe tener amplio conocimiento de estas normas y lineamientos, para certificaciones, para garantizar el correcto rendimiento y funcionamiento y por ultimo y no menos importante, preservar la vida de las personas que residen cerca a este tipo de instalaciones.

Anexo a lo anterior, algunos artículos importantes de aplicación que son base para el desarrollo adecuado de las instalaciones, que el gobierno colombiano ha dispuesto para reglamentar y orientar el aprovechamiento y la conexión de sistemas de energías de fuentes no convencionales.

Artículo 20.22: Paneles solares fotovoltaicos.

Artículo 28.3.10: Sistemas integrados y sistemas solares fotovoltaicos

Ley 1715 de 2014

Ley 155 de 2019 exenciones de IVA para Inversores para energía solar, paneles fotovoltaicos y Controladores de Carga.

RESOLUCION CREG 030 (principalmente aplicable a sistemas híbridos de inyección a red y sistemas on grid en cuanto a energía solar)

la Comisión de Regulación de Energía y Gas, mediante la Resolución 030 de 2018, regulan las actividades de generación a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional-SIN. Donde se definen las reglas que permiten a los usuarios conectarse al Operador de Red (OR) de manera fácil y sencilla, sea como auto generadores

o generadores distribuidos [13] teniendo en cuenta las disposiciones de la creg, es importante que las instalaciones cumplan con esta normativa, lo cual garantizará el correcto desarrollo del proceso de conexión a operadores.

## BENEFICIOS E INCENTIVOS TRIBUTARIOS DE INVERTIR EN ENERGIA SOLAR(APLICA SISTEMAS DE INYECCION A RED, HIBRIDOS Y AISLADOS)

Deducción especial en el impuesto sobre la renta: derecho a deducir en un período no mayor a 15 años hasta el 50% del proyecto en la renta líquida

Depreciación acelerada hasta 20% anual

La Exclusión de bienes y servicios de IVA

Exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión en proyectos con FNCE [13]

## SOLUCIONES DE ENERGÍA SOLAR DE BAJA POTENCIA PARA USO PRINCIPALMENTE RESIDENCIA ACTUALMENTE

### SISTEMA OFF GRID CON BATERÍAS

En el mercado colombiano se encuentran kits fotovoltaicos de baja potencia preensamblados o por partes, para soluciones desde 100wh/día hasta 8000wh/día aproximadamente, para iluminación, grabadora, televisión y otras cargas de medio consumo, por ejemplo



*Ilustración 24, Kit plus americafotovoltaica.com*

En este caso, vemos el uso de baterías de gel , controlador pwm ,inversor de onda modificada y panel solar policristalino, y protecciones eléctricas, todo ensamblado en un gabinete certificado retie con material galvanizado.

Precios de venta aproximados desde 570.000 pesos hasta 28 millones de pesos

## SISTEMAS HÍBRIDOS

En este caso, es importante recalcar, que este tipo de solución para electrificación puede combinar un respaldo, sea red eléctrica de electrificadora, o generación Diesel, con lo cual los mecanismos de bypass requeridos ya están acoplados en la electrónica del inversor y no se requiere de transferencias o bypass externos, la idea fundamental del sistema hibrido es hacer un ahorro eléctrico y entregar electricidad ininterrumpidamente.



*Ilustración 25 , sistema hibrido ,imperio casa de las energías renovables*

Precios aproximados de adquisición desde 7.800.000 pesos hasta 64.000.000 de pesos desde 2 kwh/día hasta 10kw h/día , incluyendo baterías gel tradicionales o gel en vasos de

2v para altas cantidades de corriente, o acumuladores en litio, posibilidades de monitoreo vía web y opción de inyección a red o híbrido sin inyección.

### Kits o sistemas on-grid residenciales

En la tecnología on grid en Colombia hay una amplia normativa que regula la conexión de estos sistemas a los puntos de conexión de los operadores de red del país y tan si el sistema va a entregar excedentes a la red o no, es importante y obligatorio hacer el reporte al operador de que se ha instalado un sistema que usa de referencia su señal y que cuenta con las protecciones de relé de flujo inverso o modos anti isla, protecciones de sobre frecuencia o sub frecuencia, protecciones de puesta a tierra , sobrevoltaje, diferenciales, entre otros, que requiera el operador de red , estén enmarcado en la normativas colombianas de electricidad, y cumplan con las certificaciones de instalaciones eléctricas del retie, se pudo ver, que en el mercado se encuentran kits y soluciones de fácil instalaciones, pero que en la mayoría de los casos no cumplen los estándares de calidad, certificaciones apropiadas ni, medidores bidireccional apropiados para los operadores.

### SISTEMA APROPIADO Y CERTIFICADO



*Ilustración 26, Tomado de ambientes y soluciones.com*

Adicionales protecciones eléctricas y demás elementos eléctricos requeridos con paneles con certificado vigente

## SISTEMA NO APROPIADO



*Ilustración 27 kit ongrid, energos.com*

Los elementos del sistema con cumplen con los estándares exigidos por el retie ni la creg, tampoco certificados vigentes

Los precios varían desde 7.000.000 de pesos en sistemas de 4kh/días, hasta 150 millones en sistemas de 45kw h para complejos residenciales.

# IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

## LOCALIZACION Y DESARROLLO

### SAN JOSE DEL GUAVIARE- GUAVIARE

El departamento del Guaviare es uno de los 32 departamentos que conforman nuestro país, su capital es la ciudad de San José del Guaviare, ubicado en la región amazonia, sus imites son: al norte con el departamento del Meta, al noreste con el departamento de vichada y al sur con Vaupés y Caquetá, su densidad poblacional es superior a 112.261 habitantes, según la proyección del más reciente censo de 2005 para estimar las cifras en 2020, Estimando una tasa de crecimiento de 3,04% anual. Sus municipios son: iniciando con su capital san José del Guaviare, el retorno, Miraflores y calamar, en todos se puede acceder por vía terrestre en la totalidad del año, a excepción de Miraflores que no es posible sino por vía aérea en temporada de lluvias. En cuanto a su relieve, predominan sus tierras planas de tipo llanura amazónica, a excepción de sus terrenos al norte, que se incluyen en los llanos orientales, en cuanto a sus unidades morfológicas, encontramos a altiplanicie, lomerío y planicie por sedimentos del rio Apaporis y Guaviare.

## CLIMA

En cuanto al clima del departamento es similar en sus municipios, por lo cual es correcto resumir sus indicadores de la siguiente manera al analizar los estudios de la compañía CEDAR LAKE VENTURES INC a su vez apoyados en los datos climatológicos de del re análisis de la época de satélites MERRA-2 de NASA para 2016: la duración de los veranos son fuertes y algo cortos, y, inviernos de corta duración y el resto de año el clima se torna húmedo, aunque recientemente, estos información basados en información se quedan algo atrás rápidamente por el efecto de calentamiento global y otros factores meteorológicos, actualmente los veranos se extienden a un número mayor de meses del año, igual que el invierno con precipitaciones fuertes con vientos, esto es fácilmente contrastable viendo las últimas inundaciones en riveras de los ríos arrasando con cultivos y otras actividades de campo, a esto se suma vientos que derriban muros y techos de las poblaciones con infraestructura de vivienda poco resistente, esto no se veía anteriormente.

## RADIACION SOLAR DE LA ZONA

En cuanto a la radiación solar de onda corta, que incide sobre la tierra, que recordemos que es la que proviene del sol al contrario de la radiación de onda larga que sale de superficie de la tierra hacia el exterior, y teniendo en cuenta que esta radiación incluye el espectro de luz visible y la radiación ultravioleta; la radiación de onda corta para san José del Guaviare, varía en un porcentaje bajo a lo largo de todo el año como se muestra en la siguiente grafica

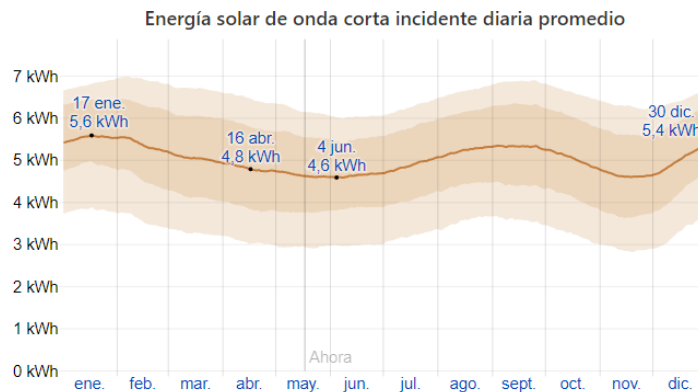


Ilustración 28, radiacion de onda corta, ideam

## CASO PRACTICO

Se pretende electrificar parte de una vivienda mediante un sistema fotovoltaico aislado situada en el municipio de san José del Guaviare, Guaviare, Localizada en una (latitud, longitud) = (2.558196, -72.639627). Esta instalación fotovoltaica autónoma será utilizada a lo largo de todo el año. Se debe tener en cuenta que la vivienda cuenta con un tejado sobre el que se instalarán los paneles, para realizar su sujeción y no intervenir con su fachada, que su techo está orientado con un azimut =40 ° e inclinación =15 ° respecto a la horizontal.

# DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

## CARGAS ELÉCTRICAS CONSIDERADAS

2 Smartphone Android

4 bombillos led 10w

1 router

1 computador portátil

1 televisor 24''

Iniciamos estimando el consumo diario que queremos cubrir en la vivienda, que se relaciona en la siguiente tabla. La información que se requiere para estimar el consumo diario es la potencia unitaria de cada carga y las horas de funcionamiento aproximadas de cada una de ellas. Es importante señalar que la lámpara ultravioleta para desinfección se usará en el día. De este modo reducimos la carga de trabajo que soportará la batería, realizamos la multiplicación de las cantidades de cargas por su

potencia nominal y multiplicamos por las horas de funcionamiento esto nos arroja el consumo por grupo de aparatos, una vez realizado esto, hacemos una sumatoria de los consumos kWh/día y obtenemos el consumo energético diario completo.

### Tabla de consumos AC

<b>cantidad</b>	<b>equipo</b>	<b>Potencia w</b>	<b>Horas de uso</b>	<b>Consumo total</b>
2	Samsung j2 prime	10	2	20
1	router	10	3	30
1	Computador portátil	30	1	30
1	Televisor 24''	50	1	50
		<b>Potencia instantánea 100% simultaneidad 110w</b>	<b>total</b>	<b>130wh/dia</b>



## TABLA DE CONSUMOS DC

cantidad	equipo	Potencia w	Horas de uso	Consumo total
4	Bombillo Fluorescente	15	5	300
		<b>Potencia instantánea 100% simultaneidad DC 60w</b>	<b>total</b>	<b>300wh/dia</b>

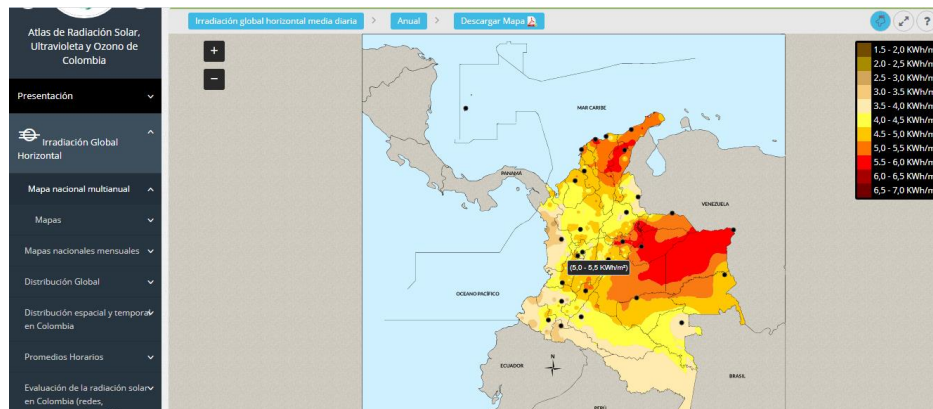
**Energía requerida al día**

$$ER = 0,430KW/DIA$$

## INFORMACIÓN DE RADIACIÓN PARA INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Usaremos el factor hsp que entrega el ideam , referencia para Colombia, de su atlas de radiación solar , ultravioleta y ozono de Colombia, ubicamos la información para la ubicación del sistema de energía solar aislado en san José del Guaviare (recordar que este parámetro es una campana de gauss donde este valor recoge la energía del día en una gráfica) manualmente, se puede calcular mediante integración. Por lo cual, no hace referencia una hora puntual, sino a una sumatoria de la radiación del día en kw/dia

### MAPA MULTIANUAL



*Ilustración 29, radiacion de onda corta, ideam*

Vemos que su rango de energía en kwh/día varía en un intervalo que inicia en 5 y se extiende hasta 5.5 y esto corresponde al mes de menor y mayor radiación solar respectivamente, para los cálculos usaremos el menor valor, con lo cual garantizaremos que en las peores condiciones climáticas de nubosidad y temporada de invierno el sistema responderá adecuadamente y sus componentes activos no se vean forzados en el uso.

## **RADIACIÓN**

$$\frac{5kwh}{DIA} = 5 HSP$$

Hsp a usar: 5

Esta igualación es posible por una convención normalizada para facilitar los cálculos fotovoltaicos en el Planeta

## **CALCULO PANELES SOLARES**

$$PS = ER/HSP$$

$$PS = \frac{430WH}{DIA} / \frac{5H}{DIA}$$

$$PS = 86W$$

Para garantizar un adecuado suministro por parte del equipo generador, utilizamos un Factor de 1,2

$$PScorregido = PS * 1,2$$

$$PScorregido \approx 100W$$

Lo cual indica que podemos escoger un panel monocristalino o policristalino de 100w y el sistema trabajará a 12v

## SELECCIÓN

La mejor opción rendimiento/precio conseguida resulta en paneles de tecnología mono cristalino de 100wp cada uno comprados en el mercado local de una empresa comercializadora e importadora, este panel cuenta con un alto rendimiento, posee mejoras para captación en bajas condiciones de luz, su vida útil supera los 30 años y posee certificaciones europeas de rendimiento y garantía.

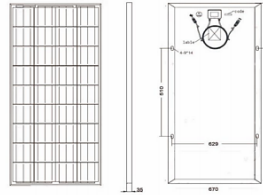
Es importante ver, que este panel solar se ubica entre paneles para sistemas de 12v y 24v, por lo cual el controlador pwm pierde un porcentaje de la energía generada, lo cual se puede solucionar de 2 maneras, poniendo un modulo de 80w, o si se quiere conservar la potencia de 100w, optar por la instalación de un controlador mppt, el cual tiene una eficiencia cercana al 99%, tiene un buen comportamiento a la temperatura ambiente que se maneja en la zona, posee una degradación lineal de su rendimiento y cuenta con certificación para instalaciones en Colombia.



*Ilustración 30, panel solar resun rsm 100 resun.com*

## Modulo RESUN RSM100M

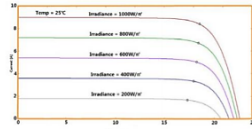
### PARÁMETROS ELÉCTRICOS PRINCIPALES



#### Electrical Data

STC	RSM100M
Nominal Maximum Power(Pmax)	100W
Optimum Operating Voltage(Vmp)	18.90V
Optimum Operating Current(Imp)	5.56A
Open CIRCUIT voltage(Voc)	22.1V
Short Circuit Current(Isc)	6.1A
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1000V(IEC/600V(UL))
Maximum Series Fuse Rating	15A
Application Classification	Class A
Power Tolerance	0 ~ + 5W

IV-Curves



#### Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45.0°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.43%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.055%/°C

#### Mechanical Data

Cell Type	Mono-crystalline 156.75 x104 mm,45 Bus bars
Cell Arrangement	36(4x9)
Dimensions	1020*670*25MM
Weight	9.8kg
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP67
Cable	4mm²(IEC)/12AWG(UL),1152mm
Connectors	MC4 or MC4 Compatible
Standard Packaging (Modules per Carton box)	2pcs
Module Pieces per container (40HQ)	2000pcs (40 HQ)

## SELECCIÓN DE ACUMULADOR

En cuanto a criterios de almacenamiento el acumulador soportará la iluminación, televisión, el router de banda ancha y la recarga de smartphones, la recarga de portátiles, periodo que corresponderá con la etapa de mayor radiación, por lo cual como no es constante en el día o la noche las horas de uso de los equipos, asumimos que su uso en las horas de la noche en un 60% para dimensionar las baterías.

$$ER_{baterias} = 0,6 * ER$$

$$ER_{baterias} = 258W$$

Se disponen de baterías comercialmente de fácil acceso en 12v , por esta razón y su economía, se elige esta , sumado también a que el sistema es de baja potencia, para consumo altos de viviendas completas, se opta por sistemas a 36v y 48 v.

$$C = \frac{258WH}{12V} = 21,5AH$$

Para garantizar que la batería tenga mayor duración en el tiempo, y que en ningún día se

quede sin entregar energía necesaria, se aumenta la energía y se usa una tasa de descarga de 70%

$$C = \frac{372WH}{12V} = 31AH$$

Considerando la eficiencia común de un inversor de onda modificada que es cercana al 85%, aumentamos el tamaño final del acumulador

Para este propósito la batería elegida es un arreglo de 2 baterías secas ciclo profundo de 12v y 18Ah cada una de tipo sellada sin mantenimiento



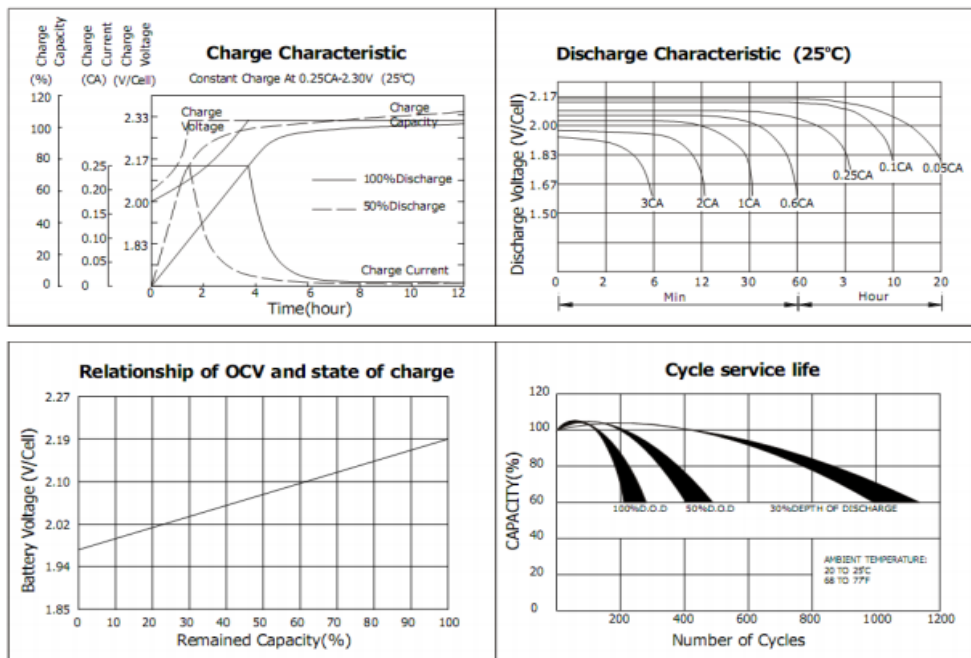
*Ilustración 31, fulibattery.net FL12180*

Voltaje nominal:	12v
Capacidad nominal:	18Ah
Dimensiones:	181x77x167mm
Peso:	5.2kg
Tipo de terminal:	T3/T12

# CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PRINCIPALES

## TECHNOLOGY PARAMETER

Battery model	FL12180			
Designed Floating Life	3~5 Years			
Capacity (25°C)	20hR(0.9A, 10.5V)	10hR(1.74A, 10.5V)	5hR(3.04A, 10.5V)	1hR(12.1A, 9.60V)
	18Ah	17.4Ah	15.2Ah	12.1Ah
Dimensions	Length	Width	Height	Total Height
	181.5±1mm	77±1mm	167±1mm	167±1mm
Approx. weight (±5%)	5.5Kg (12.1 lbs)			
Internal resistance	Full charged at 25°C: Approx. 15mOhms			
Self discharge	3% of capacity declined per month at 25°C (average)			
Capacity Affected by Temp.(20HR)	40 °C	25 °C	0 °C	-15 °C
	102%	100%	85%	65%
Charge Voltage (25 °C)	Cycle use		Float use	
	14.5-14.9V(-30mV/°C), max. Current: 5.4A		13.6-13.8V(-20mV/°C)	

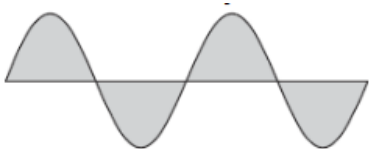
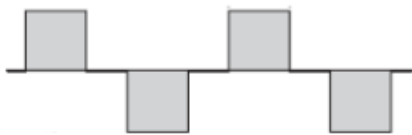


## SEGURIDAD DE BATERÍA Y TIEMPO DE VIDA

La serie de batería de GS (serie general) de FULI está diseñada con AGM (Absorbent Glass Mat) y es usada para aplicaciones generales como UPS, telecomunicaciones, usos eléctricos generales, etc. La vida útil de las baterías de capacidad inferior a 33Ah es 3~5 años; Esta serie de baterías cumple con las normas internacionales como IEC896- 2, BS6290- 4 y la norma de la Asociación de Fabricantes de Batería Eléctrica de Europea (tomado de <https://www.amvarworld.com/>)

## SELECCIÓN DE INVERSOR

En cuanto al inversor para pasar la energía de baterías a 110v 60hz, existen principalmente 2 tecnologías, en base a su comparativo seleccionamos el apropiado para este proyecto.

Senoidal(onda pura)	Onda modificada
	
No presentan distorsión armónica	Alto contenido de armónicos
Mayor costo y electrónica compleja	Muy bajo costo
Excelente en todo tipo de cargas	No apto para cargas inductivas, cargas de alta potencia o que requieran una excelente calidad de energía.

Como parámetro de diseño en el cual se basa principalmente la selección, es el valor de potencia nominal que demandan las cargas, asumiendo que todas funcionasen al mismo tiempo

cantidad	equipo	Potencia w
2	Samsung j2 prime	10
1	router	10
1	Computador portátil	30
1	Televisor 24''	50
		<b>Pot 100% simultaneidad AC 110w</b>

$$P_{inv} = 110w * 2 = 220w$$

La potencia del inversor con un factor adecuado de seguridad, este factor tiene en cuenta perdidas por bajo rendimiento de conversión de energía y otros que ocurran en esta etapa, la potencia necesaria alcanza los 340w, comercialmente encontramos un inversor de onda

Modificada de 450w nominales y 900w pico, marca WT



*Ilustración 32 inversor fase modificada 450w WT*

## SELECCIÓN DE REGULADOR

Se requieren cumplir con 2 condiciones principalmente, que la corriente que soporta el controlador sea superior a  $I_{sc}$  del panel fotovoltaico, y que trabaje en el voltaje de sistema seleccionado, para este caso es 12v/24v, al revisar en el mercado, encontramos un regulador con estas características, capacidad para programar los valores de carga y descarga de la batería, flotación entre otros

$$I_{sc}=6.1A$$

$$V_{oc}=22.1V$$





Ilustración 33, regulador pwm 10 A

Regulador pwm 10A , soporta voltaje 12v y 24v, que sea PWM da a entender que su eficiencia es relativamente baja, cercana a 85% a un así el regulador supera por mucho los valores requeridos.

## CONDUCTORES Y CONECTORES

### SEGMENTO PANELES A REGULADOR

IPSMAX= 10A

El equipo generador compuesto por el panel de 100w, en su ISC máxima reporta 7 amperios, por lo cual en la tabla AWG para instalaciones fotovoltaicas de centelsa para Colombia se selección a partir de la corriente máxima entregada por el panel, más un porcentaje de holgura, para evitar sobrecalentamiento y daños a corto y largo plazo, Según la medición en el área de instalación, se determinó usar 6 metros de cable para instalaciones fotovoltaicas de la marca CENTELSA calibre 10, con protección para intemperie que incorpora dos hilos para positivo y negativo

### SEGMENTO BATERÍAS A REGULADOR

Se usa un conductor de igual sección transversal calibre 10, para garantizar el correcto flujo de energía hacia las baterías

## SECCIÓN DE BATERÍAS A INVERSOR

La máxima corriente que se drenará desde las baterías resulta a partir de la máxima corriente nominal, en el momento de 100% simultaneidad de trabajo en las cargas eléctricas a alimentar, por lo cual Debido a que el sistema no contempla cargas inductivas se puede aplicar la ley de ohm de

Y se realiza un cálculo para el sistema a 110v AC y el sistema 12v Dc

**Potencia instantánea 100% simultaneidad AC 110V = 110w**

$$I=p/v$$

$$IAC=110W/110w$$

$$IAC=1A$$

Para este uso, se usan conductores de calibre 20 en adelante que puedan transmitir esta corriente adecuadamente, el conductor seleccionado es cable eléctrico con calibre 12 que soporta 9.3 amperios que tiene una sección transversal muy común en sistemas eléctricos domiciliarios.

## SEGMENTOS ELÉCTRICOS DE INSTALACIÓN DOMICILIARIA

Según las mediciones, se requirieron 20 metros de cable 7 hilos para instalaciones domiciliarias o dúplex, considerando la baja carga eléctrica a alimentar.

## TUBERÍA

Para cubrir los tramos de la vivienda y energizar la bombillería necesaria, se requieren tubos de ½ pulgada en Conduit , para instalaciones eléctricas o tubería Emt

## OTROS ACCESORIOS

7 curvas de Conduit de ½ pulgada

4 rosetas cerámicas o plásticas

4 bombillos 12v/24v DC

1 tomacorriente doble

1 tomacorriente sencillo

## PROTECCIONES ELÉCTRICAS MINIMAS

Breaker térmico para desconexión de baterías

Breaker térmico para desconexión de panel solar

Protección de puesta a tierra con varilla coperwell

Es importante agregar a este sistema en futuras actualizaciones para ampliación de la potencia instalada o mayores cargas eléctricas los siguientes elementos de protección que no están considerados para ajustarse al presupuesto, sin dejar de lado los elementos básicos para su correcto funcionamiento

## ESQUEMA SOLAR



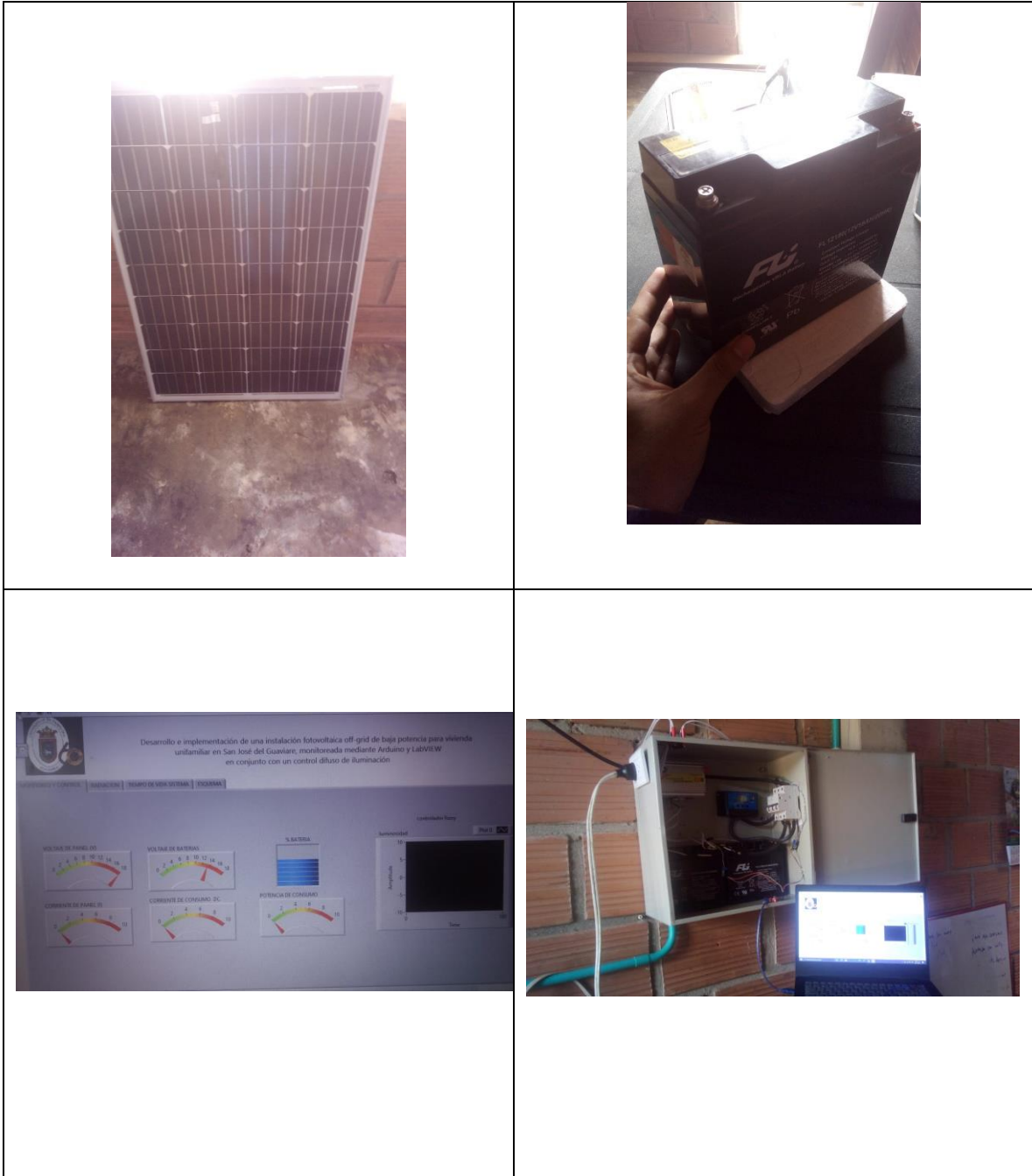
*Ilustración 34 esquemático conexiones*

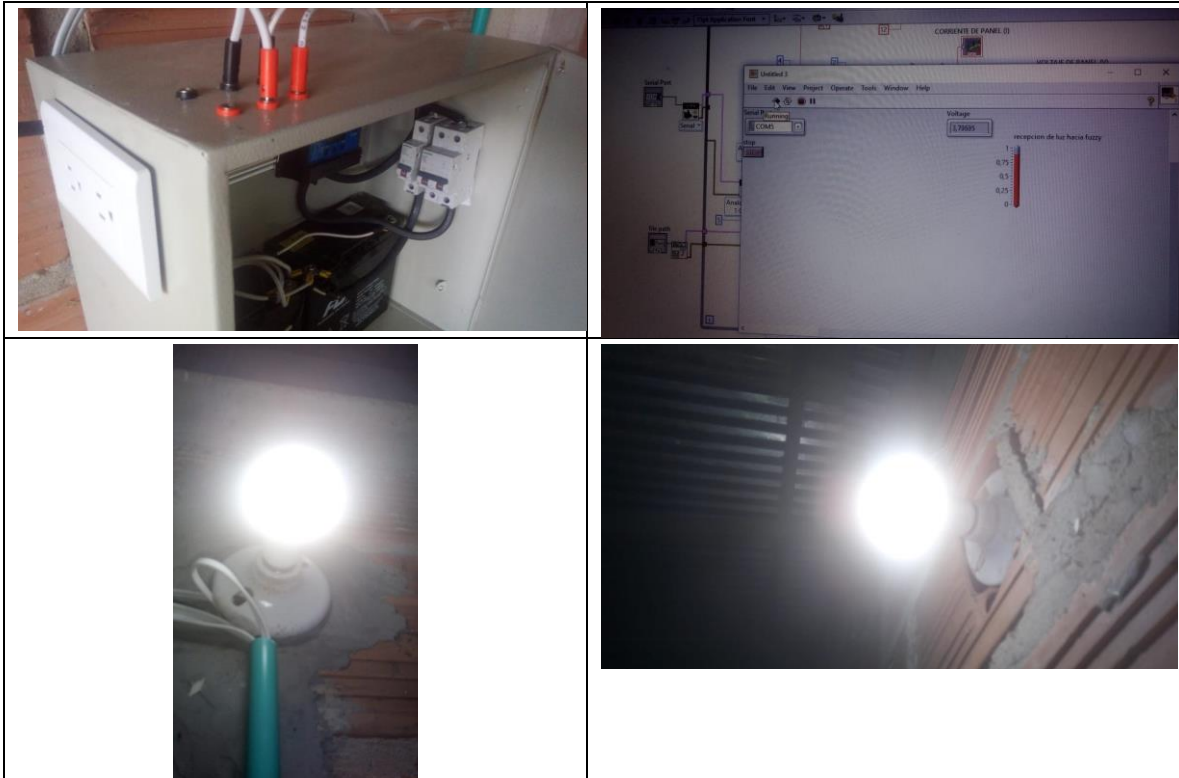
## COSTOS

articulo/equipo	cantidad	precio und	total
panel solar 100w	1	280000	280000
controlador de carga pwm 10A	1	78000	78000
batería gel 12v 18ah	2	135000	270000
inversor onda modificada 450w	1	150000	150000
breakers termomagnéticos ac/dc	2	24000	48000
gabinete galvanizado	1	90000	90000
cable fotovoltaico centelsa (metros)	12	4000	48000
borneras hembra	3	600	1800
borneras macho	3	600	1800
interruptor doble	1	3500	3500
rosetas	3	3000	9000
tubería Conduit	3	4000	12000
bombillería 12/24v	3	11000	33000
Arduino uno	1	27000	27000
sensores efecto hall	3	7600	22800
		<b>Total inversión</b>	<b>\$1.074.900</b>

# RESULTADOS

## IMÁGENES DE INSTALACIÓN





## PARÁMETROS DE SENSORES DE EFECTO HALL

Max Intensidad	Sensibilidad	Tensión salida	Resolucion
±5A	185 mV/A	1,575V a 3,425V	26mA
±20A	100 mV/A	0,5V a 4,5V	49mA
±30A	66 mV/A	0,52V a 4,48V	74mA

*Ilustración 35 sensibilidad de sensores*

### FORMULA USADA SEGÚN LA SENSIBILIDAD

$$V = 2.5 + K \cdot I \Rightarrow I = (V - 2.5)/K$$

Debido a que se usaron sensores de 20 A, se trabajó con 100mV/A en las operaciones para leer los valores de corriente tanto de panel, como de consumo

## DIAGRAMA -PROGRAMACION COMPLETA LABVIEW

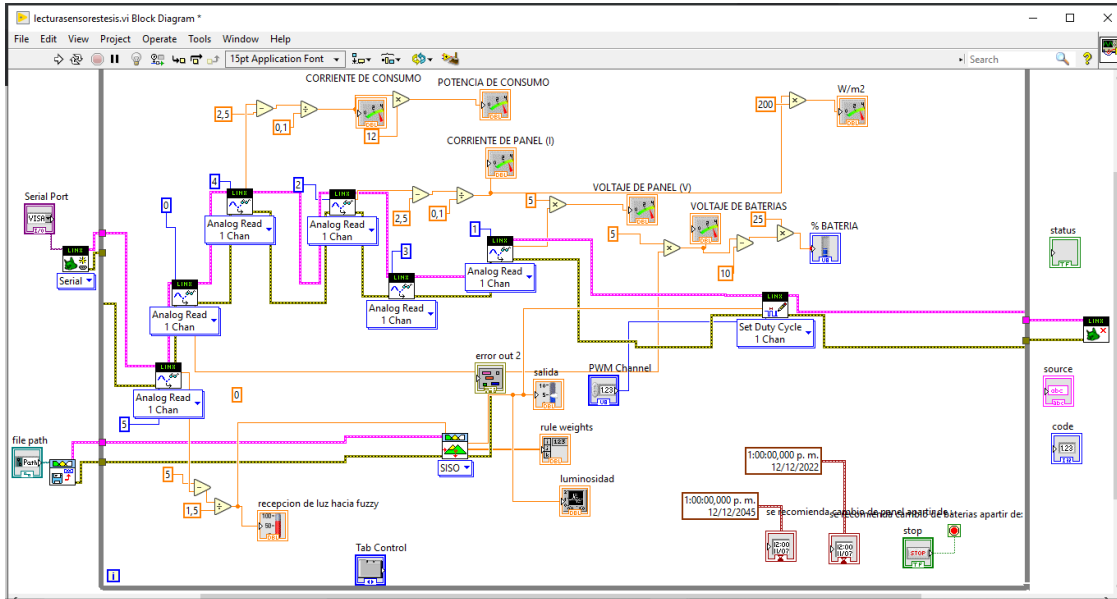


Ilustración 36 esquema completo de programacion

## SUPERFICIE DE CONTROL

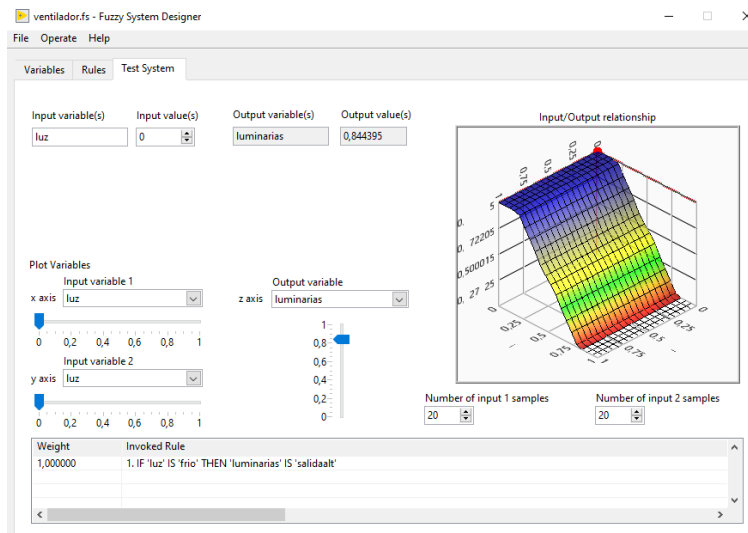
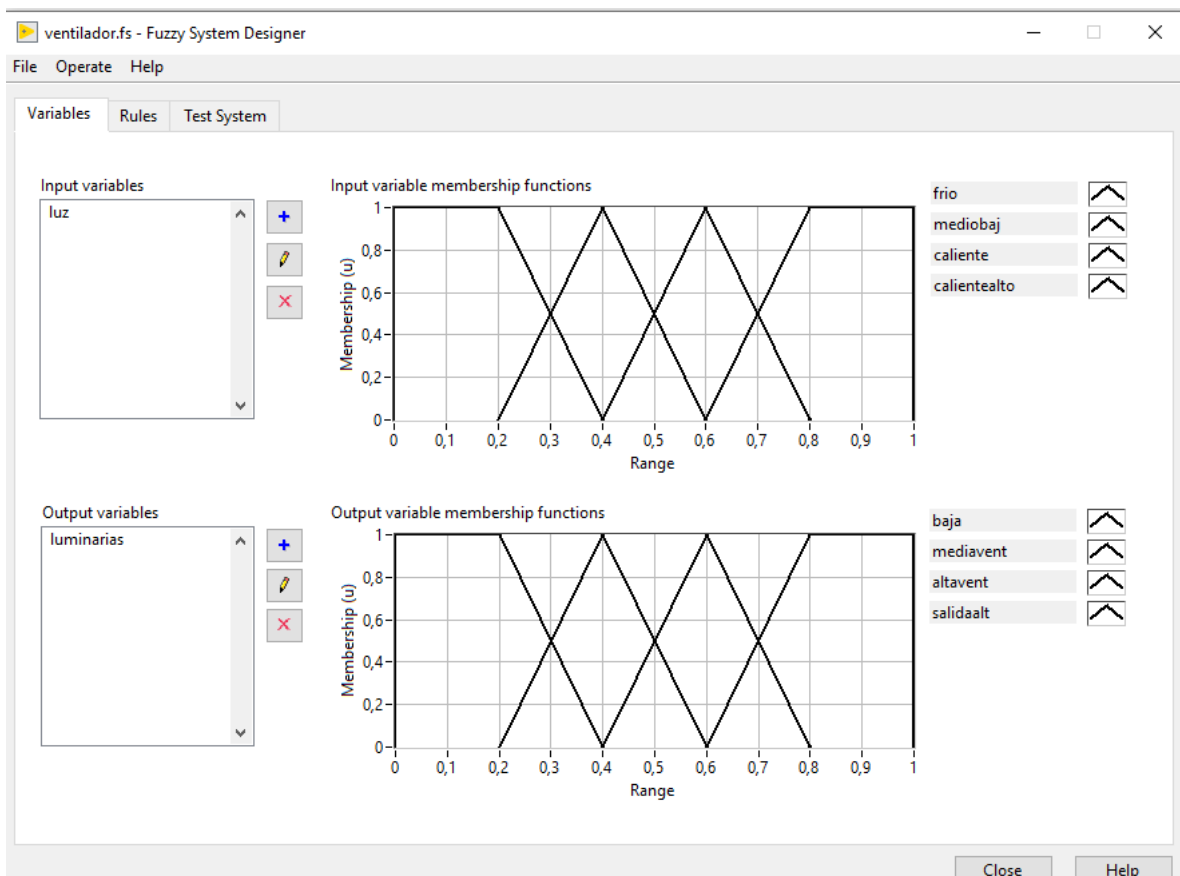


Ilustración 37 superficie generada

## VARIABLES

El tipo de superficies triangulares o trapezoidales se realizan respetando los cortes entre graficas para garantizar que en cada segmento del dominio de la variable el peso de cada regla suma un total de 1 es que valor requerido en conjunto



*Ilustración 38 funciones de membresía*

Es importante ver que el sistema difuso, usa lógica de la persona que mediante el conjunto de reglas difusas de comportamiento, al tener 4 funciones de membresía en la entrada y la salida, el numero de reglas apropiado es de 4



## INTERFACES

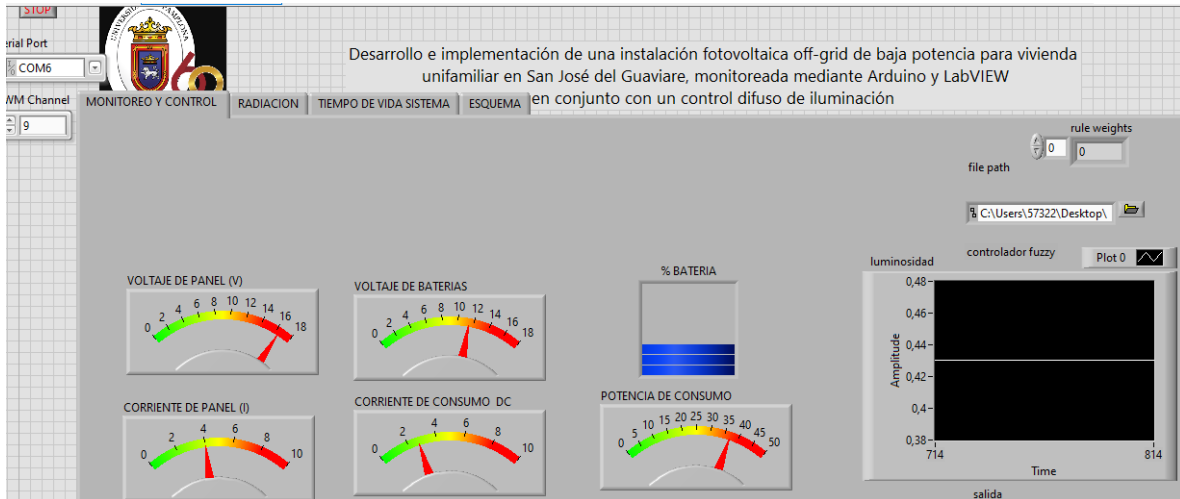


Ilustración 39 sensores -mediciones

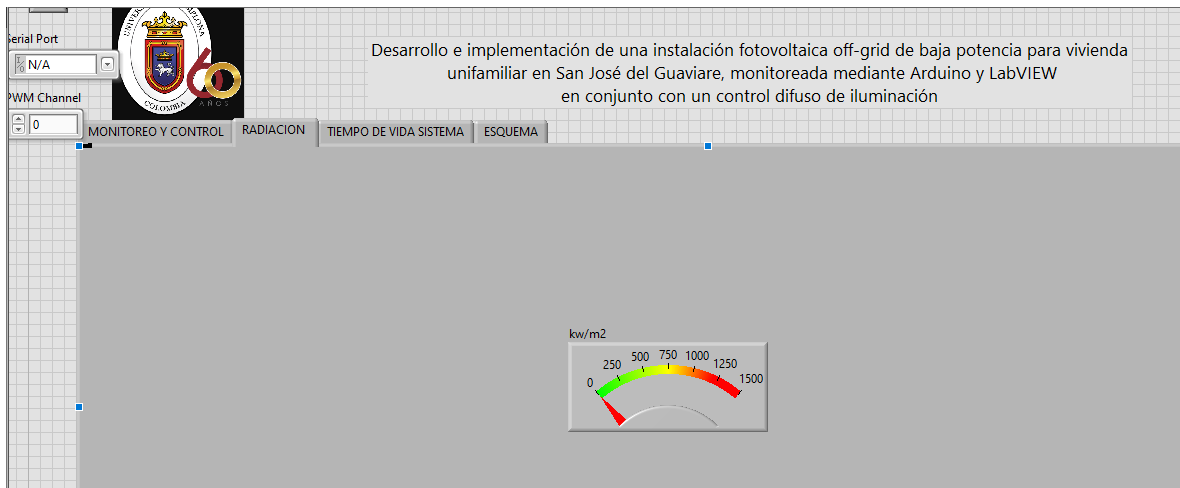
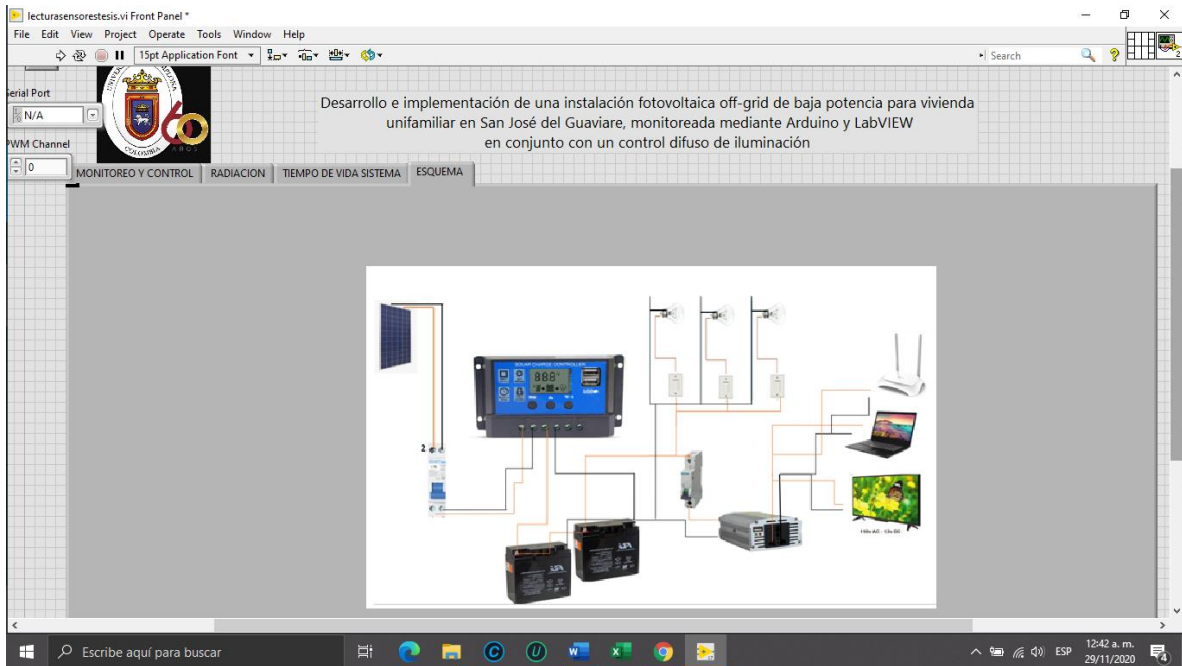
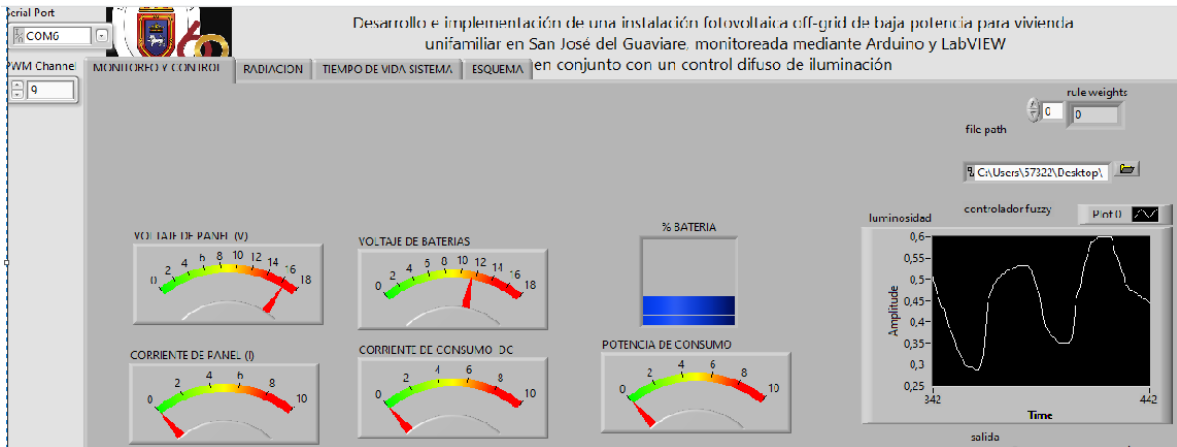


Ilustración 40 radiacion estimada por salida de corriente



*Ilustración 41 esquema de conexión sistema aislado*

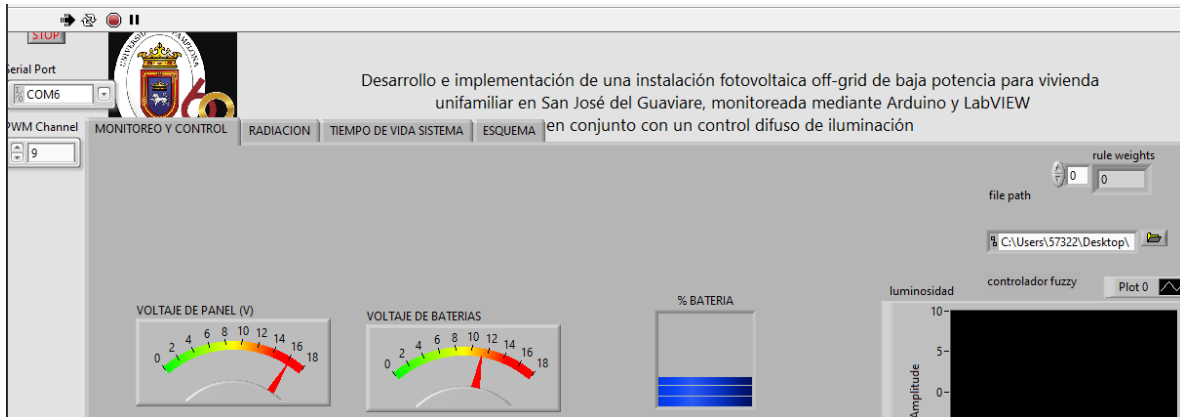
## RESPUESTA DEL CONTROLADOR FUZZY A CAMBIOS ABRUPTOS DE LUZ AMBIENTE



*Ilustración 352 respuesta del sistema a un cambio de luz inmediato*

## DATOS DE SISTEMA EN LLUVIA

### ALTO VOLTAJE, BAJA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA



*Ilustración 363 respuesta del sistema a baja luz ambiente*

Es importante ver, que el voltaje del panel, decrece con la radiación, y aumentan con las condiciones climatológicas desfavorables de baja luz.

## ANÁLISIS

En el proyecto se encuentra que el sistema reacciona adecuadamente y soporta las cargas eléctricas que debe alimentar, en la práctica, se pudo evidenciar ver, que el arreglo fotovoltaico en 4 horas a 5 horas y media según los niveles de luminosidad genera la energía completa para recargar las baterías de inicio a fin sin consumo, en los días que se pudo comprobar su rendimiento

Hubo periodos largos de lluvias y vientos fuertes, pero los anclajes mecánicos, sobredimensionamiento de la generación y sumado a la utilización paneles monocristalinos de la mejor calidad, se cuenta diariamente con la energía requerida,

En cuanto al desempeño del sistema de control de iluminación difuso diseñado, sintonizado y utilizado usando LabVIEW, cada regla de inferencia y actúa rápidamente para llevar al ambiente que se desea iluminar con la bombillería adecuada a 12v/24V, hay que tener en cuenta que los cambios de luminosidad no son abruptos en la mayoría de los casos

## AHORRO ENERGÉTICO Y SU EQUIVALENCIA EN DINERO



Precio Energuaviare Sa. Esp 570 pesos/kW

Diario

0,430 kW equivalente a 245,1 pesos

Mensual

13,33 kW equivalente a 7598.1 pesos

Ahorro Anual aproximado

159.96kw

91.177 pesos

Es importante ver el ahorro anual, que representa aproximadamente un 8 % del valor total del proyecto, porcentaje que año a año se elevará por el aumento del precio del kW de la electrificadora.

## REDUCCIÓN DE EMISIONES EN ELECTRIFICADORA

Con la implementación de este proyecto, según la consulta con la matriz energética colombiana para medir la huella de co2, anualmente con 26,29kg que dejan de emitirse a la atmosfera tomando el factor la razón de 164,38 gramos por kW

## OTROS BENEFICIOS

- Para la vivienda, como se evidencia anteriormente, representa un ahorro de dinero mensualmente en el recibo de energía, y gran parte de sus necesidades energéticas totales son cubiertas, por lo cual en días de fallas eléctricas de la electrificadora siempre se contará con suministro, sumado a que la vivienda indirectamente subirá su valor comercial por contar con energía solar.
- Por otro parte, dentro del proyecto se contempló y desarrollo la Automatización de la iluminación mediante control difuso, por lo cual la vivienda contará con iluminación adecuada en los horarios de uso.

## FUTURAS AMPLIACIONES

El controlador de carga soporta más corriente de paneles antes de llegar a su límite, de igual forma, es importante optar por un controlador de 30 A para instalaciones mayores, o su valor calculado y usar tecnología mppt, en cuanto a inversor, está limitado a cargas de máximo 450w con salida de onda modificada, se podría cambiar por un inversor onda pura, en el mercado de encuentran desde 600w, la etapa de protección eléctrica tiene margen para escalar el sistema , en cuanto a baterías, para cargas mayores y autonomías más prolongadas, se puede invertir en baterías de 100 A 12 v en adelante, a precios de 630.000 pesos aproximadamente.

## CONCLUSIONES

- Es importante que se masifique el uso de las energías de fuentes no convencionales como lo es la energía solar para reducir la huella de carbono por implementar tecnologías de combustibles fósiles
- Se comprendieron los conceptos de la energía solar, dimensionamiento de sistemas e instalación que conllevo a agilizar el tránsito hacia el entorno laboral y ejecución de proyectos
- El uso del software LabVIEW, fue fundamental para implementar un control fuzzy mediante Arduino si se quiere disponer de un entorno grafico amigable a su vez que posibilita el desarrollo de interfaces graficas para supervisión
- la normativa colombiana enmarcada por la CREG 030 y leyes asociadas, deben ser apropiadas por la comunidad académica, con el fin de impulsar los desarrollos que requiere el sector de la energía solar en Colombia en base a la autogeneración a pequeña escala y generación distribuida
- Para cada tipo de proyecto existe un tipo de instalación que más se ajusta a los requerimientos, fue importante tener claro, la complejidad y gastos para materiales con el fin de tener una medida de rentabilidad
- La energía solar ha sido y es fundamental para zonas donde el fluido eléctrico es deficiente, en la zona donde se ubicó el sistema, son constantes los cortes de energía ,donde el sistema off-grid resultó oportuno y fiable.
- Al ver los costes de un sistema aislado y tiempo de vida de componentes, la implementación de la tecnología de inyección a red , que poco a poca va reglamentándose en nuestro país, y que será el futuro de los sistemas de autoconsumo debe impulsarse rápidamente y masificarse.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] EFE verde, (2016), Contaminantes habituales en el aire, INCENDIO NEUMÁTICOS, <https://www.efeverde.com/noticias/se-mide-la-contaminacion-del-aire/>

[2] Sunfields Europe,(2015), Santiago de Compostela (España), Tipos de paneles fotovoltaicos según su tecnología, <https://www.sfe-solar.com/paneles-solares>

[3] nawatechnologies,(2019), Rousset Cedex – FRANCE, Supercondensadores de carbono sostenibles más baratos y cinco veces más potentes que los actuales, <http://www.nawatechnologies.com>

[4] Anna Garwood, (2005),Energía solar: The rising solar solution in rural Latin America, Volume 6, Issue 3,Pages 32-34,ISSN 1471-0846,[https://doi.org/10.1016/S1471-0846\(05\)70397-8](https://doi.org/10.1016/S1471-0846(05)70397-8).

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1471084605703978>)

[5] Soluciones energéticas Con sistemas off-grid. (Sin fecha) (Serravalle - Republic of San Marino). The power of solar, Electrificación con sistemas aislados, [Tabla 1]. Recuperado de: Soluciones energéticas con sistemas off-grid, <http://www.astechnology.sm/admin/download/1378716060.pdf>

[6] Miguel Alonso Abella, sistemas fotovoltaicos (2005), CIEMAT, Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas, laboratorio de energía solar fotovoltaica, PVlabDER

[7] Specifications, raspberry pi 3 model B, (2016), <https://www.raspberrypi.org>

[8] Tagle, Pablo & Duque-Rivera, Jorge. (2011). Diseño preliminar de un sistema híbrido de suministro de energía doméstica para una comunidad aislada en base al modelado en el software homer.

[9] Corral, C. P., Villalba, L. A. G., Caberta, R. Ñ., & Valenzuela, R. A. (2016). Diseño de un sistema

Híbrido eólico solar para suministro de energía eléctrica a zona rural en el estado de Chihuahua.  
CULCyT

[10] Díaz-Rodríguez, J., Pabón-Fernández, L., & Pardo-García, A. (2012). Sistema Híbrido de Energía Utilizando Energía Solar y Red Eléctrica. *Lámpsakos*, 0(7), 69 – 77, <https://doi.org/10.21501/21454086.846>

[11] Cruz Rodríguez, Diego Alejandro, (2017), Diseño de un sistema de generación de energía renovable híbrido para alimentar una nano planta de cerveza artesanal, innovación, Universidad Santo Tomás tesis de maestría, <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/4888>

[12] José María Hernández García, (2016) Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial-Cartagena, INSTALACIÓN HÍBRIDA FOTOVOLTAICA-GRUPO ELECTRÓGENO PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE RIEGO AGRÍCOLA

[13] Enel, Resolución CREG 030 , <https://www.enel.com.co/es/personas/vender-energia-electrica.html>