

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE MÓDULOS SOLARES
FOTOVOLTAICOS PARA UN AIRE ACONDICIONADO HIBRIDO

VÉLEZ PABÓN JAYSON
FERNÁNDEZ CHAVERRA FABIÁN DE JESÚS
GÓMEZ CARDONA JOAN ANDRÉS

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN

2016

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE MÓDULOS SOLARES
FOTOVOLTAICOS PARA UN AIRE ACONDICIONADO HIBRIDO

VÉLEZ PABÓN JAYSON

FERNÁNDEZ CHAVERRA FABIÁN DE JESÚS

GÓMEZ CARDONA JOAN ANDRÉS

Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Electricista

Asesora

Mónica Isabel Narváez Patiño

Ingeniera Electricista

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2016

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, 21 de enero de 2016

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a las personas que nos brindan su amor, amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de nuestras vidas. Algunas están aquí con nosotros, y en nuestro recuerdo y corazón quedaran para siempre aquellas que han partido a un mundo mejor.

Sin importar donde se encuentren o si alguna vez llegasen a leer estas líneas, quiero darles las gracias por formar parte de nuestras vidas, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

A las personas que más amamos, por llenar de alegría nuestras vidas, por el apoyo incondicional.

Al más especial de todos a ti DIOS porque todos los días nos llenas de bendiciones e hiciste posible que este esfuerzo se hiciera realidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de grados se ha podido realizar, gracias a la colaboración y ayuda de personas que laboran en el área que hemos abordado. A ellos, mil gracias.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, la confianza y paciencia que nos brindaron a lo largo de esta carrera, en especial en los últimos meses de arduos trabajos.

Un agradecimiento a los profesores, que interactuaron durante nuestro proceso, por su entrega, experiencias y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Un especial agradecimiento a la docente Mónica Isabel Narváez Patiño, por aceptar ser la tutora de este trabajo y brindarnos su apoyo y paciencia a lo largo del desarrollo del mismo.

A nuestros compañeros de clases, por ser personas tan especial y paciente. Mil y Mil Gracias a todos ustedes y que Dios los bendiga.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACION	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 . OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1 HISTORIA.....	18
4.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	19
4.3 FUENTE DE ENERGÍA SOLAR	20
4.4 PROPAGACION DE LA RADIACION SOLAR.....	21
4.5 DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE LA RADIACIÓN SOLAR.....	22
4.6 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	23
4.7 SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	24
4.8 FUNCIONES FUNDAMENTAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	25
4.9 PARTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	25
4.9.1 LA CÉLULA SOLAR.....	26
4.9.2 MODULO FOTOVOLTAICO	28
4.10 EL GENERADOR FOTOVOLTAICO	31
4.11 ENERGIA PRODUCIDA POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO	33
4.12 LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	33
4.12.1 SISTEMAS CONECTADOS A LA RED (GRID CONNECTED) .	34
4.12.2 SISTEMAS AISLADOS (STAND ALONES).....	34
4.13 MARCO DE VIDRIO Y ALUMINIO.....	36
4.14 TIPO DE MÓDULOS VOLTAICOS	36
4.15 POTENCIA.....	37
4.16 POTENCIA DE LA CÉLULA SOLAR	37
4.17 EL COLECTOR SOLAR	37

4.18	BATERÍAS	38
4.19	REGULADOR O CONTROLADOR DE CARGA	40
4.20	EL INVERSOR.....	40
4.21	COSTES Y PERSPECTIVAS DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA..	41
4.22	AIRE ACONDICIONADO HIBRIDO	41
5.	METODOLOGÍA	44
5.1	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICO	44
5.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO (DESCRIPTIVO).....	44
6.	RESULTADOS.....	45
7.	CONCLUSIONES	53
8.	RECOMENDACIONES.....	54
	BIBLIOGRAFÍA	55
	CIBERGRAFÍA.....	56

TABLA DE FIGURAS

FIGURA 1. Diagrama cualitativo del flujo de energía.....	21
FIGURA 2. Estructura solar.....	22
FIGURA 3. Absorción Atmosférica de la radiación.....	23
FIGURA 4. Conversión fotovoltaica de la energía solar.....	24
FIGURA 5. Célula fotovoltaica	26
FIGURA 6. Partes del módulo fotovoltaico.	29
FIGURA 7. Recubrimientos de un módulo fotovoltaico.....	30
FIGURA 8. Módulos fotovoltaicos.	30
FIGURA 9. Módulos fotovoltaicos ensamblados	31
FIGURA 10. Tipos de inversores.	32
FIGURA 11. Esquema de funcionamiento de un generador fotovoltaico	35
FIGURA 12. Partes de un aire acondicionado hibrido	42
FIGURA 13. Ubicación de los paneles solares (fotovoltaicos).....	45
FIGURA 14. Paneles solares acoplados	46
FIGURA 15. Modulo solar.	47
FIGURA 16. Micro inversor enphase	48
FIGURA 17. Micro inversores instalados.....	48
FIGURA 18. Partes del anclaje.	49
FIGURA 19. Cable.....	51
FIGURA 20. Terminal	51
FIGURA 21. Herramienta de Desconexión.....	51
FIGURA 22. Elementos de conexión.	52
FIGURA 23. Paneles instalados en sitio designado.....	52

GLOSARIO

ACUMULADOR: Elemento de instalación capaz de almacenar la energía eléctrica, transformándola en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o en paralelo.

AMPERIO-HORA: Unidad usada para especificar la capacidad de una batería.

BALANCE OF SYSTEM (BOS): Representa el resto de componentes del sistema, añadidos a los módulos fotovoltaicos.

BATERÍAS: Acumulan la energía que reciben de los paneles. Cuando hay consumo, la electricidad la proporciona directamente la batería y no los paneles.

DIODO DE BLOQUEO: Diodo que impide que se invierta la corriente en un circuito. Normalmente es usado para evitar la descarga de la batería.

CAJA DE CONEXIONES: Elemento donde las series de módulos fotovoltaicos son conectados eléctricamente, y donde puede colocarse el dispositivo de protección, si es necesario.

CÉLULA FOTOVOLTAICA: Unidad básica del sistema fotovoltaico donde se produce la transformación de la luz solar en energía eléctrica.

CENTRAL FOTOVOLTAICA: Conjunto de instalaciones destinadas al suministro de energía eléctrica a la red mediante el empleo de sistemas fotovoltaicos a gran escala.

CONCENTRADOR: Dispositivo que mediante distintos sistemas, concentra la radiación solar sobre las células fotovoltaicas.

CONTROLADOR DE CARGA: Componente del sistema fotovoltaico que controla el estado de carga de la batería.

CONVERTIDOR: elemento de la instalación encargado de adecuar la tensión que suministra el generador fotovoltaico a la tensión que requieran los equipos para su funcionamiento.

DIMENSIONADO: Proceso por el cual se estima el tamaño de una instalación de energía solar fotovoltaica para atender unas necesidades determinadas con unas condiciones meteorológicas dadas.

INTEGRACIÓN EN EDIFICIOS (BIPV): Término que se refiere al diseño e integración fotovoltaica en el desarrollo de edificios, normalmente reemplazando los materiales que convencionalmente se emplean en los edificios.

EFEECTO FOTOVOLTAICO: Conversión directa de la energía luminosa en energía eléctrica.

EFICIENCIA: En lo que respecta a células solares es el porcentaje de energía solar que es transformada en energía eléctrica por la célula. En función de la tecnología y la producción técnica, éste varía entre un 5% y un 30%.

ELECTROLITO: En el caso de las baterías empleadas en sistemas fotovoltaicos, es una solución diluida de ácido sulfúrico en la que se verifican los distintos procesos que permiten la carga y descarga de la batería.

FOTÓN: Cada una de las partículas que componen la luz.

FOTOVOLTAICO (FV): Relativo a la generación de fuerza electromotriz por la acción de la luz.

GENERADOR: Conjunto de todos los elementos que componen una instalación fotovoltaica, necesarios para suministrar energía a las distintas aplicaciones. Transforma la energía del Sol en energía eléctrica y carga las baterías.

INCLINACIÓN: Ángulo que forma el panel fotovoltaico con una superficie perfectamente horizontal o a nivel.

INVERSOR: Transforma la corriente continua que suministran las baterías o los paneles en corriente alterna para su uso en diferentes electrodomésticos o aplicaciones, tanto en sistemas aislados como en sistemas conectados a red.

KILOVATIO (KW): Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.

MÓDULO O PANEL FOTOVOLTAICO: Es el conjunto formado por las distintas células fotovoltaicas interconectadas, encapsuladas y protegidas por un vidrio en su cara anterior y por un marco por los laterales. El módulo está provisto de terminales para su conexión a la instalación.

NOMINAL OPERATING CELL TEMPERATURE (NOCT): Temperatura a la que trabaja una célula en un módulo bajo las Condiciones de Operación Estándar, que es de 20° Centígrados de temperatura ambiente, irradiación de 0.8 kW/m² y velocidad media del viento de 1 m/s, con el viento orientado en paralelo al plano de la estructura y todos los lados de la estructura totalmente expuestos al viento.

RADIACIÓN SOLAR: Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados.

RENDIMIENTO: Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

SILICIO: Elemento químico del que básicamente se componen las células de un panel solar. Es de naturaleza prácticamente metálica, gris oscuro y de excelentes propiedades semiconductoras.

SISTEMA CONECTADO A RED: Sistema fotovoltaico en el que actúa como una central generadora de electricidad, suministrando energía a la red.

SISTEMA HÍBRIDO: Sistema fotovoltaico que incluye otras fuentes que generan electricidad, tales como generadores eólicos o grupos electrógenos.

TENSIÓN NOMINAL: Diferencia de potencial específica, para la que se diseña un equipo o una instalación. Se llama nominal porque la tensión puede variar por distintas circunstancias durante la operación.

VATIO (W): Unidad de potencia eléctrica, que equivale a un julio por segundo.

VATIO PICO: Unidad de potencia que hace referencia al producto de la tensión por la intensidad (potencia pico) del panel fotovoltaico en unas condiciones estándares de medida (STC).

VOLTIO (V): Unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz, equivalente a la diferencia de potencial que hay entre dos puntos de un conductor cuando al transportar entre ellos un coulomb, se realiza el trabajo de un julio.

RESUMEN

La energía solar fotovoltaica Básicamente, se puede definir como la obtención de energía eléctrica directamente de la radiación solar mediante células fotovoltaicas. Estas se agrupan en serie y/o paralelo formando los denominados módulos fotovoltaicos, los cuales a su vez se colocan en serie y en asociaciones de ramas en paralelo, para dar la potencia final de la instalación fotovoltaica.

La degradación del medio ambiente, debido a la generación de la energía por medios convencionales presentan un análisis sobre la utilización del control directo de potencia en sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución, técnica utilizada para regular directamente las potencias instantáneas activa y reactiva intercambiadas entre el sistema fotovoltaico y la red de distribución.

Las emisiones de CO₂, hacen que las energías renovables y en especial la fotovoltaica hayan proliferado enormemente en la última década. Eliminando los lazos de control de corriente utilizados por las estrategias de control tradicionales. El funcionamiento del control directo de potencia en sistemas fotovoltaicos conocida como control orientado a tensión.

El presente trabajo de grados tiene como finalidad el estudio de un sistema fotovoltaico para su aplicación en un aire acondicionado híbrido, se parte de un completo análisis bibliográfico, posteriormente se describe las diferentes tecnologías de manera de manera independiente, finalmente se analiza el comportamiento del sistema en general.

INTRODUCCIÓN

Actualmente gran parte de la energía se produce a partir de recursos no renovables los cuales en su mayoría son limitados y además son causantes de grandes emisiones de gases de efecto invernadero. Asimismo, la tendencia mundial del consumo de energía eléctrica muestra un considerable aumento de las necesidades de generación de energía. Estos factores han incrementado el interés por la utilización de energías renovables, tales como las energías eólica y solar. Justamente, este trabajo se enmarca dentro de esta tendencia, más precisamente en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución

La energía eléctrica es tan extensa, que difícilmente se podría conformar una sociedad tecnológica avanzada, que no haga uso de ella, debido a que se adapta a las necesidades de toda la población.

Los sistemas tradicionales de producción de energía eléctrica tienen una problemática que hace necesario intentar desarrollar otro tipo de fuentes energéticas.

Existen miles de equipos que en forma de corriente continua o corriente alterna utilizan la electricidad como fuente de energía, provocando un gran aumento de la demanda del consumo eléctrico, propiciando la búsqueda de nuevas fuentes y nuevos sistemas de producción basados en el uso de energía renovable como sistemas alternativos complementarios para el sistema convencional siendo una garantía para la conservación del medio ambiente y el mejoramiento de la eficiencia en el uso de los recursos naturales.

El proyecto basado en el estudio de la energía solar fotovoltaica como fuente renovable, es la única que puede ser aprovechada en todo el planeta, independientemente el clima o la posición geográfica, sin detrimento al medioambiente y teóricamente con la capacidad de satisfacer la necesidad energética de la población mundial.

Las celdas solares son dispositivos capaces de transformar directamente la energía solar en energía eléctrica llamada común mente fotovoltaica.

El objetivo de todas las fuentes renovables es la generación de energía eléctrica a bajo costo permite competir con la producción que se obtiene con los métodos tradicionales.

Teniendo en cuenta que se pueden aprovechar los recursos naturales por los que no se debe recompensar ya que son de uso universal.

La energía del sol es un recurso universal, es importante recordar que para la transformación es necesario un sistema fotovoltaico apropiado, el costo de utilizar la energía solar no es más que el costo de compra, instalar y mantener adecuadamente el sistema.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que la universidad está mejorando, los laboratorios y se requiere de un aire acondicionado para mantener a cierta temperatura los elementos que conforman el laboratorio frío del Instituto Universitario Pascual Bravo se presenta la necesidad de montar un equipo que se pueda alimentar no solo de la red sino también de una energía suplementaria que sea renovable, limpia, que no destruya sino que proteja el medio ambiente.

Se tiene en cuenta que el sol que más calienta nos sofoca y empuja a utilizar el aire acondicionado, no deja de tener su gracia que podamos utilizar la energía del astro rey para alimentar los sistemas de refrigeración donde el resultado es un importante ahorro energético y un mayor cuidado ambiental, si bien requiere de una inversión inicial superior a la del aire acondicionado eléctrico convencional.

La tecnología que genera frío a partir de la energía de la luz natural, la térmica y la radiante rara vez es auto suficiente requiriendo el apoyo de la energía híbrida y eléctrica o de otras fuentes que la complementen.

Su uso puede ser aprovechado durante todo el año para así climatizar el laboratorio gracias a la energía solar.

2. JUSTIFICACION

Los equipos requieren tanto energía solar como eléctrica debido a que trabajan juntos y el equipo permanece conectado a la red eléctrica por ese motivo puede trabajar todo el día a un que este nublado ósea de noche.

La diferencia con respecto a los equipos tradicionales radica en la ayuda que proporciona la energía solar a la hora de potenciar el proceso de refrigeración con un ahorro que puede alcanzar hasta el 70%

Cuando hay suficiente energía solar para alimentar el aparato, este prescindirá de la electricidad y viceversa, aunque lo habitual es que trabajen al 50%

La energía solar se puede recolectar independientemente del clima, Cuando no hay sol absorbe energía lumínica, durante el horario diurno.

Las células solares están hechas de silicio y la tecnología básica se compone del panel fotovoltaico, un compresor y el aparato o aparatos interiores. Su ventaja es que no se necesitan equipos especiales, además de utilizar los módulos híbridos fotovoltaicos para que accione los equipos de aire acondicionado.

Alimentar el aire acondicionado con energía solar no siempre es viable desde un punto de vista económico. Aunque la idea es atractiva hay tecnología en el mercado que lo hace posible, en especial mediante paneles solares fotovoltaicos, aún no es una solución popular.

Para que llegara a serlo, el autoabastecimiento eléctrico habría de encontrar soluciones del espacio necesario para los paneles y, sobre todo, para amortizar costes. En un futuro se espera que las tecnologías ofrezcan soluciones más asequibles, lo que sin duda sería una total revolución en la industria del aire acondicionado, afortunadamente para nuestro bolsillo y la salud del planeta.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Profundizar en los aspectos importantes en generación de la energía híbrida, solar y la energía eléctrica convencional para alimentar el sistema de aire acondicionado en el laboratorio frío de la universidad pascual bravo en el bloque 4E.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar y evaluar el funcionamiento de los paneles solares a instalar en el laboratorio frío de la IUPB.
- Identificar y describir los diferentes parámetros y funcionamiento de los componentes que conforman el sistema Fotovoltaico (FV) que se requieren para la aplicación del aire acondicionado en el laboratorio frío del bloque (4E) del IUPB.

4. MARCO TEÓRICO

En el proyecto de generación de energía eléctrica mediante módulos solares fotovoltaicos para un aire acondicionado híbrido, utilizaremos por su carácter elemental e introductorio y después de presentar un panorama global podemos ubicar correctamente aquellos elementos que tienen mayor uso.

4.1 HISTORIA

En 1839 el físico francés Edmund Becquerel, descubrió el efecto fotovoltaico mientras experimentaba con una pila electrolítica de dos electrodos sumergidos en una sustancia aumentando su generación al ser expuesta a la luz. A finales del siglo XIX científicos como W. Smith, W. Adams y R. Day descubren la fotoconductividad del selenio y construyen la primera celda hecha de una oblea de selenio

En 1941 se construye un dispositivo que puede ser llamado "celda solar", fabricada de selenio y con una eficiencia del 1%. La compañía Western Electric fue la primera en comercializar las celdas solares en 1955.

En la década de los setenta, la potencia instalada de las celdas solares de las naves espaciales y satélites alcanzaba a 1 KW. En 1973 se comienza a investigar nuevos materiales para la construcción de celdas, tales como el silicio policristalino, y silicio amorfo, con el fin de abaratar los costos de estas. En esta misma década comienza la NASA a instalar sistemas de generación fotovoltaica por todo E.E.U.U. para fines de refrigeración, iluminación de calles, iluminación clínica y aparatos de televisión, bombeo de agua, entre otros. A principios de los años 80', la compañía ARCO solar fabricaba más de 1 MW de celdas solares por año. Es el comienzo de la masificación de módulos de 1,4 a 6 KW en torres de departamentos, áreas apartadas del tendido eléctrico, centros comerciales y prototipos de automóviles. La producción mundial de celdas en el año 1982 era de 9,3MW y en 1983 de 21,3 MW, haciendo que se duplique la producción en un solo año. En 1985 se alcanzaba un 20% de eficiencia en celdas fotovoltaicas, y existían módulos en todas partes del mundo.

4.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los sistemas tradicionales de producción de energía eléctrica tienen una problemática que hace necesario intentar desarrollar otro tipo de fuentes energéticas.

- **Centrales hidráulicas:** el efecto invernadero y el cambio climático hacen que cada vez que la sequía sea más prolongada y por tanto no se pueda asegurar la producción de electricidad a través de estas centrales.
- **Centrales térmicas:** Tiene como problema que sus recursos fósiles son limitados en el tiempo y provocan una gran emisión de gases contaminantes perjudiciales para el efecto invernadero.
- **Centrales nucleares:** La eliminación de los residuos generados además del potencial riesgo de accidente nuclear son su mayor dificultad.

La tendencia actual es utilizar energía renovable es aquí donde cobra importancia la energía solar. Son varias las formas de aprovechar el sol para la producción de electricidad por medio de los métodos:

- **Métodos indirectos:** El sol se aprovecha para calentar un fluido (que puede ser agua, Sodio, Sales fundidas entre otros) y convertirlo en vapor, con el fin de producir electricidad mediante el movimiento de un alternador.

La producción de electricidad se realiza mediante un ciclo termodinámico convencional, como se haría en una central térmica de combustible fósil.

- **Métodos directos:** En ellos la luz del sol es convertida directamente en electricidad mediante el uso de las células solares. Se distingue entre sistemas conectados a la red y sistemas aislados.

Entre las principales energías renovables y no renovables tenemos:

- Hidráulica
- Térmica
- Nuclear
- Eólica
- Solar térmica
- Solar fotovoltaica
- Biomasa

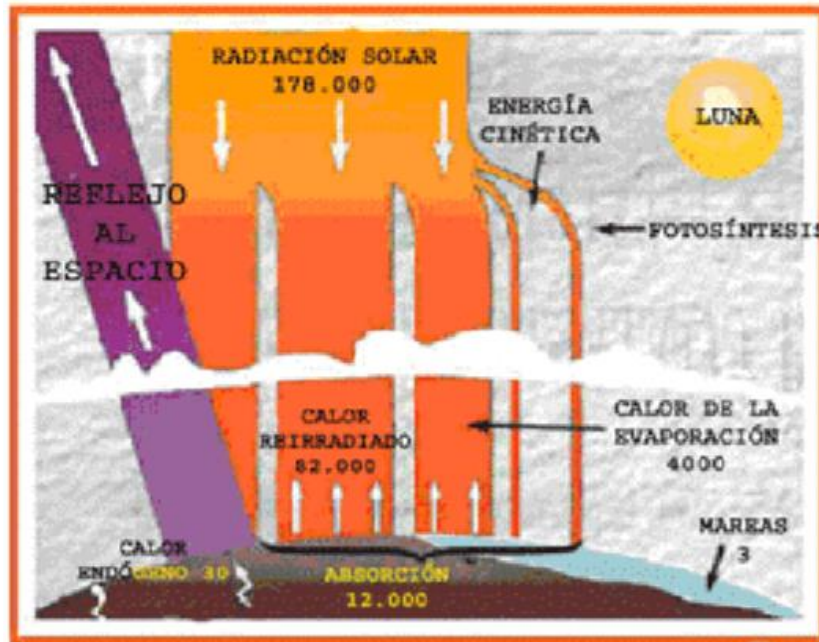
4.3 FUENTE DE ENERGÍA SOLAR

El sol es la estrella más próxima a la tierra, se encuentra a una distancia promedio de 150 millones de kilómetros. Es una estrella típica G2 de mediana edad, ni demasiado grande ni muy brillante. De acuerdo con estudios realizados sobre la evolución de este tipo de estrellas, el sol permanecerá esencialmente inalterable por varios miles de millones de años; ha cambiado muy poco en los últimos tres mil millones de años y se estima no cambiará mucho en los próximos tres mil millones, razón por la cual puede considerarse como una fuente renovable e inagotable de energía para la tierra.

La zona radiactiva circunda al núcleo contiene un gas tan denso, que los fotones o radiación electromagnética provenientes del núcleo duran cientos de miles de años atravesando esta zona para poder llegar a la superficie del Sol.

La energía generada en el núcleo se difunde a través de la zona radiactiva por absorción y emisión atómica. Las temperaturas en esta región alcanzan los 130.000 °K. Esta zona está localizada entre una distancia al centro solar mayor de 485.000 y menor de 160.000 km.

FIGURA 1. Diagrama cualitativo del flujo de energía.



Fuente: tomado de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

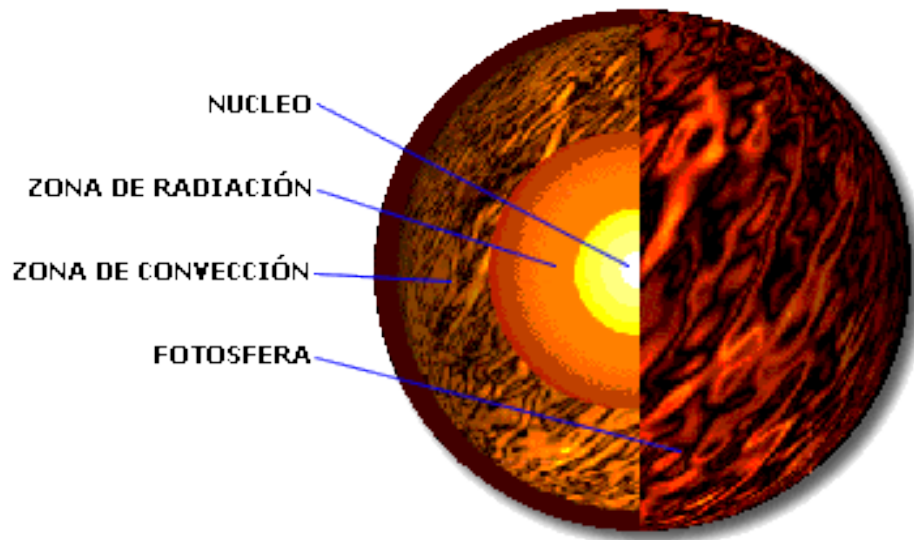
4.4 PROPAGACION DE LA RADIACION SOLAR

La energía del sol es generada en el núcleo solar en un proceso de fusión termonuclear en el cual el hidrogeno se transforma en helio. En este proceso, cada segundo una masa aproximada de 4,4 millones de toneladas que irradia $3,96 \times 10^{26} \text{ W}$ se transforma en energía.

La energía proveniente del sol viaja a través del espacio como onda electromagnética y plasma. En la parte superior de la atmosfera terrestre, sobre una superficie perpendicular a la radiación presenta una potencia promedio de $1,367 \text{ W/m}^2$, la cual es de nominada como constante solar.

La energía solar que ingresa a la tierra representa su principal fuente energética, proporcionando el 99,97 % de la energía utilizada en todos los procesos.

FIGURA 2. Estructura solar

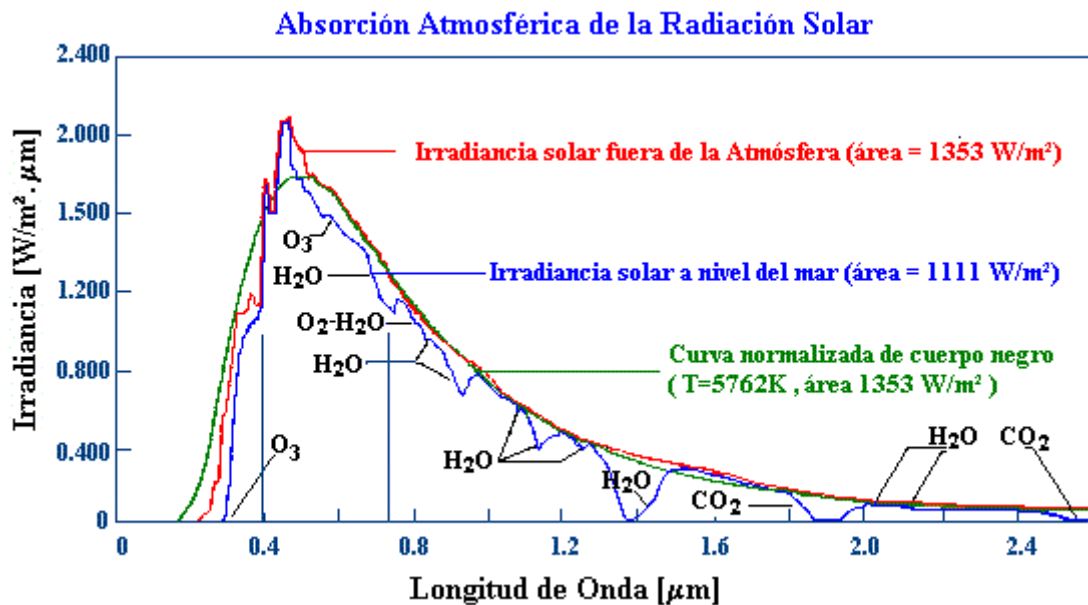


Fuente: tomado de https://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/home_Main_frame/02_radiacion/01_basico/2_radiacion_01.htm

4.5 DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL DE LA RADIACIÓN SOLAR

La energía solar es transportada mediante ondas electromagnéticas de diferentes longitudes de onda (λ). Al intervalo de radiación electromagnética, cuyas longitudes de onda se encuentran entre 0,290 y 2,5 μm , se le denomina espectro de onda corta. Para diversos propósitos (fotosíntesis, celdas solares, conservación de la salud o de materiales, entre otros.) es necesario conocer cómo está distribuida la energía de acuerdo con la longitud de onda o la frecuencia, es decir, de acuerdo con su distribución. La figura espectral muestra la distribución de la radiación solar.

FIGURA 3. Absorción Atmosférica de la radiación



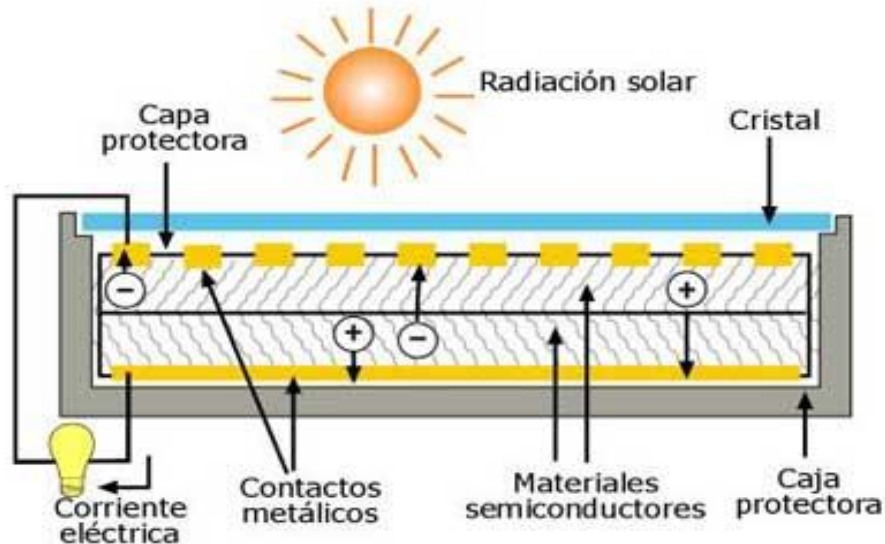
Fuente: tomado de <http://community.fortunecity.ws/victorian/stanford/1100/CONTENIDO/imagen/RADIAuv.gif>.

4.6 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Es la que se obtiene por medio de la transformación directa de la energía del sol en energía eléctrica, se puede utilizar para hacer funcionar los diferentes equipos eléctricos de bajo consumo energético generalmente en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional.

Para realizar la transformación es necesario disponer de un sistema conformado por equipos especialmente construidos para realizar la transformación de energía solar a energía eléctrica, este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo conforman reciben el nombre de componentes voltaicos.

FIGURA 4. Conversión fotovoltaica de la energía solar



Fuente: tomado de <http://www.empresaeiciente.com/es/catalogo-de-tecnologias/energia-solar-fotovoltaica>

4.7 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Es conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica.

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

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

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

el silicio, que tienen la función de recibir los fotones que viajan a través de los rayos solares.

Una vez que los fotones que emite la radiación solar entran en contacto con los átomos presentes en las celdas solares, se liberan electrones que comienzan a circular a través del material semiconductor con el que se fabrican las celdas y se produce energía eléctrica.

Un sistema fotovoltaico puede ser “interconectado” que es lo más conveniente para residencias o negocios con acceso a la red eléctrica.

Con este sistema la energía generada se inyecta a la red eléctrica y de allí se toma cuando uno la necesita. La otra opción es un sistema “isla” que permite el suministro de energía eléctrica en lugares inaccesibles para la red eléctrica. Estos sistemas son usados principalmente en casas de campo o en antenas de telecomunicación.

4.8 FUNCIONES FUNDAMENTAL DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica.
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada.
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada.
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada.

4.9 PARTES DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los sistemas fotovoltaicos suelen contar con los siguientes elementos:

- Módulos de celdas solares.
- Estructura para los módulos.
- Instrumentos de operación.
- Reguladores y controladores de voltaje.
- Baterías de almacenamiento eléctrico.
- Interruptores y cableado.
- Red eléctrica alrededor.[21]

4.9.1 La Célula Solar

Elemento principal de una instalación de energía solar es el generador, recibiendo el nombre de celular solar. Caracterizada por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol basado en el efecto voltaico

Actualmente el material más utilizado es el silicio mono-cristalino, que presenta prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro tipo de silicio

- Silicio mono-cristalino: Rendimiento energético hasta 15-17%
- Silicio poli-cristalino: Rendimiento energético hasta 12-14%
- Silicio Amorfo: Rendimiento energético menos del 10%

La célula fotovoltaica está hecha por una placa de silicio, normalmente de forma cuadrada, con aproximada mente 10 m de lado y con un grosor que varía entre los 0,25 y los 0,35 mm, con una superficie de más o menos 100 Cm²

FIGURA 5. Célula fotovoltaica



CÉLULA FOTOVOLTAICA

Fuente: tomada de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

La célula solar se comporta como un diodo el cual, es un componente electrónico fabricado con una unión P-N con la particularidad de conducir la corriente eléctrica solo en un sentido, con un ánodo el cual es (un electrodo en el que se produce una reacción de oxidación mediante la cual un material, al perder electrones, incrementa su estado de oxidación). Y un cátodo (electrodo con carga negativa que sufre una reacción de reducción mediante la cual un material reduce su estado de oxidación al recibir los electrones)

4.9.1.1 Parámetros Fundamentales

- a. **Corriente de Iluminación (I_l):** Cuando la radiación solar incide sobre las células se genera la corriente.
- b. **Corriente de oscuridad:** Recombinación de los pares electrón – huecos producidos en el interior del semiconductor.
- c. **Tensión de circuito abierto (V_{co}):** Es la máxima tensión obtenida en los extremos de la célula solar, dado cuando no está conectado a ninguna carga es una característica del material con el que está fabricada la célula.
- d. **Corriente de cortocircuito(I_{sc}):** Máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar dado cuando sus terminales están cortocircuitados.

En una célula solar la producción de corriente depende de la irradiación (nivel de iluminación), de tal forma que a medida que aumenta la irradiación aumenta la intensidad a través de la célula.

Cuando la célula solar es conectada a una carga, los valores de tensión e intensidad varían. Existirán dos de ellos para los cuales la potencia entregada sea la máxima:

(V_m) Tensión máxima e (I_m) Intensidad máxima y siempre serán menores que (V_{oc}) e (I_{sc}) en función de estos valores, la potencia máxima que puede entregar la célula solar se puede calcular así:

$$P_m = V_m I_m$$

Esto nos permite definir un parámetro de la célula solar que se denomina factor de formas (FF) calculada mediante la fórmula

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}}$$

Así pues el factor de formas es el cociente entre la máxima potencia que puede entregar la célula a la carga y el producto de la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito. En las células solares más habituales, los valores típicos de FF son: 0,7 o 0,8.

4.9.2 Modulo fotovoltaico

Las Células solares constituyen un producto intermedio: proporcionando valores de tensión y corriente limitados en comparación a los requerimientos normalmente por los equipos usuarios, son extremadamente frágiles, eléctricamente no aisladas y sin un soporte mecánico. Se ensamblan de la manera adecuada para formar una única estructura: el modulo fotovoltaico, que es una estructura sólida y manejable.

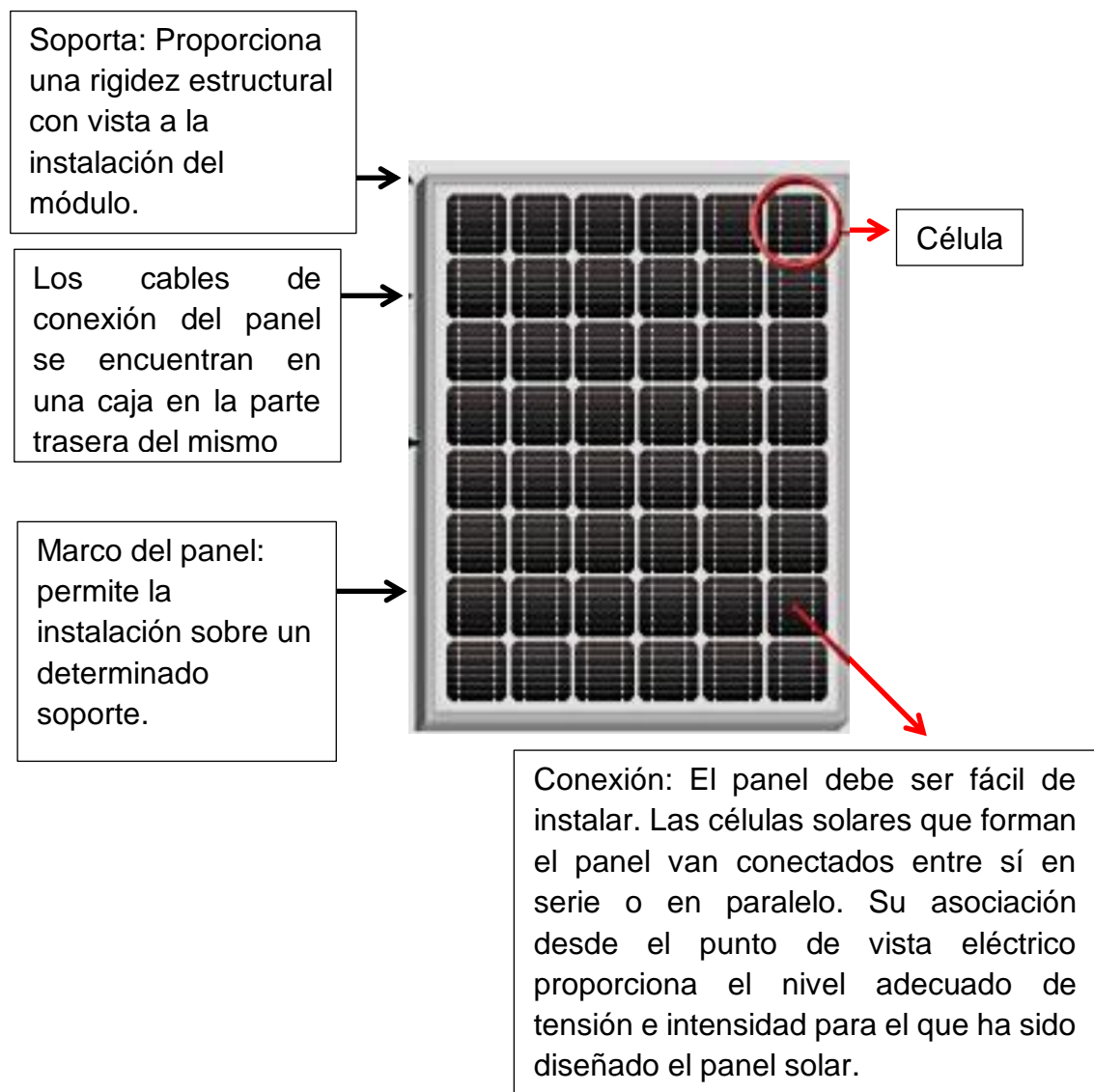
Los módulos pueden tener diferentes tamaños: los más utilizados están conformados por 36 células conectadas eléctricamente en serie, con una superficie que oscila entre los 0,5 m² a los 1,3 m². Las células están ensambladas entre un estrato superior de cristal y un estrato inferior de material plástico (tedlar).

El producto preparado de esta manera es colocado en un horno de alta temperatura, con vacío de alto grado. El resultado es un bloque único laminado en el que las células están “ahogadas” en el material plástico fundido.

Luego se añaden los marcos, normalmente de aluminio; de esta manera se confiere una resistencia mecánica adecuada y se garantizan muchos años de funcionamiento. En la parte trasera del módulo se añade una caja de unión en la que se ponen los diodos de bypass y los contactos eléctricos.

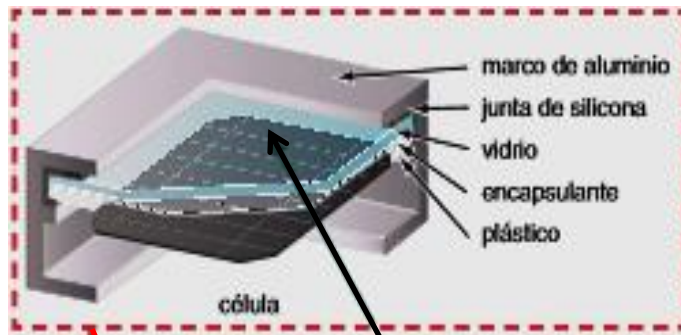
Proporcionando en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6 V, 12 V, 24 V....), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

FIGURA 6. Partes del módulo fotovoltaico.



Fuente:

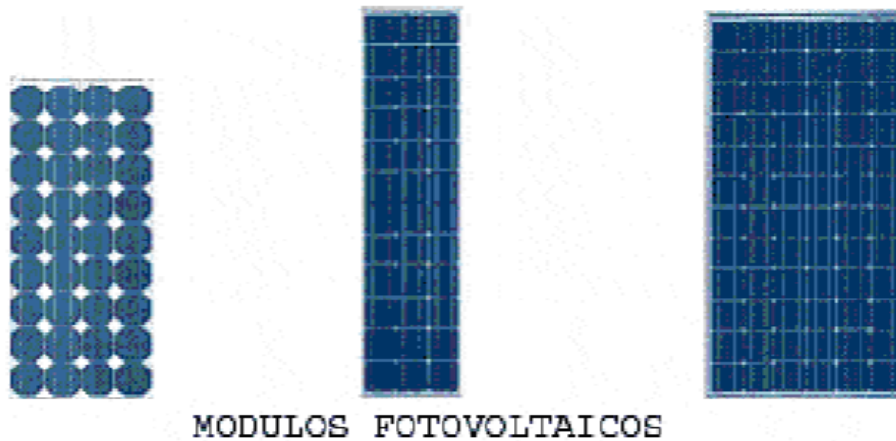
FIGURA 7. Recubrimientos de un módulo fotovoltaico.



El vidrio que recubre el panel sirve como

Encapsulado: Protege el módulo de la intemperie es importante que el modulo este protegido frente la abrasión, la humedad, y los rayos UV, también protege las células y las conexiones ante posibles vibraciones

FIGURA 8. Módulos fotovoltaicos.

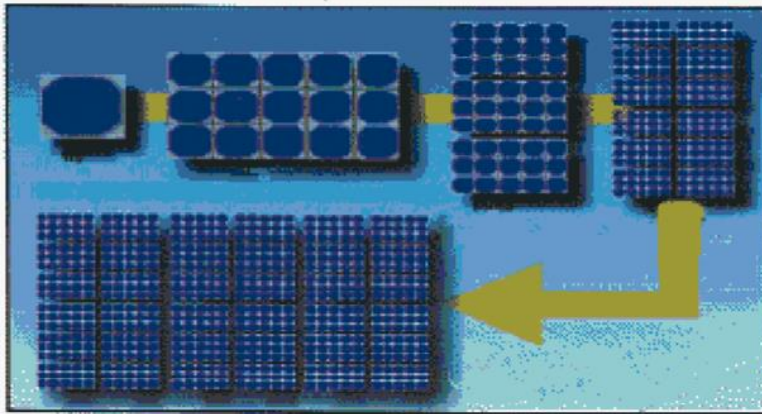


Fuente: tomado http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

4.10 EL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Varios módulos fotovoltaicos ensamblados mecánicamente entre ellos forman el panel, mientras que un conjunto de módulos o paneles conectados eléctricamente en serie, formando las ramas conectadas en paralelo, para obtener la potencia deseada, constituyen el generador fotovoltaico. Así el sistema eléctrico puede proporcionar las características de tensión y de potencia necesarias para las diferentes aplicaciones.

FIGURA 9. Módulos fotovoltaicos ensamblados



Fuente: tomado de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

Los módulos fotovoltaicos que forman el generador, están montados sobre una estructura mecánica capaz de sujetarlos y orientados para optimizar la radiación solar. La cantidad de energía producida por un generador varía en función de la insolación y de la latitud del lugar.

La producción de la energía eléctrica fotovoltaica, depende de la luz del sol, no es constante, sino que está condicionada por la alternancia del día y de la noche, por los ciclos de las estaciones y por la variación de las condiciones meteorológicas. Además, el generador fotovoltaico proporciona corriente eléctrica continua.

A menudo estas características no se adaptan a las necesidades de los usuarios que, normalmente, necesitan corriente eléctrica alterna, con valores constantes de tensión. Por lo tanto el envío de la energía del sistema fotovoltaico al usuario se realiza a través de otros dispositivos necesarios para transformar y adaptar la corriente continua producida por los módulos a las exigencias de utilización: el más significativo es un dispositivo estático (inversor), que transforma la corriente continua en corriente alterna.

FIGURA 10. Tipos de inversores.



Algunos tipos de inversores

Fuente: tomado de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

4.11 ENERGIA PRODUCIDA POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

La cantidad de energía eléctrica producida por un sistema fotovoltaico depende básicamente de la eficiencia de los módulos y de la irradiación solar, o de la radiación solar incidente.

La radiación solar incidente en la tierra tiene un valor variable en función de la distancia entre el sol y la tierra, o de la latitud de la localidad donde están instalados los módulos fotovoltaicos. También es importante la inclinación de los módulos: una correcta inclinación influye mucho en la cantidad de energía solar captada y por lo tanto en la cantidad de energía eléctrica producida.

La presencia de la atmósfera, finalmente, implica una serie de fenómenos sobre la radiación incidente, entre los cuales el efecto del filtro que reduce considerablemente la intensidad de la radiación en el suelo y la fragmentación de la luz.

Se calcula aproximadamente que un metro cuadrado de módulos fotovoltaicos de buena calidad, puede producir de media 180 KWh al año (0,35 KWh al día en periodo invernal, y 0,65 KWh al día en periodo estival).

4.12 LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Se define el sistema fotovoltaico como un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos que concurren a captar y transformar la energía solar disponible, transformándola en energía utilizable como energía eléctrica.

Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden dividir en dos categorías:

- Sistemas conectados a la red (grid connected)
- Sistemas aislados (Stand alones)

4.12.1 Sistemas conectados a la red (grid connected)

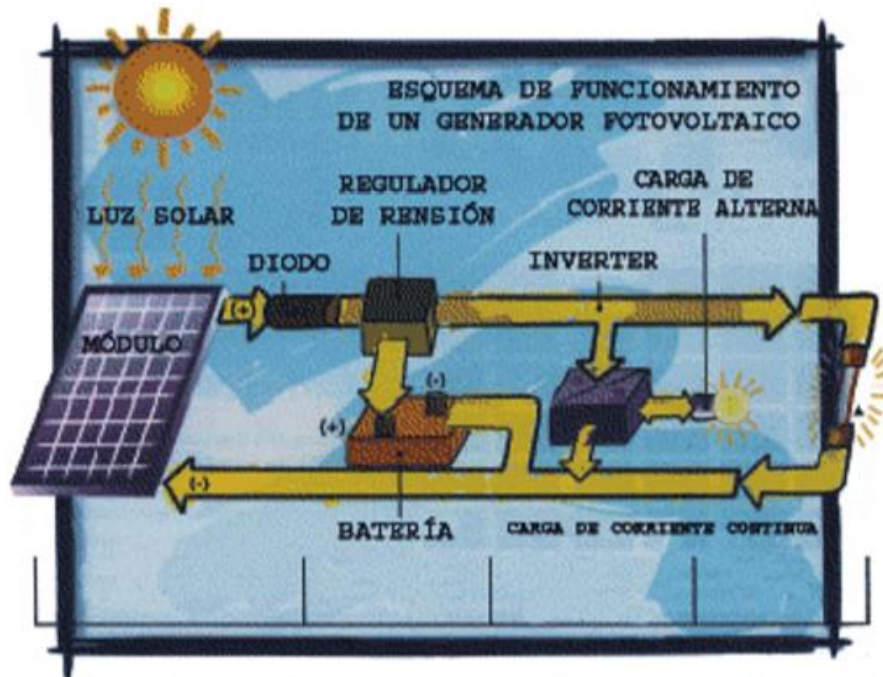
Los sistemas conectados a la red están permanentemente conectados a la red eléctrica nacional. En las horas de irradiación solar es escasa o nula, cuando el generador fotovoltaico no produce energía suficiente para cubrir la demanda de electricidad, es la red que proporciona la energía necesaria, y viceversa, si durante las horas de irradiación solar el sistema fotovoltaico produce más energía eléctrica de la que se gasta, el exceso se transfiere a la red.

Por decisión administrativa se permite a los operadores que gestionan sistemas fotovoltaicos conectarse a la red nacional. Gracias a las mediciones realizadas por un contador y a los precios establecidos por la autoridad misma, se puede vender a la red eléctrica la energía producida en exceso y coger de la red cuando la cantidad auto producida es insuficiente.

4.12.2 Sistemas aislados (Stand alones)

Los sistemas aislados se utilizan normalmente para proporcionar electricidad a los usuarios con consumos de energía muy bajos para los cuales no compensa pagar el coste de la conexión a la red, y para los que sería muy difícil conectarlos debido a su posición poco accesibles: ya a partir de distancia de más de 3 Km de la red eléctrica, podría resultar conveniente instalar un sistema fotovoltaico para alimentar una vivienda.

FIGURA 11. Esquema de funcionamiento de un generador fotovoltaico



Fuente: tomado de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

Los sistemas fotovoltaicos aislados es necesario almacenarla energía eléctrica para garantizarla continuidad de la erogación incluso en los momentos en los que no es producida por el generador fotovoltaico.

La energía se acumula en una serie de acumuladores recargables (baterías), dimensionados de la manera que garanticen una suficiente autonomía para los periodos en los que el sistema fotovoltaico no produce electricidad. La tecnología actual permite usar baterías de plomo acido de larga duración (más de 6 años), con exigencia de mantenimiento casi nulas.

En los sistemas aislados hace falta instalar también un regulador de carga, que sirve para preservar las baterías de un exceso de carga del generador fotovoltaico y de un exceso de descarga debido a la utilización. Ambas condiciones son nocivas para la correcta funcionalidad y la duración de los acumuladores.

En los sistemas aislados es necesario que el generador fotovoltaico este dimensionado de la manera que permita durante las horas de irradiación solar, tanto la alimentación de la cantidad de energía necesaria, como la recarga de las baterías de acumulación

4.13 MARCO DE VIDRIO Y ALUMINIO

Su función principal es la de soportar mecánicamente las celdas fotovoltaicas y protegerlas de los efectos degradantes de la intemperie. El conjunto de celdas fotovoltaicas y sus conexiones internas se encuentran aislados del exterior por medio de dos cubiertas, una frontal de vidrio de alta resistencia a los impactos y una posterior de plástico (acetato de vinil etileno).

El vidrio frontal es anti reflejante para optimizar la captación de los rayos solares. El marco de aluminio también tiene la función de facilitar la fijación adecuada de todo el conjunto a una estructura de soporte a través de orificios convenientemente ubicados.

4.14 TIPO DE MÓDULOS VOLTAICOS

Existen una gran variedad y modelos de módulos solares debido al tipo de material empleado en la fabricación. Clasificándose en:

- **Módulo de silicio mono cristalino:** son los más utilizados debido a su confiabilidad y duración aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.
- **Módulo de silicio poli cristalino:** son más económicos que los módulos de silicio mono cristalino, aunque su eficiencia es menor.
- **Módulo de silicio amorfo:** de menor eficiencia que los dos anteriores pero un precio mucho menor, además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared.

4.15 POTENCIA

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se da en vatios-pico (Wp.), indicando la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación.

La vida útil de un panel fotovoltaico puede ser de hasta 30 años, y los fabricantes otorgan una garantía de 20 o más años.

El mantenimiento del panel solamente consiste en una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar.

4.16 POTENCIA DE LA CÉLULA SOLAR

Una célula de tamaño estándar es de 10x10 Cm y proporciona una potencia en torno a 1 o 2 W, por lo que es necesario asociar varias con el fin de proporcionar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico.

Según la conexión eléctrica que hagamos de las células, podemos encontrar diferentes posibilidades.

- **Conexión serie** permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.
- **Conexión en paralelo** permite aumentar la intensidad total del conjunto

4.17 EL COLECTOR SOLAR

El colector solar, es utilizado desde principios de siglo para calentar el agua hasta temperaturas de 80 grados centígrados, es la aplicación más común de la energía térmica del sol.

Los elementos básicos de un colector solar plano son la cubierta transparente de vidrio y una placa absorbente, por la que circula el agua u otro fluido calor portador. Otros componentes del sistema son el aislamiento, la caja protectora y un depósito acumulador. Cada metro cuadrado de colector puede producir

anualmente una cantidad de energía equivalente a unos ochenta kilogramos de petróleo.

Las aplicaciones más extendidas son la generación de agua caliente para hogares, piscinas, hospitales, hoteles y procesos industriales, y la calefacción, empleos en los que se requiere calor a bajas temperaturas y que pueden llegar a representar más de una décima parte del consumo. A diferencia de las tecnologías convencionales para calentar el agua, las inversiones iniciales son elevadas y requieren un periodo de amortización comprendido entre 5 y 7 años, si bien, como es fácil deducir, el combustible es gratuito y los gastos de mantenimiento son bajos.

Más sofisticados que los colectores planos son los colectores de vacío y los colectores de concentración, más caros, pero capaces de lograr temperaturas más elevadas, lo que permite cubrir amplios segmentos de la demanda industrial e incluso producir electricidad. Los colectores solares de concentración lineal son espejos cilindro parabólicos, que disponen de un conducto en la línea focal por el que circula el fluido calo portador, capaz de alcanzar los 400 grados centígrados. Con tales temperaturas se puede producir electricidad y calor para procesos industriales. El coste del kWh asciende a 15 céntimos de dólar, todavía superior al convencional, pero interesante en numerosas zonas alejadas de la red de distribución que tengan buena insolación.

El desarrollo de helióstatos de bajo coste, utilizando nuevos materiales como el poliéster, la fibra de vidrio o las membranas tensionadas de fibra de grafito y receptores más fiables y eficientes, abre nuevas posibilidades al empleo de la energía solar para la obtención de electricidad.

4.18 BATERÍAS

La radiación solar es un recurso variable (Ciclo día – noche), en parte imprevisible (nubes, tormentas); es necesario equipos apropiados para el almacenamiento de la energía eléctrica cuando exista radiación y utilizarla cuando sea necesario. El almacenamiento se realiza mediante baterías que son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos.

Las baterías son un componente muy importante en el sistema ya que realizan tres funciones esenciales para un buen funcionamiento de la instalación:

- Almacenar energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. La energía que no se consume es almacenada en las baterías.
- Proveen la energía necesaria en periodos de baja o nula radiación solar. Normalmente en aplicaciones de electrificación rural haciendo funcionar los equipos eléctricos más utilizados en horas de radiación nula.
- Proveer el suministro de energía eléctrica estable y adecuada para la utilización de equipos eléctricos. El voltaje es relativamente constante y permite además operar equipos que requieren de una corriente mayor que la que puede producir los paneles aun en los momentos de mayor radiación solar.

Las baterías para los sistemas fotovoltaicos son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse. Las baterías fotovoltaicas están construidas especialmente para promover durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas, abasteciendo 2 amperios durante 100 horas. La capacidad de la batería se mide en Amperio / Hora (Ah) con una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

La vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años dependiendo en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga / descarga a los que puede ser sometida.

Debido a que el buen estado de la batería es fundamental para el correcto funcionamiento de todo el sistema y a que la batería puede representar hasta un 15-30% del costo total, es necesario disponer de un elemento que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, conocido como regulador o Controlador de carga.

4.19 REGULADOR O CONTROLADOR DE CARGA

Es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hasta la carga. Si la batería está cargada el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia esta y si ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia la cargas.

Existen diversas marcas y tipos de reguladores. Es aconsejable adquirir siempre un regulador de carga apropiado que se acomode a las características de funcionamiento (actual y Futuras) de la instalación fotovoltaica. Es recomendable adquirir controladores tipo serie con desconexión automática por bajo voltaje (LVD) con indicadores luminosos del estado de carga para permitir la desconexión automática de la batería cuando el nivel de carga ha descendido a valores peligrosos.

El regulador es uno de los elementos más confiables de todo sistema fotovoltaico, siempre y cuando se dimensione e instale correctamente.

4.20 EL INVERSOR

La energía eléctrica no solo significa hacerlo de forma eficiente y segura para la instalación y las personas, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita.

El tipo de energía se refiere principalmente al comportamiento temporal de los valores de voltaje y corriente con los que suministra esta energía. Algunos equipos eléctricos funcionan a 12 voltios (V) de corriente directa (DC), y por tanto puede ser energizado a través de una batería cuyo voltaje se mantiene relativamente constante alrededor de 12 V.

Por otra parte hay elementos eléctricos que requieren de 120 V. o 110 V. de corriente alterna (AC). Estos son los voltajes con los que operan el 95% de los electrodomésticos, en los sistemas conectados a la red pública convencional.

Los módulos fotovoltaicos requieren del inversor para transformar a través de dispositivos electrónicos la corriente directa a corriente alterna.

4.21 COSTES Y PERSPECTIVAS DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Un sistema fotovoltaico requiere un fuerte desembolso de capital inicial, pero luego los gastos de gestión y de mantenimiento son muy reducidos.

El análisis de todos los aspectos económicos relativos a un sistema fotovoltaico es muy complejo. En especial, cada aplicación tiene que ser evaluada en su específico contexto, teniendo en cuenta sobre todo la energía eléctrica producida, la duración del sistema (se calcula alrededor de 25 años), las dificultades de conexión a la red eléctrica, los incentivos disponibles, entre otros.

En algunos casos la inversión inicial se amortiza al principio, ya que el coste de la conexión a la red eléctrica sería superior al de la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

En la mayoría de los casos un sistema fotovoltaico tiene un coste por KWh. producido mucho mayor del coste del KWh. comprado de la red eléctrica.

Por lo tanto lo que puede hacer compensar la instalación de un sistema fotovoltaico son los incentivos públicos.

Para poder obtener un coste por KWh. producido de un sistema fotovoltaico, comparado con el coste del KWh. comprado de La red, es necesario intervenir con contribuciones financieras superiores al 70 – 80 % de la inversión.

En cualquier caso, el desarrollo del voltaico va unido a una drástica reducción de los costes actuales.

4.22 AIRE ACONDICIONADO HIBRIDO

El aire acondicionado funciona de forma híbrida: electricidad asistida con energía solar.

El colector absorbe la radiación solar directa e indirecta, lo que genera una transferencia de calor permitiendo convertir en vapor al refrigerante, inyectando presión hacia el compresor y disminuyendo la carga de trabajo.

El compresor es lo que presenta el mayor gasto en las unidades de aire acondicionado tradicionales.

El refrigerante calentado dentro del colector solar pasará durante un ciclo dentro del sistema que se enfría y que calienta.

La transformación de energía solar térmica ayuda a calentar el gas, reduciendo así la carga de trabajo del compresor, lo que ahorra entre 40% y 50% en energía eléctrica.

El aire acondicionado solar también puede operar con eficiencia en la noche o en días nublados. [8][6]

FIGURA 12. Partes de un aire acondicionado híbrido



Fuente: tomado de http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf

- El aire acondicionado cuenta con calidad de nueva generación: rango de eficiencia energética EER 13.
- El colector solar reduce drásticamente el consumo de energía eléctrica (entre 40- 50%).
- Rápida recuperación de la inversión y enorme ahorro de dinero.
- Se encuentra en Split de 1 tonelada, 2 toneladas y 3 toneladas.
- Su vida útil es aproximadamente de 15 años.
- El mantenimiento es idéntico al de una unidad eléctrica tradicional, no requiere mantenimiento especializado.

El objetivo de todas las fuentes renovables, y la fotovoltaica no es la excepción, es generar energía eléctrica a bajos costos que permitan competir con la producción de energía eléctrica que se obtiene con los métodos tradicionales.

Fabricar celdas solares con alta eficiencia de conversiones es uno de los propósitos fundamentales en aras de disminuir el precio del kW de energía eléctrica

La energía del sol es un recurso de uso universal por lo que no se debe pagar por utilizar este recurso. Es importante recordar que para la transformación es necesario un sistema fotovoltaico apropiado.

El costo de utilizar la energía solar no es más que el costo de compra, instalar y mantener adecuadamente el sistema fotovoltaico.

La difusión de la tecnología fotovoltaica es muy significativa debido a los siguientes parámetros:

- Existen organismos internacionales y regionales que promueven el uso sostenible de las energías renovables.
- Los precios de los equipos, sean reducido considerablemente en años recientes, y se espera que continúen bajando en los próximos años, dada la reducción de los costos de importación y el crecimiento de la demanda.

5. METODOLOGÍA

5.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICO

El tipo de investigación a realizarse en el proyecto es de tipo documental puesto que la consulta se basa en la utilización de diferentes tipos de fuentes como son: en bibliografías, documentos, revistas, Internet, entre otros. Y serán de gran ayuda para la elaboración del proyecto.

La obtención de la documentación se llevara a cabo haciendo un rastreo de la siguiente información:

- Revisar información sobre los Paneles solares, las celdas solares así como los módulos fotovoltaicos y sus componentes, los tipos de energías eléctricas renovables y no renovables.
- Revisar información sobre los materiales utilizados en la fabricación de los módulos y los datos básicos de los elementos a montar.
- Revisar información de los pasos para plasmar el trabajo escrito del proyecto.

5.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO (DESCRIPTIVO)

- Describir los módulos que se desean montar para la alimentación del aire acondicionado en el laboratorio frio de la IUPB.
- Realizar el montaje de los módulos teniendo en cuenta las prácticas más usuales en las aulas de clase.

6. RESULTADOS

El edificio objeto de este trabajo está ubicado en el instituto universitario pascual bravo en el barrio robledo el cual se encuentra ubicado en la ciudad de Medellín a una altura de 1525 m sobre el nivel del mar y cuyas coordenadas son : $6^{\circ} 16.42' N$ y $75^{\circ} 35.35' W$, es un laboratorio de elementos fríos con una cubierta echa en madera y teja de barro de la cual se utilizara la cercha disponible en la parte posterior del laboratorio que linda con la piscina de la universidad utilizando el espacio para el montaje de cuatro (4) paneles solares (fotovoltaicos) compuestos por sesenta (60) celdas fotovoltaicas cada uno para una generación de 280 Wp por modulo.

Los módulos solares fotovoltaicos internamente están conectados en serie paralelo con el fin de sostener el voltaje y la corriente generada por cada uno.

FIGURA 13. Ubicación de los paneles solares (fotovoltaicos)



Fuente: Fotografía tomada por Fabián Fernández.

La distribución de los módulos sobre la cubierta

Los 4 módulos fotovoltaicos que están constituidos para una generación de 280 Wp de potencia por cada uno de los paneles y conectados en serie nos entregarán una potencia de 1120 Wp, están formados por un conjunto de 60 celdas (Células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m²
- Temperatura de célula de 25° C (no temperatura ambiente)

FIGURA 14. Paneles solares acoplados



Fuente: Fotografía tomada por Fabián Fernández.

ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INSTALACIÓN.

Módulo solar

Capta la energía solar para convertir en corriente alterna a través el Micro inversor Enphase.

Laminado estructura del módulo solar se compone de las hojas de vidrio solar, dos de etileno y acetato de vinilo (EVA), la matriz de células solares y una lámina posterior. Grueso cristal de seguridad bajo contenido de hierro soporta condiciones climáticas extremas y cargas de nieve pesada.

Los módulos solares son ETL / Intertek aparece para los EE.UU. y Canadá a la norma UL 1703 y cumplen con los requisitos nacionales y el Código Eléctrico Canadiense.

Marco Módulo Solar

Disponible en marco de plata anodizado negro o transparente con las teclas de las esquinas de aluminio fundido.

Perfil bajo con brida extendida. Compatible con " arriba hacia abajo " y los métodos de montaje " abajo hacia arriba".

Ocho lugares de puesta a tierra (cuatro esquinas del marco y cuatro lugares a lo largo de la longitud del módulo en la brida extendida). Longitudes de cable ampliado para facilitar la instalación.

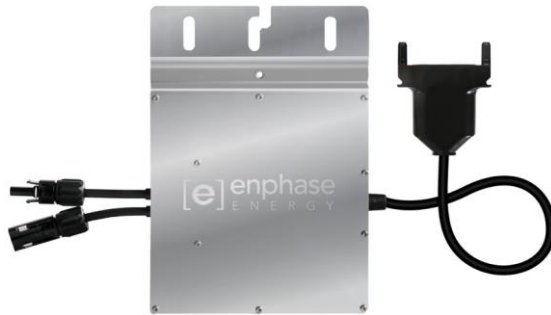
FIGURA 15. Modulo solar.



Fuente: tomado de <http://www.refrinorte.com/refrinorte1/archivos/2845.pdf>

Micro inversor enphase

FIGURA 16. Micro inversor enphase



Fuente: tomado de <http://www.refrinorte.com/refrinorte1/archivos/2845.pdf>

Convierte corriente continua (DC), capturado por un módulo solar, de corriente alterna (CA). Cada módulo solar se empareja con un solo Micro inversor Enphase. Instalado debajo de cada módulo solar en el techo. Micro inversor Enphase operan independientemente unos de otros módulos solares que permiten que no estén a la sombra o sucios para funcionar con un rendimiento óptimo. Compatible con poca luz y operación de bajo voltaje.

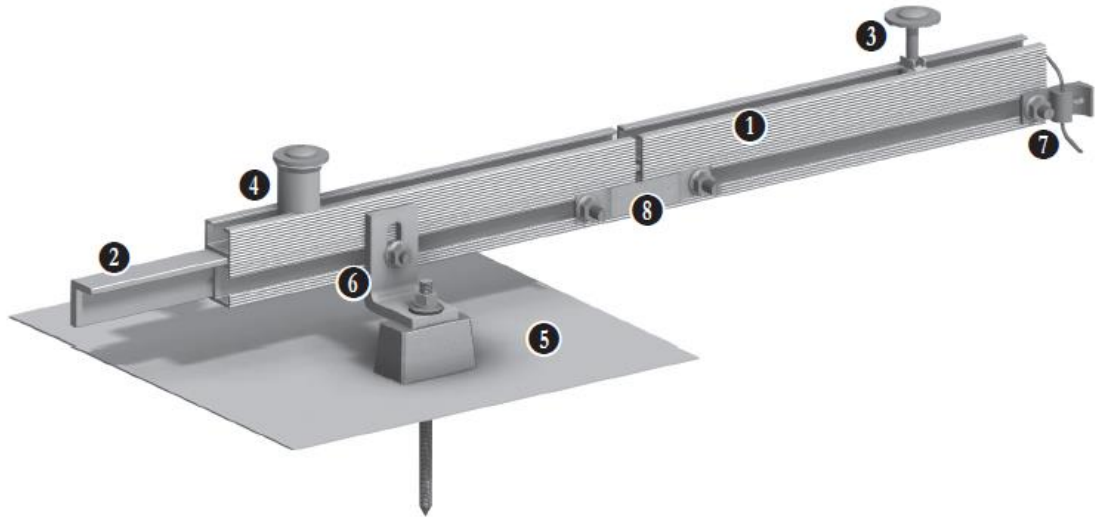
FIGURA 17. Micro inversores instalados



Fuente: Fotografía tomada por Fabián Fernández

COMPONENTES DE MONTAJE DE TECHO

FIGURA 18. Partes del anclaje.



Fuente: tomado de <http://www.refrinorte.com/refrinorte1/archivos/2845.pdf>

- 1. Carriles:** Proporciona una superficie de montaje para módulos solares en orientación vertical utilizando el hardware asociado. Las estrías en los lados de los carriles proporcionan una superficie de acoplamiento seguro y estable para el hardware (soportes en L, Rail Splice Ground Jumper, Planta LUG). Disponible en 122 pulg. (3099 mm) y 162 pulg. (4115 mm) de largo.
- 2. Riel conector para empalme:** Para la conexión de dos tramos de carril juntos. No hay elementos de fijación necesarios. Pin en el centro de empalme deja un espacio entre carriles para permitir la expansión térmica.
- 3. Tornillo (plata o negro):** Perno M8 T40 con la tuerca de canal, el retén de posicionamiento perno y la arandela dentada módulo de sujeción. Se inserta en la ranura del carril para fijar los módulos y establecer el espaciado en el medio de cada uno.
- 4. Fin de la abrazadera de aluminio del espaciador (Plata o Negro):** Se utiliza con Top Asamblea abrazadera para fijar el final de la fila de montaje del módulo.

5. Composición de montaje en techo / intermitente (Mil aluminio o bronce): Proporciona techo superficie de montaje para sistema de montaje. Tamaño - 12 x 12 pulgadas (305 x 305 mm). . Bloque de Base, perno de suspensión y el hardware amuebladas. Añade 1-1 / 4 pulg. (32 mm) de altura por debajo de la L – Bracket.

6. L-soporte: Aluminio anodizado transparente con superficie de unión dentada. Sujeta ferroviario al montaje en techo / Intermitente. Tiene dos 1 pulg. (25 mm) ranuras que proporcionan ajuste de 2-1 / 2 a 3-1 / 2 pulg. (64 a 89 mm).

Clip de cables (no se muestra): Proporciona gestión de cables para el cableado de los paneles solares. Sujeta al borde del carril. Por 10 AWG.

Terminal de tierra (no se muestra): estañado, WEEB 8.0, yacía en el tipo. Se monta en la esquina de módulo solar.

7. Carril- Equipo tierra WEEB 8.0 Lug: diapositivas T - perno en ferrocarril para conexión segura.

8. Rail Splice Ground Jumper: WEEB 8.0, pre- ensamblado con pernos en T. Bonos eléctricamente carriles juntos. Requerido en cada empalme ferroviario.

Azotea Caja de conexiones (no se muestra) - Soladeck jbox con destellar. Se utiliza para la transición desde el cable AC- Interconexión de cableado / conducto a la unidad exterior.

Kit de tránsito (no se muestra) - Usado con azotea Junction Box. Uno - sucursales kits de tránsito AC. Contiene todos los accesorios de cableado necesario.

ENPHASE ENGAGE COMPONENTES DEL CABLE

- **Enphase Engage Cable**

El Engage cable (que se muestra con conector) es un cable de 12 AWG con conectores preinstalados (vertical alineado) que se conectan a la Micro inversor. Cuatro cables de alambre (240V monofásica).

FIGURA 19. Cable



Fuente: tomado de <http://www.refrinorte.com/refrinorte1/archivos/2845.pdf>

- **Enphase Engage terminal del cable**

Cada Engage cable se termina en una caja de conexiones o combinador. El extremo opuesto del cable se debe terminar con un Engage Terminator Cable.

FIGURA 20. Terminal



Fuente: tomado de <http://www.refrinorte.com/refrinorte1/archivos/2845.pdf>

- **Enphase Engage herramienta de desconexión**

Herramienta especializada que desconecta la Engage cable desde un Micro inversor o tapa de cierre hermético.

FIGURA 21. Herramienta de Desconexión



Fuente: tomado de <http://www.refrinorte.com/refrinorte1/archivos/2845.pdf>

FIGURA 22. Elementos de conexión.



Fuente: Fotografía tomada por Fabián Fernández

FIGURA 23. Paneles instalados en sitio designado.



Fuente: Fotografía tomada por Fabián Fernández

7. CONCLUSIONES

- La transformación de energía solar, es la generación de energía más limpia que existe.
- La energía generada a través de un panel solar puede ser almacenada, en baterías.
- El avance de la tecnología ayudara a disminuir el costo de los paneles solares.

8. RECOMENDACIONES

- Los módulos deben tener la misma orientación y el mismo ángulo de inclinación y conectados en serie.
- No inserte piezas conductoras de electricidad en los conectores de los módulos.
- No conecte los módulos solares y cables con conectores húmedos, trabaje con herramientas secas y bajo condiciones de trabajo secas.
- No aplique pintura o adhesivos a los módulos, ni trabajar en él con objetos afilados en ellos.
- Aterrizar el marco metálico y el módulo.
- Los módulos no deben instalarse en las proximidades de gases altamente inflamables, vapores o polvos.
- No utilice módulos dañados. No retirar ninguna pieza de ellos.
- Módulos generan corriente continua (DC) cuando se expone a la luz, no cortar los cables vivos, se puede generar un arco peligroso.
- Limpiar los módulos con mucha agua a baja presión en caso de suciedad. No utilizar detergentes. No raspar, ni flotar la suciedad.
- Realizar inspecciones periódicas para garantizar que todos los accesorios estén bien apretados y libres de corrosión, cables bien conectados y que no estén dañados.

BIBLIOGRAFÍA

- Ipakchi, F. Albuyeh. "Grid of the Future". IEEE Power and Energy Magazine. Vol. 7. 2009. pp. 52-62.
- S. Alepuz, S. Busquets, J. Bordonau, J. Gago, D. Gonzalez, J. Balcells. "Interfacing Renewable Energy Sources to the Utility Grid Using a Three-Level Inverter". IEEE Transactions on Industrial Electronics. Vol. 53. 2006. pp. 1504-1511.

CIBERGRAFÍA

1. caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portátil
http://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/6037/PFC_Julio_Fernandez_Ferichola.pdf?sequence=1.
2. Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º 72, Septiembre, Autor de correspondencia: María Alejandra Martínez Villalobos
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n72/n72a05.pdf>
3. Fuentes renovables y generación de energía limpia su regulación en honduras Por: Abog .Oscar Javier Córdova G.- Profesor Investigador, Instituto de Investigación Jurídica. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. E-Mail: oscar.cordoba@hondutelnet.hn
<http://www.lamjol.info/index.php/LRD/article/view/1785/1590>
4. Scientia et Technica Año XVI, No 49, Diciembre de 2011. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701 Energías alternativas, experiencias desde el semillero de investigación en tecnología mecánica Edgar Salazar Marín¹, Juan Felipe Arroyave L2., Wilson Pérez Castro³ Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia
<http://200.21.217.140/index.php/revistaciencia/article/view/1537>.
5. Sistema Híbrido de Energía Utilizando Energía Solar y Red Eléctrica *Jorge Díaz-Rodríguez, Luis Pabón-Fernández, Aldo Pardo-García*
<http://funlam.edu.co/revistas/index.php/lampsakos/article/view/846>
6. Producción De Aire Acondicionado Con Energía Solar Térmica. José Manuel Arroyo Rosa
<https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2013/09/produccion-de-aire-acondicionado-con-energia-solar-termica.pdf>
7. Células solares fotovoltaicas Desarrollo de sistemas de monitorización y seguimiento de sistemas fotovoltaicos.
Mariano sidrach de Cardona ortín / Catedrático de Física Aplicada

<http://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/5239/revistauciencia10%2028-29.pdf?sequence=1>

8. Sistema híbrido de enfriamiento como alternativa al sistema convencional de aire acondicionado. Pedro José Mago Gómez. Departamento de Ingeniería Mecánica, Núcleo de Anzoátegui, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.pmago@ufl.edu
<http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/815/1/07-SISTEMA%20H%C3%8DBRIDO%20DE%20ENFRIAMIENTO%20COMO%20ALTERNATIVA.pdf>

9. Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada
Por: Carlos Roberto Prado Mora
<http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0831t.pdf>

10. Energía Solar Termodinámica en América Latina: los casos de Brasil, Chile e México Federico Bernardelli
<http://www10.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2011/08963.pdf>

11. GENERACIÓN DISTRIBUIDA -U de la R–OCTUBRE 2013
<https://eva.fing.edu.uy/.../INTRODUCCIÓN%20FOTOVOLTAICA.pdf>

12. Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global
Renewables Academy AG RENAC México
http://www.renacmexico.com/fileadmin/user_upload/Download/RENAC_Mexico/Introduccion_fotovoltaica.pdf

13. PANELES SOLARES: GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA
Escrito por Rafael Salgado Garciglia
<http://www.sabermas.umich.mx/archivo/secciones-antteriores/tecnologia/133-numero-17/268-paneles-solares-generadores-de-energia-electrica.pdf>

14. Atlas de Radiación Solar de Colombia
http://www.upme.gov.co/Atlas_Radiacion.htm

15. (oct 11 del 2015)1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER
http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234267189_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_ITER.pdf
16. Diseño, construcción y evaluación de un sistema solar hibrido fotovoltaico/ térmico para aumentar la eficiencia de un panel solar.
waldo.1203@gmail.com,Laboratorio de Energía Solar, Escuela Profesional de Física Universidad Nacional de San Agustín
<http://www.perusolar.org/include/simposios/archivos16/ponencias16/DISENO%20CONSTRUCCION%20Y%20EVALUACION%20DE%20UN%20SISTEMA%20SOLAR%20HIBRIDO%20FOTOVOLTAICO%20TERMICO.pdf>
17. Lectura de introducción a las fuentes alternas de energía y su aplicación en la explotación agropecuaria, Luis Octavio González Salcedo Profesor Asociado
<http://www.bdigital.unal.edu.co/7969/4/luisoctaviogonzalezsalcedo.20123.pdf>
18. Metodología para el análisis técnico de la masificación de sistemas fotovoltaicos como opción de generación distribuida en redes de baja tensión, Johann Alexander Hernández Mora
<http://www.bdigital.unal.edu.co/7029/1/298307.2012.pdf>
19. Componentes de una instalación fotovoltaica
<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
20. Fundamentos de la conversión fotovoltaica: la célula solar
AUTOR: JOSÉ L^o BALENZATEGUI MANZANARES
http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45312/componente45310.pdf
21. Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica/ Biomass Users Network (BUNCA). -1 ed. - San José, C.R. : Biomass Users Network (BUN-CA), 2002. 42 p. il. ; 28x22 cm. ISBN: 9968-9708-9-1
<http://bun-ca.org/publicaciones/FOTOVOLT.pdf>
22. Celdas Fotovoltaicas en generación distribuida, Isidro Elvis Pereda Soto Pontificia Universidad Católica de Chile Escuela de ingeniería
<http://web.ing.puc.cl/power/paperspdf/pereda.pdf>

