

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ciencias Ambientales



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Diseño de un sistema de energías renovables para el abastecimiento de un hogar”

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:

Vicente Martínez, Rubén

Tutor/a:

Fagoaga Gimeno, José Arturo

GANDIA, 2019

Resumen:

La energía ha sido siempre un recurso indispensable para la humanidad. Desde el descubrimiento del fuego hace 790.000 años y el uso de su energía calorífica y lumínica hasta la edad moderna y el uso de la energía eléctrica en general, entre otras energías diferentes. De hecho, hoy en día no se puede concebir el mundo sin la energía eléctrica, ya que su versatilidad la ha convertido en un recurso necesario e imprescindible.

Sin embargo, la generación de energía en la edad moderna, más concretamente la energía eléctrica, ha conllevado el uso de combustibles fósiles y esto ha provocado ciertos desequilibrios en el ecosistema natural del planeta, como el calentamiento global, la contaminación atmosférica, entre otros (sobre todo desde el inicio de la revolución industrial en el siglo XIX hasta hoy en día). No fue hasta la década de los 70 cuando se empezaron a considerar alternativas renovables que no tuvieran un impacto tan grave para el medio ambiente, hasta hoy en día que ya se considera una nueva manera de generar energía eléctrica.

El objetivo de este proyecto consiste en desarrollar la instalación de dos sistemas de energía alternativa para una vivienda familiar, una más de carácter secundario donde los propietarios pasan temporadas cortas de tiempo como un fin de semana o una semana allí, no siendo la residencia principal. El primero es una instalación de paneles fotovoltaicos que generará la suficiente energía eléctrica para abastecer los electrodomésticos del hogar que consumen una cantidad moderada de energía como una nevera, el sistema de iluminación, entre otros. El segundo sistema consistirá en unas placas solares térmicas donde se encuentran tuberías que llevan el agua sanitaria a la red de distribución del hogar. Estas placas estarán diseñadas para que la energía calorífica del sol caliente el agua y se pueda disponer en la vivienda de agua sanitaria caliente.

Por tanto, gracias a estas dos instalaciones de energía renovable, los propietarios de la vivienda podrán disfrutar de las prestaciones del hogar sin tener la necesidad de abastecerse de energías generadas por combustibles fósiles, minimizando así el impacto hacia el medio ambiente.

Abstract

Energy has always been an indispensable resource for humanity. Since the discovery of fire 790,000 years ago and the use of its heat and light energy until the modern age and the use of electricity in general, among other different energies. In fact, today the world cannot be conceived without electricity, because its versatility has made it a necessary and essential resource.

The generation of energy in the modern age, more specifically electric power, has led to the use of fossil fuels and this has caused certain imbalances in the natural ecosystem of the world, such as global warming, air pollution, among others (specially since the beginning of the industrial revolution in the nineteenth century until today). It was not until the 70s when people began to consider renewable alternatives that did not have such a serious impact on the environment, today that it is already considered a new way to generate electricity.

The objective of this project is to develop the installation of two alternative energy systems for a family home, a secondary house where the owners spend short periods of time such as a weekend or a week there, not being the main residence. The first is an installation of photovoltaic panels that will generate enough electrical energy to supply household appliances that consume a moderate amount of energy such as a refrigerator, the lighting system, among others. The second system will consist of thermal solar panels where pipes that carry sanitary water to the home distribution network are located. These plates will be designed so the heat energy of the sun heats the water and can be available in the house of hot sanitary water.

So, thanks to these two renewable energy installations, homeowners will be able to enjoy the benefits of the home without having the need to supply fossil fuel-generated energy, minimizing the impact on the environment.

Índice

Introducción	1
Objetivos del proyecto	3
Marco teórico	4
Instalación fotovoltaica	4
Panel fotovoltaico	5
Semiconductores dopados	7
Celda fotovoltaica	10
Inversor de corriente	11
Cargas resistivas, capacitivas e inductivas	12
¿Qué es un alternador?	13
¿Qué es un transformador?	14
Circuito multivibrador astable	15
Inversor de onda senoidal pura	16
Otros componentes	17
Instalación solar térmica	17
Paneles térmicos de placa plana	19
Paneles térmicos de tubos de vacío	20
Instalación y montaje de los sistemas	21
Orientación de los paneles	22
Montaje de la instalación fotovoltaica	26
Potencia de la instalación solar	30
Montaje de la instalación solar térmica	30
Ahorro de emisiones y ahorro económico	30
Energía solar del futuro: paneles solares flexibles	32
Conclusiones	32
Bibliografía	33

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Producción en megatoneladas de petróleo equivalente (Mtoe) frente al tiempo en Europa (Fuente: Eurostat nrg_110a, 2018)	2
Ilustración 2: Estructura general de un panel fotovoltaico. (Fuente: certificadosgenericos.com, 2019).....	5
Ilustración 3: Modelo atómico de Rutherford. (Fuente: Imágenes de Google, 2019)	8
Ilustración 4: Esquema de la estructura atómica de la placa tipo N. (Fuente: ingelibreblog.es, 2014).....	10
Ilustración 5: Esquema de la estructura atómica de la placa tipo P. (Fuente: ingelibreblog.es, 2014).....	10
Ilustración 6: Estructura de una celda fotovoltaica. (Fuente: mheducation.es, 2019) ..	11
Ilustración 7: Esquema estructural sencillo de un alternador. (Fuente: mpptsolar.com, 2019)	13
Ilustración 8: Estructura básica de un transformador. (Fuente: mpptsolar.com, 2019) 14	
Ilustración 9: Esquema estructural de un circuito multivibrador astable. (Fuente: mpptsolar.com, 2019)	15
Ilustración 10: Esquema estructural de un inversor de onda senoidal pura. (Fuente: mpptsolar.com, 2019)	16
Ilustración 11: Esquema funcional de un panel térmico solar. (Fuente: Sitiosolar, 2019)	18
Ilustración 12: Esquema funcional de un panel térmico solar. (Fuente: Wikipedia, 2019)	18
Ilustración 13: Panel térmico solar de placa plana. (Fuente: calorex.com.mx, 2019)...	19
Ilustración 14: Estructura del tubo de vacío. (Fuente: Sitiosolar, 2019)	20
Ilustración 15: Panel térmico solar de tubos de vacío. (Fuente: Sitiosolar, 2019).....	21
Ilustración 16: Inclinación solar respecto de las estaciones del año. (Fuente: Mpptsolar, 2019)	22
Ilustración 17: Funcionamiento de paneles en un caso ficticio de planeta no inclinado. (Fuente propia, 2019)	24
Ilustración 18: Orientación del panel 1 para el invierno en el hemisferio norte. (Fuente propia, 2019).....	25
Ilustración 19: Paneles fotovoltaicos colocados en el tejado de la vivienda. (Fuente propia, 2019).....	26
Ilustración 20: Estructura de las conexiones de los paneles. (Fuente propia, 2019)....	27
Ilustración 21: Inversor de corriente. (Fuente propia, 2019)	27
Ilustración 22: Batería de ión de litio. (Fuente propia, 2019)	28
Ilustración 23: Toma a tierra de cobre. (Fuente propia, 2019).....	28
Ilustración 24: Esquema estructural de la instalación fotovoltaica. (Fuente propia, 2019)	29

Índice de tablas

Tabla 1: Diferencias entre los diferentes tipos de paneles según su tecnología de fabricación. (Fuente: mheduacion.es, 2019)	7
Tabla 2: Tarifas fijas de kilovatio según compañías. (Fuente: Tarifasgasluz, 2019)	31

Introducción

Desde que se descubrió el fuego hace aproximadamente 790.000 años, la humanidad ha utilizado fuentes de energía para sus actividades diarias. Las tecnologías de las energías fueron mejorando sin que tuvieran un efecto significativo en el medio ambiente, gracias al reducido número de personas que las utilizaban y cómo estaban compuestas estas energías.

Se basaban principalmente en la energía cinética del viento, del agua y la energía calorífica y luminosa del sol, además de la combustión de materia orgánica, sobre todo lignosa¹, pero el consumo relativo reducido de esta materia suponía un ciclo sostenible que el medio natural podía regenerar a escala humana sin suponer efectos significativos sobre el medio, dada la baja concentración de población respecto la de hoy en día.

Sin embargo, a mediados del siglo XVIII (18) en el comienzo de la primera revolución industrial, se empezaron a desarrollar más rápidamente los avances científicos sobre la tecnología de las energías, entre otros, y se comenzó a utilizar los combustibles fósiles para la generación de energía y utilización de la maquinaria disponible de aquel entonces.

Desde aquel momento, subió exponencialmente la cantidad de combustible fósil utilizado (excluyendo las plantas hidroeléctricas) y se dio preferencia a la mejora de éstos, sin tener en cuenta el posible impacto que pudiera tener su gran uso sobre el medio natural.

Aun así, el descubrimiento de las tecnologías de generación energética basadas en fuentes de energía renovables no habría sido posible sin este proceso histórico tecnológico.

Desde aquel momento se comenzó a liberar contaminantes a la atmósfera, a la hidrosfera y al suelo, explotando al máximo las que por aquel entonces eran las nuevas tecnologías. Esta explotación creciente también se debió a la mejora de otras tecnologías de la industria y el crecimiento de la población y la generación de capital dada por la expansión de la industria y el crecimiento del movimiento del capital.

No fue hasta la década de los 70, cuando se empezaron a plantear otras vías de generación de energía, sobre todo eléctrica, para evitar así, o al menos mitigar, el impacto nocivo que tenían el uso de estas tecnologías de fuentes de energía no renovables al medio ambiente.

En la siguiente figura se puede observar la evolución de la utilización de tecnologías de generación de energía de fuentes renovables, datos que van desde el año 1990 hasta el 2016:

¹ El término lignosa hace referencia a toda aquella materia orgánica compuesta por lignina, una sustancia que se forma en las paredes de las células vegetales que da resistencia a éstas. La mayoría de las especies vegetales con alta concentración de lignina son las pertenecientes a árboles y arbustos, las cuales forman estructuras de madera que les da rigidez.

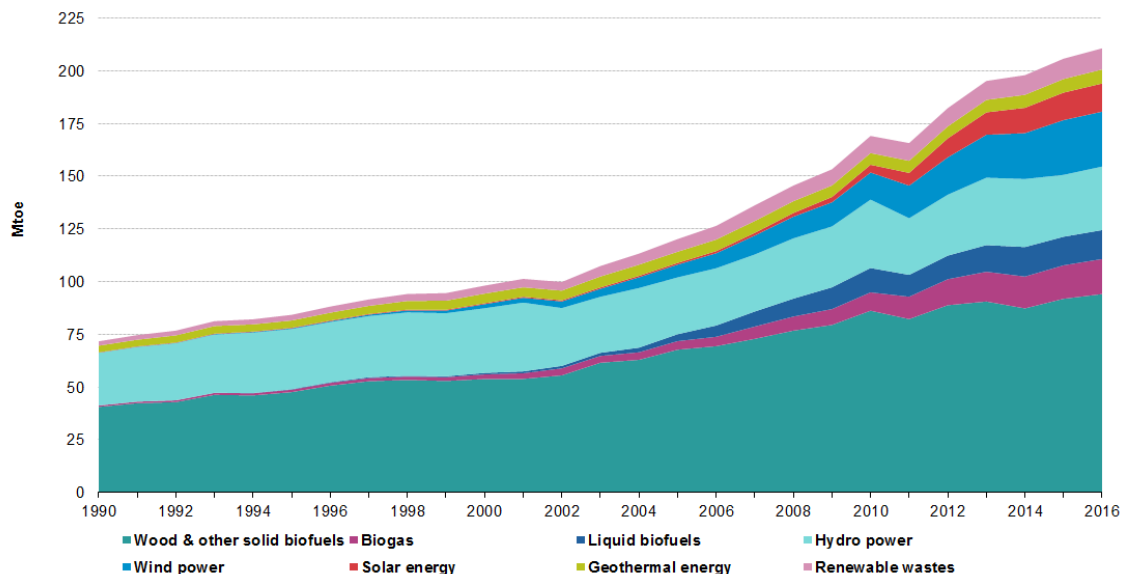


Ilustración 1: Producción en megatoneladas de petróleo equivalente (Mtoe) frente al tiempo en Europa (Fuente: Eurostat nrg_110a, 2018)

Como se aprecia en la ilustración 1, desde 1990 hasta 2016 se produce un aumento de la producción de energía de fuentes renovables bastante alto, aproximadamente exponencial.

Esto se debe a la mejora continua de las tecnologías de generación de energía de fuentes de energía renovables. La gráfica está representada en el eje vertical en megatoneladas de petróleo equivalente (Mtoe)², frente a los años en el eje horizontal.

El año 2002 representa un punto de inflexión en este crecimiento. A partir de 2002, crece más rápido la generación de energía de fuentes de energía renovables.

Si nos fijamos en la energía solar generada (el punto rojo, Solar Energy) se aprecia que en 2016 se genera más del doble de energía que en 1990. Y no sólo eso, sino que la energía solar a partir del año 2011 tuvo un fuerte crecimiento frente a los generadores eólicos (Wind power, punto azul).

Este fuerte aumento se debe al menor coste de fabricación de los paneles fotovoltaicos. El año 2011 fue el año en que se diseñó el nuevo modelo de panel fotovoltaico (o tuvo un avance de la tecnología en general) y con ello se abarató tanto el coste de fabricación como el coste de adquisición del panel, eso explica el crecimiento.

Sin duda, el gráfico de la ilustración 1 representa la evidencia de que la forma de generación de energía, sobre todo eléctrica, está cambiando hacia las fuentes de energía no renovables.

El punto clave es que, gracias al abaratamiento de la fabricación de los paneles fotovoltaicos, hoy en día muchos ciudadanos pueden pagar una instalación fotovoltaica para reducir el consumo energético de fuentes de energía no renovables, y de esto va el siguiente proyecto.

En el proyecto se pretende describir el desarrollo de una instalación de dos sistemas energéticamente renovables para una vivienda familiar situada en los exteriores de la

² Las toneladas de petróleo equivalente es una unidad de energía, la cual representa los kilovatios hora que rinde una tonelada de petróleo. Por convenio, a una unidad de tpe se le da un valor de 11.630 kWh.

ciudad de Villafamés, Castellón de la plana. Gracias a estas fuentes de energía no renovables y a la gestión y el uso que le van a dar a las instalaciones no tendrán que consumir energía proveniente de compañías energéticas, serán autosuficientes.

Como hemos mencionado en el resumen, este uso será puntual, para cortas temporadas de tiempo, un fin de semana, un puente, etc. así que el balance energético de la instalación siempre va a ser positivo, ya que no van a gastar toda la electricidad almacenada en las baterías de la instalación fotovoltaica.

Y no solo eso, sino que los propietarios van a generar un ahorro económico en el consumo energético, gracias a que la vida útil de las instalaciones que se van a desarrollar amortiza de sobra el (relativamente económico) precio de estas instalaciones.

Además, gracias a que la energía suministrada al hogar proviene de fuentes de energía renovables, los propietarios estarán contribuyendo a una menor emisión de CO₂ a la atmósfera, favoreciendo así la lucha contra el cambio climático.

La instalación la realiza una empresa externa de instalaciones eléctricas, y en este documento se van a redactar los pasos seguidos por el instalador y las características de los elementos utilizados en la instalación.

También se describirán los detalles en referencia a la potencia de la instalación, qué electrodomésticos y con cuánta frecuencia se podrán utilizar y el ahorro energético y económico que supondrá las instalaciones de los sistemas energéticos de fuentes de energía renovables (energía solar, fotovoltaica y calorífica).

Objetivos del proyecto

El siguiente proyecto tiene como objetivos los siguientes puntos que se listan a continuación:

- Instalación del sistema de paneles fotovoltaicos y sus componentes
- Instalación del sistema de placas térmicas solares para el agua sanitaria.
- Independencia energética sobre las fuentes de energía no renovables.
- Lucha contra el cambio climático, reducir las emisiones de CO₂
- Ahorro económico de los propietarios de la vivienda

Por lo que, si se consiguen los objetivos propuestos en el proyecto, los propietarios de la vivienda podrán disfrutar de la energía eléctrica, sin tener que pagar los altos costes de generación de ésta. Veremos en cuánto tiempo se amortiza la instalación, y cuánto CO₂ se ahorra con la instalación de estos dos sistemas de energía renovable.

Marco teórico

En el siguiente punto se describe el funcionamiento y la estructura de los componentes principales de las instalaciones del proyecto, tanto para los paneles fotovoltaicos como para las placas térmicas para el agua sanitaria.

Esta descripción es necesaria para entender por qué las energías renovables son el nuevo modelo de generación energética, el cual hoy en día y cada vez más se utilizan para la generación de energía eléctrica.

Instalación fotovoltaica

Resumen

El primer punto que se trata es la instalación de paneles fotovoltaicos, la cual generará energía eléctrica. La instalación consta de paneles fotovoltaicos, que son los que reciben la luz solar, captando los fotones³ de la luz y transformándolos en electrones disponibles para el uso de la red eléctrica.

Estos paneles fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas, que son las encargadas de las funciones anteriormente mencionadas. Dependiendo del tamaño y modelo del panel, el panel puede estar compuesto de un número diverso de células fotovoltaicas.

La energía eléctrica generada será transportada hasta un regulador de carga. Este regulador es necesario, ya que pueden surgir altibajos de corriente por cualquier motivo en la fase de generación de la electricidad y la instalación podría sufrir daños, pudiendo quedar inviable para su uso.

El regulador de carga irá conectado a un inversor de voltaje, el cual realizará dos funciones esenciales en el circuito eléctrico:

1. Cambia el voltaje de 36 voltios generados en las placas a 220 voltios, voltaje utilizado para las redes eléctricas europeas.
2. Cambia el tipo de corriente, de corriente continua a corriente alterna.

El inversor irá conectado a la batería, la cual será la encargada de almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos. Los primeros modelos de baterías utilizadas para estos sistemas estaban compuestos por diversos componentes, entre ellos plomo, y éstos eran peligrosos para la salud humana. Se utilizaban baterías de plomo porque las baterías de silicio eran demasiado caras para una instalación de carácter doméstico. Entre eso y el coste de los paneles, era difícil que una instalación fotovoltaica diera rentabilidad.

³ El fotón es la partícula elemental de la luz. Es una partícula que se caracteriza por tener masa cero y velocidad c (3×10^8 metros por segundo). El fotón transporta energía, que es la utilizada para la generación de electricidad en los paneles fotovoltaicos.

Pero como hemos mencionado anteriormente, el avance y la mejora de las tecnologías de fabricación de generadores de energía eléctrica de fuentes renovables, han podido diseñar modelos de baterías de silicio que no presenten riesgos para la salud humana, y sean más económicos. Por lo tanto, hoy en día ya se utilizan siempre las baterías de silicio para este tipo de instalaciones.

El último elemento del circuito son los electrodomésticos, no tendría sentido una instalación eléctrica si no estuvieran. Todos estos elementos, conectados con el cableado y conectores adecuados, formarán el circuito cerrado eléctrico descrito en el proyecto.

En los siguientes puntos se describen los elementos de la instalación eléctrica fotovoltaica más detalladamente:

Panel fotovoltaico

En este punto se describen los tipos de paneles existentes en el mercado y cuáles son sus rendimientos. También se describe la estructura del panel y cómo está formado y con qué materiales.

En la siguiente ilustración se muestra el esquema de un panel fotovoltaico:

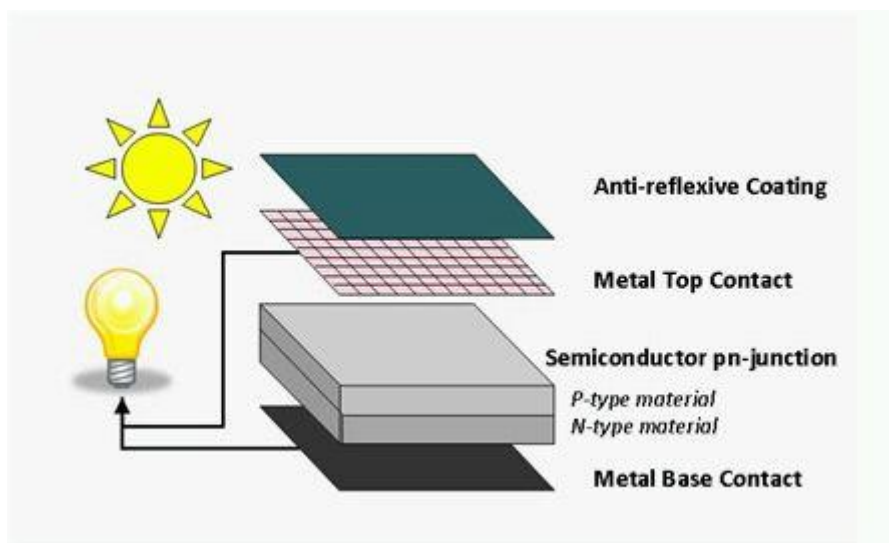


Ilustración 2: Estructura general de un panel fotovoltaico. (Fuente: certificadosgenericos.com, 2019)

Un panel fotovoltaico es una placa rectangular fina (por lo general tienen unos 4-5 centímetros de grosor) formada por células fotovoltaicas, las cuales son las encargadas de generar la energía eléctrica.

El panel fotovoltaico está compuesto en la parte superior por una capa de un material anti reflectante, el cual permite que el campo de fotones entrante quede retenido en la placa y no refleje. El material que se suele utilizar es el vidrio anti reflectante, como se puede apreciar en la ilustración 2.

También está compuesto de una lámina de metal, generalmente de grosor entre 120 y 200 micras. Este metal tiene la función de material conductor, el cual conecta todas las células que forman el panel.

Justo debajo de la conexión metálica (Metal Top Contact) se encuentran dos placas que son las responsables de la generación eléctrica. Estas placas son las semiconductoras extrínsecas y existen de dos tipos, de tipo P y de tipo N, referentes a Positivo y Negativo.

Las placas semiconductoras extrínsecas, para este tipo de dispositivos, tienen un grosor por lo general de entre 100 y 150 micras⁴, llegando así al grosor de ambas placas entre 200 y 300 micras.

A continuación, se describen los tipos de paneles fotovoltaicos y sus rendimientos:

Tipos de paneles fotovoltaicos

En el siguiente punto vamos a definir cuáles son los tipos de paneles fotovoltaicos que existen en el mercado y cuáles son sus principales diferencias.

- Paneles de silicio monocristalinos: son los más caros, ya que el proceso de construcción de las placas semiconductoras es el más costoso, debido a que necesita más procesos de cristalización del silicio. Sin embargo, son los que mejor rendimiento tienen. Suelen tener un color azul y se componen de células individuales conectadas entre sí.
- Paneles de silicio policristalinos: Estos son más económicos que los paneles de silicio monocristalinos, ya que para su fabricación sólo necesitan un proceso de cristalización del silicio. Su rendimiento es menor que los monocristalinos. Están compuestos por estructuras cristalinas de silicio con tonos azulados.
- Paneles de silicio amorfos: este tipo de paneles son los más económicos, ya que las placas de silicio no sufren ningún proceso de cristalización. Sin embargo, son los paneles que menos rendimiento ofrecen. Este tipo de paneles se suele utilizar en dispositivos que no necesitan mucha electricidad para funcionar, tipo calculadoras etc. Son paneles con un tono oscuro, y no se puede apreciar conexiones entre las células.

En la siguiente tabla (Tabla 1) se describen las características de los tres tipos de paneles fotovoltaicos:

⁴ El término micra hace referencia a micrómetro. Un micrómetro es igual a 0,000001 metros.

Tipo de panel	Rendimiento en laboratorio	Rendimiento real	Precio relativo
Monocristalino	24%	15 - 18%	Alto
Policristalino	19 - 20%	12 - 14%	Medio
Amorfo	16%	< 10%	Bajo

Tabla 1: Diferencias entre los diferentes tipos de paneles según su tecnología de fabricación. (Fuente: mheducation.es, 2019)

Por tanto, según el objetivo que se vaya a tratar, se realizará una valoración de cuáles paneles son los óptimos para nuestra instalación.

Si se tratara de un proyecto industrial, escogeríamos sin duda los paneles monocristalinos, ya que el rendimiento es mayor y en general este tipo de proyectos se dotan de un presupuesto mayor.

Si se buscara un panel para un dispositivo en concreto, con funciones concretas, no es necesario que dotemos de tanto presupuesto al proyecto. Con paneles amorfos se podría realizar también, ya que las necesidades serían menores.

Para nuestro caso, una vivienda familiar la mejor opción es paneles monocristalinos o policristalinos y un número reducido de éstos (4, 6, etc.). Como es una residencia que va a tener poco uso, y los electrodomésticos no consumen un alto nivel de energía eléctrica (no se utilizarán vitrocerámica, termo eléctrico, secador de pelo, etc.), se pueden usar los policristalinos ya que son más baratos y el presupuesto podría no ser muy alto.

En el siguiente punto se describen las placas semiconductoras dopadas, para explicarlas detalladamente y entender su composición y funcionamiento:

Semiconductores dopados

“Un semiconductor extrínseco es aquel al que se le añade átomos de impurezas para modificar su conductividad eléctrica. A este hecho se le denomina “dopar” un semiconductor, por lo que un semiconductor extrínseco es lo mismo que un semiconductor dopado.

Se puede dopar un semiconductor para que tenga un exceso de electrones o huecos, por lo que existen dos tipos de semiconductores dopados.” (Ingelibreblog, 2014)

Por tanto, se puede concluir que un semiconductor dopado es aquel que se modifica para que tenga un comportamiento deseado. En este caso, lo que interesa es el movimiento de los electrones de una placa semiconductor a otra.

De esa forma, se genera un campo magnético que guía a los fotones de la luz hacia nuestro sistema de conexión y de ahí se obtienen los electrones necesarios para que circulen por nuestro circuito cerrado y se produzca el efecto de la electricidad.

Comentando una analogía, es como si un imán grande direccionara a imanes más pequeños para ser encarrilados por el sistema de conexiones. Una vez encarrilados circulan por el circuito cerrado que es todo el sistema eléctrico que se concierne en el proyecto.

Recapitulando, las placas semiconductoras o dopadas son placas alteradas que generan un campo magnético, por lo que, interactuando con los fotones de la luz, generan electricidad.

Semiconductores tipo N

“Un semiconductor tipo N se obtiene añadiendo un cierto tipo de átomos al semiconductor para aumentar el número de portadores de cargas. Los átomos que se añaden son átomos pentavalentes (5 electrones en el orbital de valencia⁵), como el arsénico, antimonio y el fósforo.

El átomo pentavalente estará rodeado de cuatro átomos de silicio, que compartirán un electrón con el átomo central, pero en este caso quedará un electrón adicional. Como en el orbital de valencia sólo pueden situarse cuatro electrones, el electrón libre queda en un orbital mayor (orbital de conducción) por lo que se trata de un electrón libre.

Como el número de electrones es mayor que el de huecos, los electrones reciben el nombre de portadores mayoritarios, y los huecos portadores minoritarios.” (Ingelibreblog, 2014).

Recordando el modelo atómico de Rutherford, como se muestra en la ilustración 3:

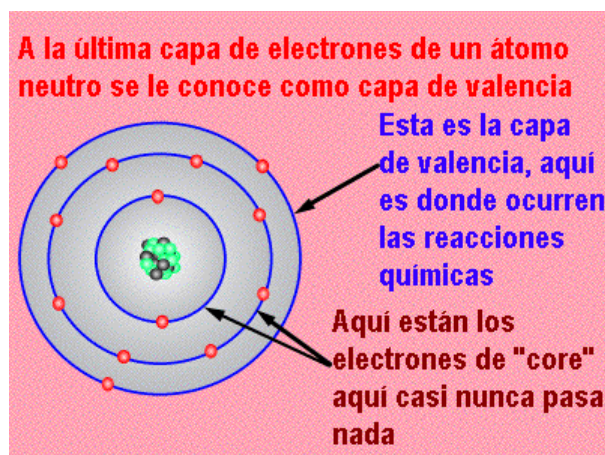


Ilustración 3: Modelo atómico de Rutherford. (Fuente: Imágenes de Google, 2019)

Nos hacemos una idea de cómo están formadas las placas semiconductoras dopadas. Se trata de una capa consistente sólida en su mayoría formada por silicio (como la

⁵ Según el modelo atómico de Rutherford, un átomo se compone de un núcleo de partículas subatómicas que tienen carga positiva y partículas con carga neutra, y electrones con carga negativa que giran en diferentes órbitas alrededor del núcleo. La órbita de electrones más exterior se denomina el orbital de valencia. En la ilustración 3 se puede apreciar los diferentes átomos con el orbital de valencia y el núcleo.

mayoría de los materiales semiconductores) pero incluyendo átomos de otros elementos que tengan una valencia mayor, más cantidad de electrones en la capa superficial.

Es por eso que se denomina N de Negativo, por la carga negativa adicional que tiene la placa, gracias a los materiales añadidos al silicio.

Este movimiento de electrones es el que nos va a generar el campo magnético, el que interactuará con los fotones de la luz para la generación de electricidad.

Semiconductores tipo P

Las placas semiconductoras de tipo P, son las contrarias a las de tipo N. Si las de tipo N eran placas semiconductoras con exceso de electrones, de Negativo, las placas tipo P tienen un electrón menos en sus componentes, están cargadas positivamente, P de positivo.

“Se produce igual que en el caso anterior, pero añadiendo una impureza trivalente (átomos con tres electrones en la capa de valencia, como el aluminio, el boro o el galio).

Ahora los huecos se denominan portadores mayoritarios, porque superan en número a los electrones libres y éstos se denominarán portadores minoritarios.” (Ingelibreblog, 2014).

Resumiendo, las placas semiconductoras tipo N y tipo P están compuestas principalmente por silicio, pero añadiendo diversos materiales en dichas capas de silicio con el objetivo de generar un campo electromagnético (magnetismo generado por el movimiento de electrones, Ley de Faraday)⁶ para guiar a los electrones (fotones) de la luz hacia nuestro sistema de conexión, generando electricidad.

En las siguientes ilustraciones se puede captar la idea de las placas semiconductoras dopadas, la estructura de los átomos en sí:

⁶ La ley de Faraday postula que se puede inducir corriente eléctrica a partir de un campo magnético, y viceversa. Es decir, se puede inducir un campo magnético a partir de una corriente eléctrica. El movimiento de los electrones de las placas de tipo N a P son el mecanismo clave que hace funcionar a los paneles fotovoltaicos, interactuando con los fotones de la luz.

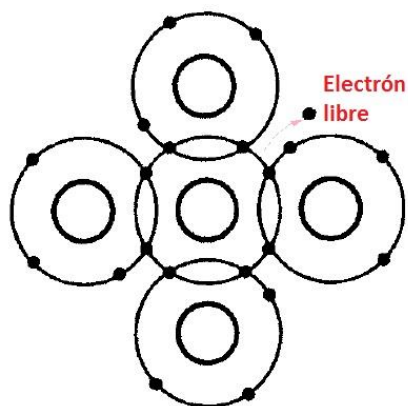


Ilustración 4: Esquema de la estructura atómica de la placa tipo N. (Fuente: ingelibreblog.es, 2014)

Como se aprecia en la imagen, el átomo con valencia negativa se ve rodeado por cuatro átomos de silicio, por lo que queda un electrón libre. El movimiento de este electrón hacia la placa tipo P es el que nos dará la inducción magnética. En la siguiente ilustración se observa el caso contrario, la placa de tipo P:

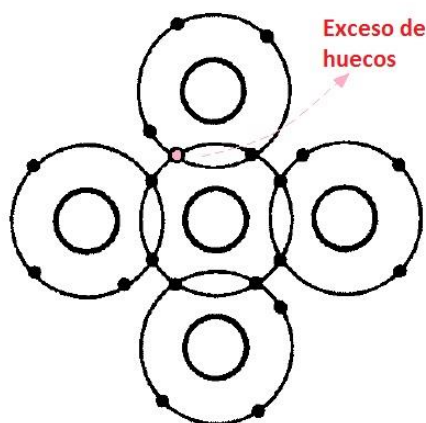


Ilustración 5: Esquema de la estructura atómica de la placa tipo P. (Fuente: ingelibreblog.es, 2014)

Celda fotovoltaica

Como hemos mencionado anteriormente, las celdas fotovoltaicas son las unidades del panel fotovoltaico. Unidades que funcionan por separado pero todas conectadas, responsables de la generación eléctrica de la instalación.

En la siguiente ilustración (Ilustración 4) podemos observar la estructura de las celdas fotovoltaicas y sus componentes:

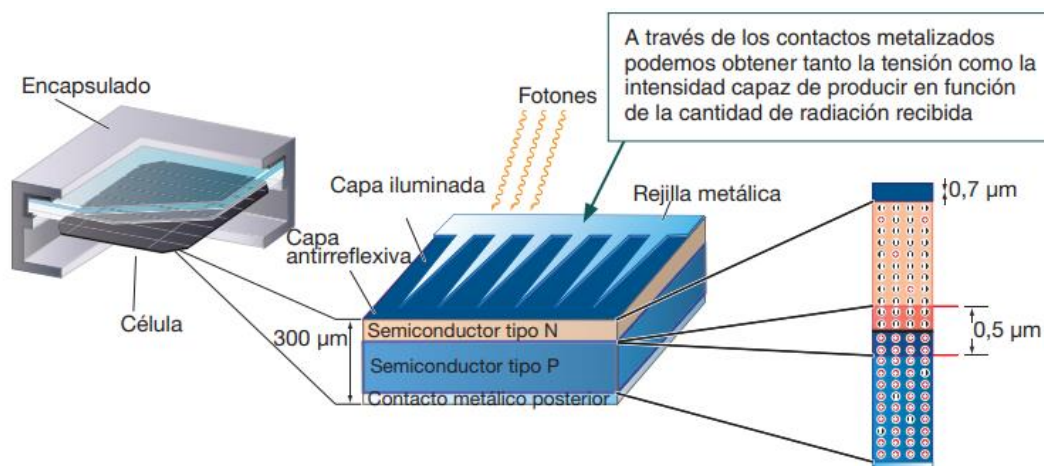


Ilustración 6: Estructura de una célula fotovoltaica. (Fuente: mheducation.es, 2019)

Como podemos ver en la anterior ilustración, la célula fotovoltaica está dividida en las fases anteriormente mencionadas. Debajo de las células, las sujeta una estructura sólida, normalmente se utiliza acero galvanizado.

Si nos fijamos en la posición de las placas semiconductoras, la placa tipo N está encima de la placa tipo P. Esta posición tiene un significado, tal y como nos explica mheducation.es:

“Una célula solar se comporta como un diodo⁷: la parte expuesta a la radiación solar es la N, y la parte situada en la zona de oscuridad, la P. Los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona P se encuentra metalizada por completo (no tiene que recibir luz), mientras que en la zona N el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor”. (mheducation.es, 2019)

Resumiendo, la célula solar está diseñada para fluir la corriente eléctrica hacia una dirección, concretamente desde el exterior hasta el sistema de conexión del panel fotovoltaico.

Actúa como un diodo, los fotones de la luz inciden sobre el panel y la célula los conduce hacia nuestro circuito cerrado. Cuanto más cristalizado esté el silicio, con más facilidad serán conducidos, por eso el rendimiento es mayor. Así es como sucede el fenómeno eléctrico.

Inversor de corriente

El inversor es un dispositivo necesario en la instalación de los paneles fotovoltaicos, el cual, como hemos dicho antes, cumple dos funciones elementales:

- Convierte la corriente continua en corriente alterna
- Cambia el voltaje de la instalación a 220 voltios para el funcionamiento de los electrodomésticos

⁷ Un diodo es un dispositivo semiconductor que actúa como un interruptor de la corriente, permite que la corriente fluya en una dirección, pero no en la opuesta. (fluke.com)

Por tanto, si este dispositivo no estuviera presente, no se podría utilizar la instalación. Veamos la descripción del dispositivo que nos dice mpptsolar.com:

“Un inversor es un dispositivo electrónico capaz de transformar una corriente continua (DC) en una corriente alterna (AC) a un voltaje y frecuencia determinados. Por ejemplo, si tenemos que alimentar un electrodoméstico que funciona en corriente alterna 230 V (frecuencia 50 Hz) pero no tenemos a disposición la corriente alterna de red, gracias al inversor, igualmente podemos alimentarlo, utilizando una fuente de corriente continua, como una batería de 12V (DC).

Por lo tanto, es indispensable usarlo para alimentar a través de corriente continua, los dispositivos eléctricos que funcionan en corriente alterna. Los inversores se utilizan en sistemas fotovoltaicos aislados (autónomos) para alimentar dispositivos eléctricos de casas aisladas, refugios de montaña, casas rodantes y barcos, y también se utilizan en sistemas fotovoltaicos conectados a la red para introducir la corriente producida por la planta directamente en la red eléctrica de distribución (inversores fotovoltaicos)” (mpptsolar.com, 2019)

El inversor tendrá una función adicional en el sistema fotovoltaico. Si la batería tiene unos niveles altos de carga, el sistema dejará de cargar la batería y suministrará directamente la energía generada por las placas. Esta gestión la hace el inversor, junto con el regulador de corriente, y gracias a esta función resultará una eficiencia máxima a la hora del uso de la energía eléctrica generada.

Sin embargo, existen diferentes tipos de inversores, que se utilizan para diferentes medios. En la siguiente lista se citan los tres tipos de inversores:

- Inversores de onda cuadrada: son los adecuados para alimentación de cargas puramente resistivas.
- Inversores de onda senoidal modificada: son los adecuados para alimentación de cargas resistivas y capacitivas, con cargas inductivas podrían producir ruido.
- Inversores de onda sinusoidal pura: son los adecuados para alimentación de todo tipo de cargas, ya que reproducen fielmente una onda senoidal igual a la de la red eléctrica doméstica.

Veamos el concepto de carga para aclarar la terminología de la descripción.

Cargas resistivas, capacitivas e inductivas

El término carga hace referencia a un sistema energético que convierte un tipo de energía en otro. Por ejemplo, una bombilla convierte la energía eléctrica en energía lumínica y calorífica. En la siguiente lista se describen los diferentes tipos de cargas:

- *“Carga resistiva: es aquel dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía calorífica.*
- *Carga capacitiva: es aquel dispositivo el cual toma la carga en el primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna la convierte en campo eléctrico, que en el*

siguiente medio ciclo regresa la potencia a la fuente. Es decir, que el capacitor se carga y descarga (toma potencia de la fuente, la usa y la regresa, pero no la consume).

- *Carga inductiva: es aquel dispositivo que toma la carga en el primer medio ciclo de la fuente de corriente alterna, la convierte en campo magnético variable que, de acuerdo con las leyes de Faraday y Lenz, producen una tensión en la bobina que se opone a la fuente que la produce. De tal forma que en el siguiente medio ciclo regresa la potencia a la fuente.” (Fuente: Carlos Velasco, maquinaselectricascarlos, Google sites.)*

Por tanto, las diferentes cargas determinarán el tipo de inversor que se necesita para la instalación deseada. Como hemos mencionado antes, el inversor realiza las funciones de cambiar el tipo de corriente y el voltaje de corriente.

Sin embargo, no lo hace de golpe, el dispositivo funciona gracias a que está compuesto de dos dispositivos diferentes que realizan las funciones por separado: el alternador y el transformador, en el caso del inversor de onda cuadrada.

En el siguiente punto se describen en detalle estos dos componentes:

¿Qué es un alternador?

Veamos la descripción del alternador que nos ofrece mpptsolar.com:

“El alternador es una máquina eléctrica giratoria que transforma la energía mecánica en energía eléctrica en forma de corriente alterna a través del fenómeno natural de la inducción electromagnética (un ejemplo es la dinamo para bicicleta). En su forma más simple, se compone de una bobina de alambre con un imán giratorio al lado.

Tan pronto como el polo del imán se acerque a la bobina, se creará una corriente inducida en la bobina y ésta fluirá en la dirección opuesta a la rotación del imán. Entonces se produce una corriente alterna.” (mpptsolar.com, 2019)

La siguiente ilustración muestra un esquema de la anterior descripción:

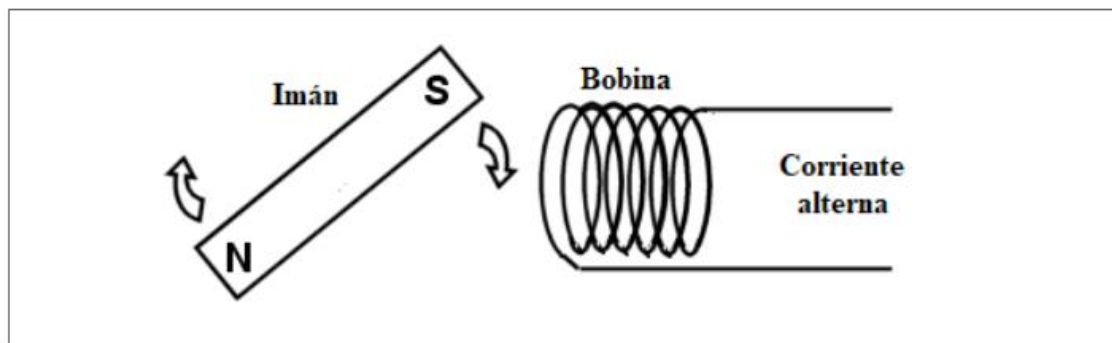


Ilustración 7: Esquema estructural sencillo de un alternador. (Fuente: mpptsolar.com, 2019)

Como nos dice la anterior descripción, ésta es la forma más simple de un alternador. También es bastante ineficiente, por lo general el imán suele ser la parte exterior del

dispositivo, y es la bobina la que gira dentro, así están estructurados los motores eléctricos modernos, los cuales tienen la misma estructura, solo que tienen la función opuesta: en vez de transformar la energía mecánica (movimiento) en energía eléctrica transforman la energía eléctrica en energía mecánica.

Además, el término alambre hace referencia a hilo de cobre, principal elemento utilizado en las bobinas. Recordemos que los materiales más conductores son de mayor conductividad a menor oro, plata y cobre. Como el oro y la plata son materiales muy caros, el cobre es el más utilizado para la construcción de dispositivos eléctricos.

A continuación, se describe la estructura del transformador.

¿Qué es un transformador?

Veamos la definición que nos ofrece mpptsolar.com:

“Un transformador también produce una corriente alterna inducida en la bobina, pero en este caso, el campo magnético variable es producido, no por un imán sino por otra bobina (llamada bobina primaria) que tiene una corriente alterna que fluye en ella.

Cada bobina atravesada por una corriente eléctrica alterna se comporta como un imán y produce un campo magnético. Si la dirección de la corriente cambia, la polaridad del campo magnético cambia.

La utilidad del transformador es que la tensión producida en la bobina secundaria no es necesariamente la misma que la aplicada a la espiral primaria. Si la bobina secundaria está compuesta de un doble bobinado (tiene dos veces el número de giros) con respecto a la bobina primaria, la tensión secundaria será el doble del voltaje aplicado a la bobina primaria. En realidad, podemos producir la tensión que queramos variando el tamaño de las bobinas.” (mpptsolar.com, 2019)

La siguiente imagen muestra un esquema básico de la estructura de un transformador:

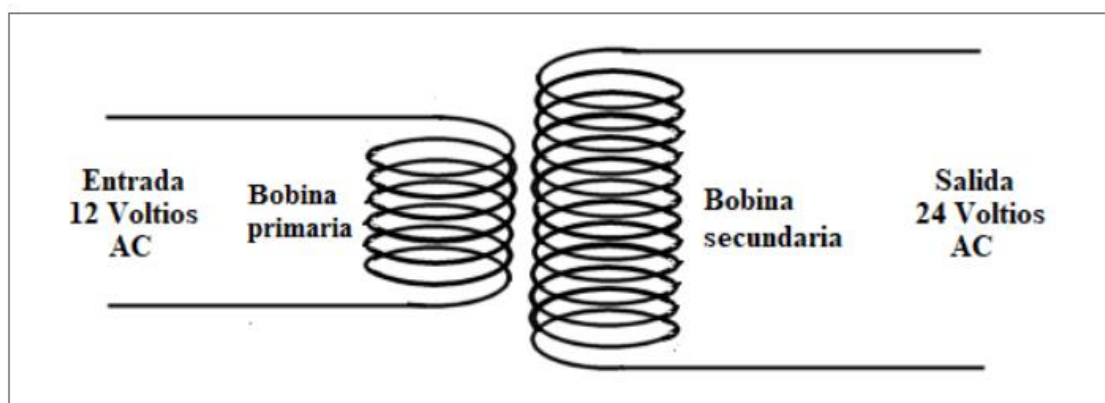


Ilustración 8: Estructura básica de un transformador. (Fuente: mpptsolar.com, 2019)

Resumiendo, el transformador funciona a base de transferir la energía eléctrica por inducción de una bobina a otra, y dependiendo del número de vueltas que tenga la bobina la corriente de salida tendrá un voltaje u otro.

En nuestro caso, el inversor que se utiliza ya está preparado para utilizarlo en instalaciones fotovoltaicas, por lo que el transformador interno que tiene ya tiene el número de bobinas justo para que la corriente de salida tenga 220-230 voltios.

No obstante, al tratarse de un inversor eléctrico, el inversor no tiene alternador. No es igual que por ejemplo el sistema eléctrico de un coche, el cual el alternador aprovecha la energía mecánica de la tracción para generar la corriente alterna, como hemos visto en el punto anterior.

Existen otros mecanismos por los cuales se puede alternar la corriente, sin necesidad de un imán giratorio. En el siguiente punto vamos a describir el elemento.

Circuito multivibrador astable

Un circuito multivibrador astable es un circuito diseñado para transformar corriente continua de bajo voltaje a una corriente alterna de alto voltaje. Sin embargo, este tipo de circuitos no es óptimo para cargas capacitivas ni inductivas, debido a su riqueza en armónicos (producen ruido). Consiste básicamente en una serie de transistores, diodos y resistencias conectados entre sí para dejar pasar la corriente en una dirección u otra en una frecuencia determinada. En la siguiente ilustración se aprecia el esquema estructural del circuito:

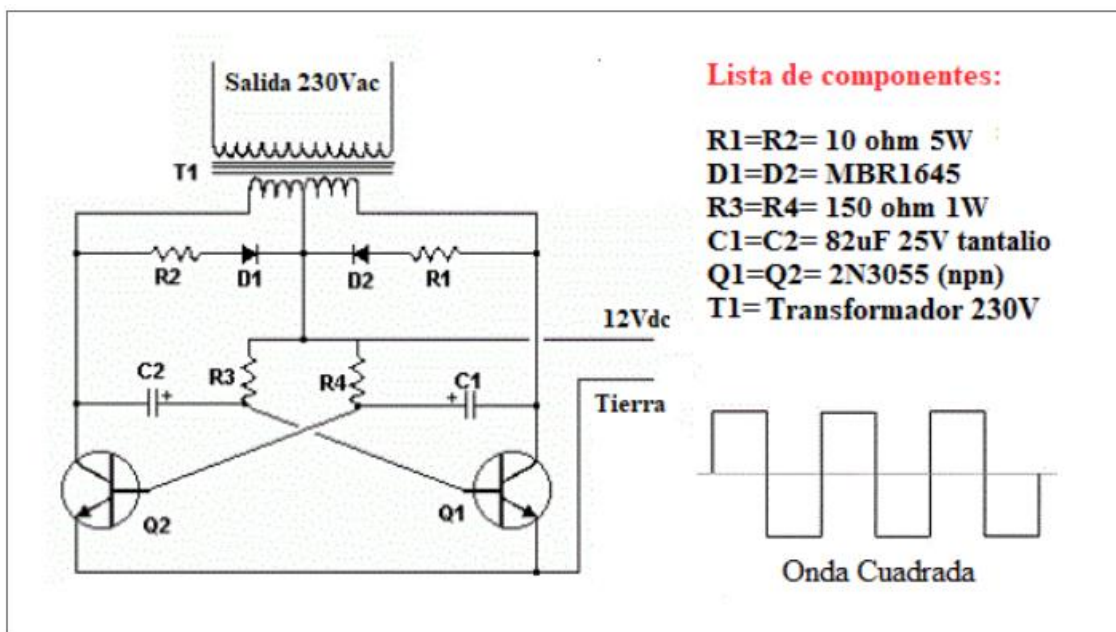


Ilustración 9: Esquema estructural de un circuito multivibrador astable. (Fuente: mpptsolar.com, 2019)

“Los transistores Q1 y Q2, así como el transformador T1, determinan cuánta potencia puede suministrar el inversor. Q1 y Q2 son transistores 2N3055 y T1 es un transformador de corriente máxima de 15 A. En este caso, el inversor puede suministrar alrededor de 300 vatios.” (mpptsolar.com, 2019)

Recapitulando, el inversor necesario para la instalación fotovoltaica es un inversor de onda senoidal pura, ya que imita casi a la perfección la corriente alterna que nos ofrece

la red eléctrica. A continuación, veremos un esquema estructural sencillo de un inversor de onda senoidal pura.

Inversor de onda senoidal pura

Veamos la descripción que nos ofrece mpptsolar.com:

“Para obtener una corriente alterna senoidal a la salida de nuestro transformador, debemos aplicar una corriente senoidal en la entrada. Para producir una onda senoidal a la entrada de la bobina primaria, necesitamos un oscilador.

Uno de los osciladores más simples que podemos hacer es definitivamente el de Puente de Wien con transistores FET. La salida tiene un rendimiento estable gracias a la retroalimentación.

En la mayoría de los circuitos oscilantes, la corriente de salida será de baja intensidad o, en cualquier caso, no será suficiente para impulsar la bobina principal. Por tanto, esta corriente tendrá que ser amplificada, por lo que será mas o menos equivalente a un potente amplificador de audio para producir una alta corriente para la bobina primaria del transformador.

A medida que aumenta la tensión, la corriente se reduce, y la potencia (voltaje x corriente) permanece igual (descuidando las pérdidas internas en el transformador). En otras palabras, para obtener en la salida 1 Kw en corriente alterna, necesitamos suministrar en la entrada 1 Kw en corriente continua.

Los mejores y más caros inversores son gestionados por un microcontrolador y basan su funcionamiento en la modulación por ancho de pulso (PWM). El sistema puede retroalimentarse para proporcionar una tensión de salida estable ante las variaciones de la tensión de entrada.

Para ambos tipos de modulación, la calidad de la señal está determinada por la cantidad de bits empleados. Va desde un mínimo de 3 bits hasta un máximo de 12, capaz de describir la senoide con una excelente aproximación.” (mpptsolar.com, 2019)

La siguiente ilustración muestra un esquema estructural sencillo del modelo de inversor mencionado:

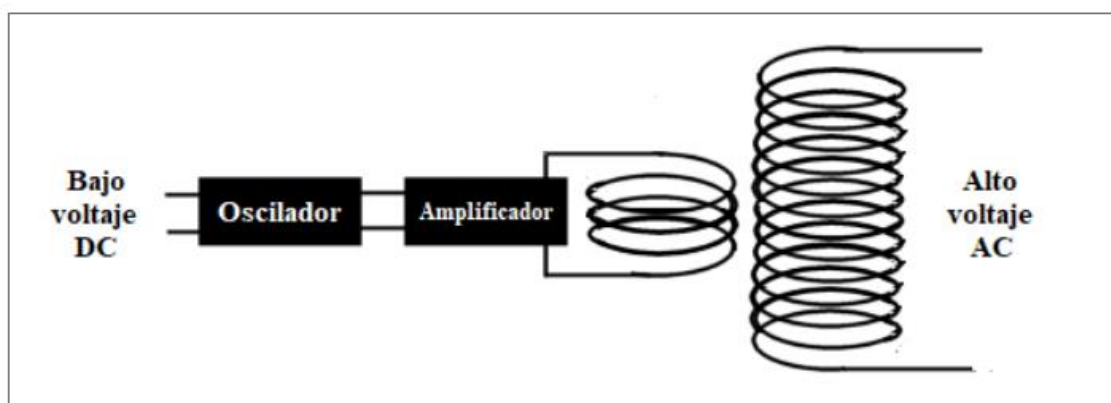


Ilustración 10: Esquema estructural de un inversor de onda senoidal pura. (Fuente: mpptsolar.com, 2019)

En resumen, el inversor que vamos a utilizar en nuestro sistema fotovoltaico es un inversor que consta de tres partes: el oscilador, el amplificador y el transformador. El oscilador cambia la corriente continua en corriente alterna, el amplificador amplifica la señal y el transformador cambia el voltaje a 220 voltios, que es el voltaje necesario para que los electrodomésticos del hogar funcionen. Así, cambiamos la corriente continua de bajo voltaje a corriente alterna de alto voltaje.

Otros componentes

En este punto se listan el resto de los componentes de la instalación de paneles fotovoltaicos. La siguiente lista indica los elementos restantes de la instalación:

- Cableado: son los cables que conectan las placas fotovoltaicas con el resto de los componentes de la instalación. Estos cables están formados por un hilo de cobre de 6 mm (dato facilitado por la empresa instaladora), recubiertos con resina de plástico elástica de polietileno de alta densidad.
- Regulador: pequeño dispositivo electrónico incluido en el inversor, que regula las desviaciones de tensión producidas por las placas fotovoltaicas para un flujo constante de electricidad.
- Batería de litio: elemento que se encarga de almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos. Como hemos mencionado anteriormente, las baterías modernas ya no están compuestas por plomo, sino por litio, por lo que no representa un riesgo para la salud humana. Además, el precio de las baterías ha disminuido, rondando los 1200 euros para un caso como el del proyecto (datos facilitados por la empresa instaladora).

Instalación solar térmica

En este punto vamos a desarrollar la instalación solar térmica para el agua sanitaria. Resumiendo, la instalación consiste en un panel que capta el calor de la luz del sol, donde dentro de él van recorriendo las tuberías que llevan el agua sanitaria. La luz del sol calienta el agua, transfiriendo por el método de termosifón el agua al tanque.

Encima de este panel, se encuentra el tanque acumulador, el cual fabricado con material aislante para mantener la temperatura obtenida del agua. De esta manera se puede usar agua caliente en cualquier hora del día.

En las siguientes ilustraciones se aprecia un esquema funcional del calentador o panel térmico solar:



Ilustración 11: Esquema funcional de un panel térmico solar. (Fuente: Sitiosolar, 2019)

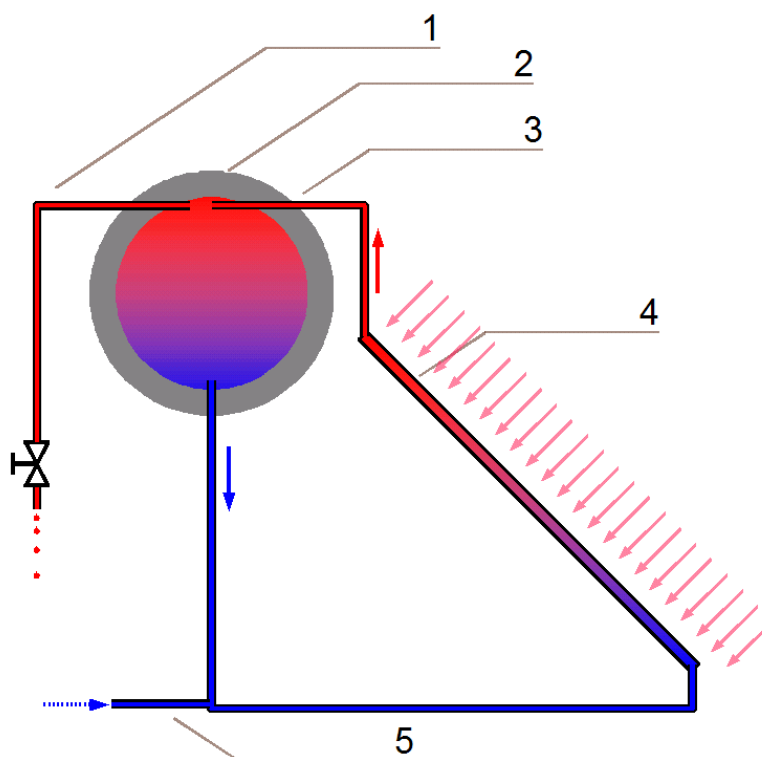


Ilustración 12: Esquema funcional de un panel térmico solar. (Fuente: Wikipedia, 2019)

Como se puede apreciar en las anteriores ilustraciones, el agua sanitaria entra en el circuito por la parte de debajo del sistema (5). El panel solar calienta el agua (4), y ésta al reducir su densidad por el aumento de temperatura, se desplaza hacia el tanque de almacenamiento (2), que a su vez desplaza el agua fría del tanque hacia abajo. El agua caliente se envía a la red de agua doméstica para su uso (1).

En los siguientes puntos se describen los tipos de paneles solares térmicos que se utilizan para instalaciones en viviendas:

Paneles térmicos de placa plana

Los paneles térmicos de placa plana son unos paneles que se componen de una placa plana con pintura negra especial para este tipo de dispositivo, la cual calienta el agua y por el efecto de termosifón asciende el agua hacia el tanque de almacenamiento. Esta placa esta compuesta por diversos tipos de materiales

Su principal ventaja es que son algo más resistentes y fáciles de instalar que los de tubos de vacío. Además, en muchos casos los usuarios deciden construir este tipo de dispositivos ellos mismos en vez de comprar uno, debido a su sencilla estructura. Sin embargo, los paneles solares caseros no tienen tanta eficiencia como los industriales debido a su imprecisión de construcción.

La principal desventaja es que ofrecen menos rendimiento que los de tubo de vacío.

La siguiente ilustración muestra un ejemplo de panel térmico de placa plana:



Ilustración 13: Panel térmico solar de placa plana. (Fuente: calorex.com.mx, 2019)

Paneles térmicos de tubos de vacío

Estos paneles tienen una estructura similar a los anteriormente mencionados, con la diferencia en el panel solar. En vez de tener una placa compacta uniforme, el panel está compuesto por tubos de vacío, por donde circula el agua.

Estos tubos están hechos de vidrio, y por dentro llevan una capa absorbente que favorece el aumento de la temperatura del agua.

Su principal ventaja es la eficiencia, son mas eficientes que los paneles de placa plana.

La principal desventaja es la fragilidad. Al estar compuesto por tubos de vidrio, en zonas donde las temperaturas bajan de los cero grados centígrados, se forma hielo en el sistema y rompe los tubos de vidrio.

También, si el agua se calienta demasiado y hierve, el sistema se estropea hasta quedar inservible.

La siguiente imagen muestra un esquema estructural de los tubos de vacío del panel:

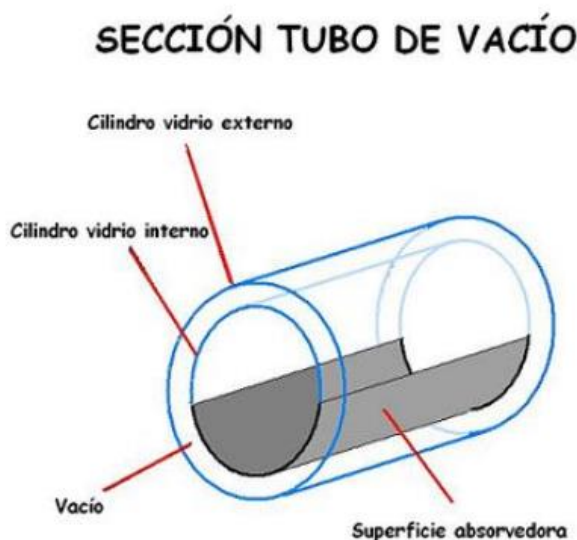


Ilustración 14: Estructura del tubo de vacío. (Fuente: Sitiosolar, 2019)

La siguiente imagen muestra un panel de tubos de vacío:



Ilustración 15: Panel térmico solar de tubos de vacío. (Fuente: Sitiosolar, 2019)

Como se puede apreciar en la ilustración 15, el panel de tubos tiene una estructura similar al de placa plana. Los tubos de vacío con la superficie interior negra calientan el agua de dentro y el agua caliente pierde densidad, por lo que asciende hacia el tanque de almacenamiento por el efecto de termosifón.

Resumiendo el marco teórico, el proyecto consta de dos instalaciones de una única fuente de energía renovable: la energía solar. La instalación fotovoltaica es la encargada de producir energía eléctrica para el uso de los electrodomésticos del hogar, mientras que la instalación térmica solar será la encargada de calentar el agua para el uso de los propietarios de la vivienda. Estas instalaciones les darán a los propietarios casi total independencia energética de las compañías energéticas actuales. Además, estarán aportando un grano de arena a la lucha contra el cambio climático, a la vez que ahorran dinero. La inversión inicial no es tan grande como años anteriores, y con el tiempo amortizará de sobra la inversión.

Instalación y montaje de los sistemas

En este punto detallaremos los pasos de la instalación de ambos sistemas energéticos. En este proyecto, la instalación fotovoltaica la realiza una empresa externa de electricidad. Sin embargo, la instalación solar térmica quedará pendiente de estudio de viabilidad y de si los propietarios la desean o no. La instalación solar térmica juega un papel secundario en el proyecto, la esencia es la instalación fotovoltaica.

Antes de pasar a la instalación de los sistemas, veamos cómo se han de orientar los paneles para obtener una máxima eficiencia energética de éstos. De esta forma, el rendimiento de las instalaciones será el máximo, aprovechando al máximo la energía solar.

Orientación de los paneles

Tanto los paneles fotovoltaicos como los paneles solares han de tener la misma orientación. Para entender el concepto, repasemos el funcionamiento de ambos sistemas.

El funcionamiento es sencillo: los rayos de sol inciden sobre los paneles generando así el efecto deseado, que en este caso es generación de energía eléctrica y calor. Por tanto, hemos de situar los paneles de tal forma que incida la máxima radiación posible durante todo el día todos los días del año.

La siguiente imagen muestra un pequeño esquema de la inclinación solar según la estación del año:

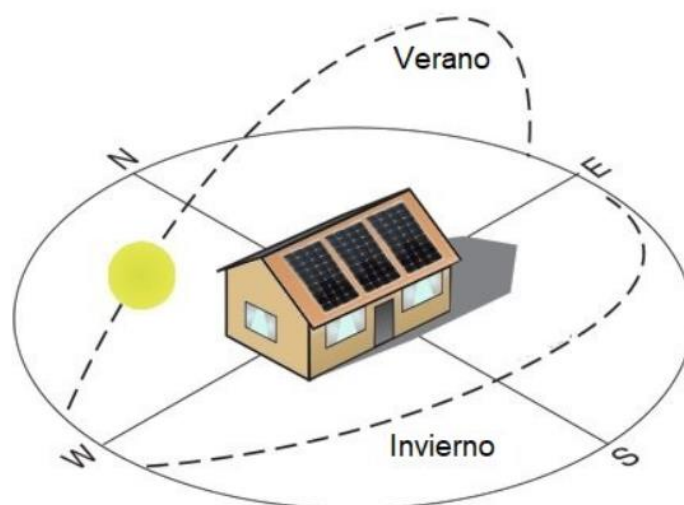


Ilustración 16: Inclinación solar respecto de las estaciones del año. (Fuente: Mptsolar, 2019)

Como podemos ver en la imagen 16, el recorrido del sol respecto del horizonte es diferente según la estación del año. Esto ocurre debido a la inclinación que la tierra posee: según en la latitud que nos encontremos la altura máxima solar será diferente, además del día. La altura del sol respecto del horizonte depende, además de la estación, de la latitud en la que nos encontremos.

Cuanto más nos acerquemos a los polos, menor será la altura máxima que el sol alcanza. Este efecto explica por qué en latitudes cercanas a los polos hay 6 meses de día y 6 meses de noche: la declinación solar diaria es tan baja que el sol no llega a esconderse en verano, y no llega a salir en invierno.

También se puede apreciar un factor fundamental: las placas han de ir orientadas hacia el sur, tal y como muestra la ilustración 16. La explicación es sencilla: se orientan hacia el sur para tener una incidencia solar durante todo el día. Si se orientaran hacia el este u oeste, la radiación solar solo incidiría por la mañana o tarde respectivamente.

Si se orientaran hacia el norte, sólo en verano los paneles recibiría radiación solar, debido a la inclinación solar hacia el sur que sufre la trayectoria del sol.

En resumen, las placas han de estar orientadas hacia el sur en todos los casos, aunque si existe algún tipo de impedimento para su orientación al sur geográfico (sombras de

árboles u otros) también pueden orientarse al sureste o suroeste. Según mpptsolar, el rendimiento sólo varía entre 1 y 3% en estos casos:

“De hecho, es útil saber que, si orientamos los paneles fuera de la dirección sur, hasta un máximo de 45° (sureste y suroeste), la producción anual sufre una reducción bastante limitada (1-3%). La radiación solar que reciben los paneles fotovoltaicos es casi la misma.

Sin embargo, si los paneles se giran en un ángulo de más de 45° hacia el sur, la producción comienza a disminuir significativamente. A 90° al sur (es decir, directamente al este y al oeste), la caída de producción puede llegar al 30%.” (Mpptsolar, 2019)

Por tanto, es un factor esencial que los paneles estén orientados hacia el sur, para un máximo rendimiento de las instalaciones.

Inclinación de los paneles

Los paneles solares (fotovoltaicos y térmicos) no sólo deben estar orientados hacia el sur. Además, deben tener una inclinación para un mayor rendimiento. Esto es debido a que las placas tienen un rendimiento máximo cuando la luz solar incide sobre ellas perpendicularmente (a 90° de la superficie dicha).

Para calcular la altura, debemos averiguar la latitud en la que se encuentra nuestra instalación para poder calcular la declinación solar. Además, según en la estación que nos encontremos, la altura solar variará. La máxima y la mínima altura solar para una latitud determinada (en un hemisferio determinado, en nuestro caso hemisferio norte) viene dada por los solsticios de verano e invierno.

En el solsticio de verano, para ese punto la altura del sol será máxima, y en el solsticio de invierno la altura del sol será mínima. Por tanto, esa es la base de nuestra orientación.

La inclinación de las placas también va a depender del uso que se le dé a la vivienda:

- Si la vivienda va a tener un uso sólo en verano (ejemplo: casa de pueblo, segunda residencia, etc) se orientarán las placas para que el rendimiento sea máximo en el solsticio de verano (21 de junio). Se inclinarán los grados en la latitud que nos encontremos menos 23⁰⁸.
- Si la vivienda va a tener un uso sólo en invierno se orientarán las placas para que el rendimiento sea máximo en el solsticio de invierno (21 de diciembre). Las placas se inclinarán los grados en la latitud que nos encontremos más 23⁰.
- Si la vivienda va a tener un uso todo el año, se calcula para un día que es resultado de la media aritmética en días julianos⁹ para el solsticio de verano e invierno, así se aprovecha al máximo tanto en verano como en invierno. Las placas se inclinarán en la latitud que nos encontremos.

⁸ Según Mpptsolar, la inclinación de la tierra sobre el eje horizontal es de 23° aproximadamente.

⁹ Días julianos es la numeración que se le da a los días del año donde el 1 de enero es 1 y el 31 de diciembre es 365

La explicación del por qué se han de inclinar las placas es muy sencilla. Imaginemos que la tierra no tuviera inclinación, que el ecuador coincidiera exactamente con el eje horizontal, como se puede apreciar en la siguiente ilustración:

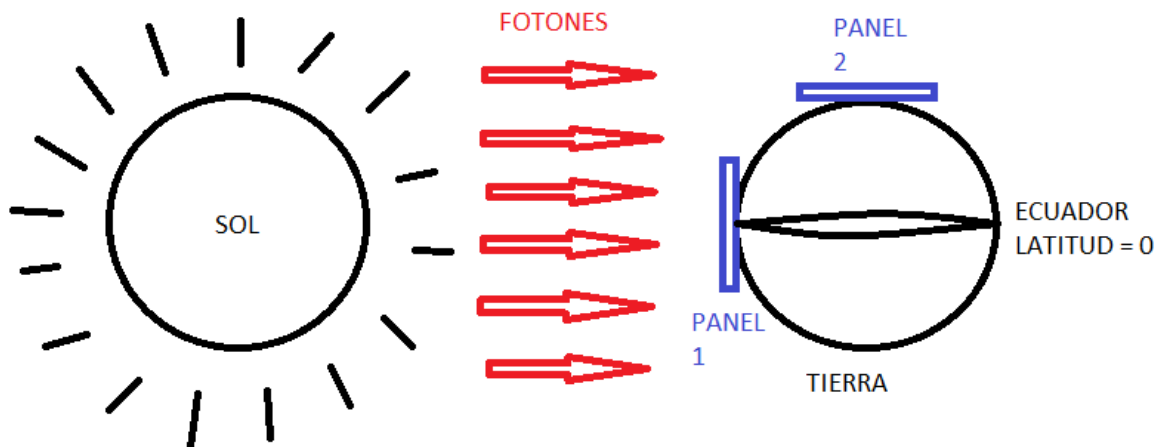


Ilustración 17: Funcionamiento de paneles en un caso ficticio de planeta no inclinado. (Fuente propia, 2019)

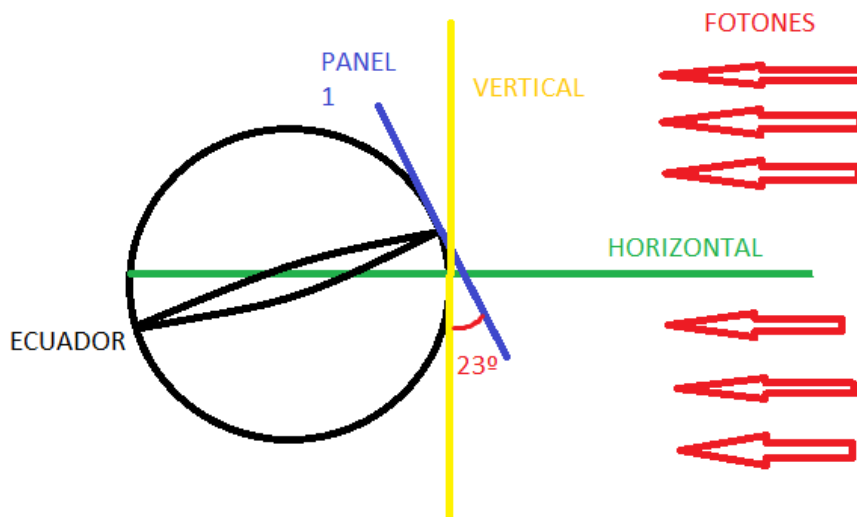
Supongamos, además, que existen dos paneles colocados en el suelo: el panel 1 y el panel 2. El panel 1 se sitúa en el ecuador (latitud 0°) y el panel 2 se sitúa en el polo norte (latitud 90°).

El panel 1 no habría que inclinarlo, ya que tanto en verano como en invierno en ese punto los rayos solares incidirían perpendicularmente al mediodía (hay que tener en cuenta también la rotación de la tierra) y tendría la máxima eficiencia para todo el año.

Sin embargo, el panel 2 habría que inclinarlo 90° para que los rayos incidieran en el panel perpendicularmente.

Por lo tanto, la “falsa latitud” y los grados que habría que inclinar la placa coincidirían.

Pero en el caso real, como la tierra tiene una inclinación aproximada de 23° (Mpptsolar), según la estación de más uso se inclinarán más grados o menos. La siguiente imagen muestra lo anteriormente explicado:



INVIERNO (HEMISFERIO NORTE)

Ilustración 18: Orientación del panel 1 para el invierno en el hemisferio norte. (Fuente propia, 2019)

Si nos fijamos en la ilustración 18, representa la variación de inclinación del panel 1 en el solsticio de invierno (21 de diciembre). El mismo panel de antes, a latitud 0, está inclinado 23° de menos con la vertical, por lo que, si queremos que el panel esté alineado con la vertical, y sea perpendicular a la dirección de los fotones (máximo rendimiento) debemos inclinar 23° de más.

En verano pasará el caso contrario: el panel sin inclinar estará 23° más inclinado, y habría que restarlos.

Por tanto, si queremos un uso de los paneles en todas las estaciones del año, debemos inclinar los paneles tantos grados como latitud tenga el punto de instalación.

También es importante comentar un detalle: en invierno hay menos horas de sol, el día dura menos. Por lo que, siempre se deberá inclinar los paneles un poco más de la latitud, para aprovechar al máximo las horas de sol, unos $5-10^\circ$.

Es importante aprovechar al máximo el invierno sobre todo si la instalación es mayoritariamente para un uso de electrodomésticos lumínicos: como hay menos horas de sol la energía gastada será mayor.

En el proyecto, la vivienda tiene una latitud aproximada de $40,11^\circ$. Es decir, si se quisiera favorecer la producción energética en invierno, habríamos de inclinar las placas sobre los $55-60^\circ$. Esta opción daría un plus en el invierno, pero no dejaría muy atrás la producción en verano.

En este proyecto, no se calcula la inclinación de las placas. Como es una casa donde el tejado está constituido por tejas y está inclinado, se decidió aprovechar la propia inclinación del tejado para facilitar la instalación.

Recordemos que, los usuarios van a dar un uso bajo-moderado a la instalación. Es una masía, una segunda residencia donde pasar el fin de semana. Por esta razón, los requisitos de instalación son menores, no hace falta un rendimiento del 100%.

Lo ideal sería que los paneles pudieran moverse en función de la estación del año en que nos encontremos, manualmente o motorizado. Para los paneles térmicos es un tanto difícil por el peso del tanque con el agua dentro, pero los paneles fotovoltaicos pueden moverse fácilmente debido a su bajo peso.

Montaje de la instalación fotovoltaica

En este punto vamos a detallar paso a paso la colocación de los elementos de la instalación fotovoltaica. Como hemos mencionado anteriormente, la instalación la realiza una empresa externa de instalaciones eléctricas. Esta empresa es la que determina los ajustes óptimos para la instalación, debido a sus competencias en el sector eléctrico.

Primero, se realiza un estudio de orientación del tejado de la vivienda. Se decide colocar las placas con la propia inclinación del tejado, y la orientación también es la misma. Dadas las necesidades energéticas que presenta el hogar, no es necesario colocar los paneles para que den un 100% de rendimiento, ganando así facilidad en la instalación y en la reparación en caso de avería.

Se realizan una serie de agujeros en las tejas para colocar los railes donde irán colocados los paneles. Se coloca la base y se ajustan los paneles. En la siguiente ilustración se aprecia los paneles colocados en el tejado:



Ilustración 19: Paneles fotovoltaicos colocados en el tejado de la vivienda. (Fuente propia, 2019)

Como se puede apreciar en la anterior ilustración, se trata de unos paneles de silicio policristalino. La inclinación es aproximadamente entre 25 y 30 grados, lo cual, según las características geográficas del lugar, dará una preferencia energética al verano.

El siguiente paso es conectar los paneles con los cables de luz adecuados. Para ello se conectan de los cuatro paneles dos y dos en serie y el resto en paralelo, tal que queden dos módulos conectados en paralelo de dos placas conectadas en serie.

La siguiente imagen muestra las conexiones de los paneles:

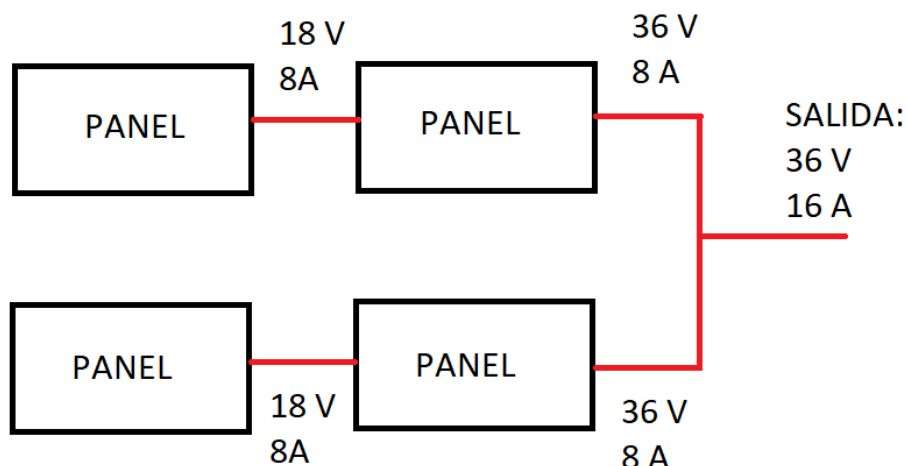


Ilustración 20: Estructura de las conexiones de los paneles. (Fuente propia, 2019)

Como podemos observar en la anterior ilustración, las intensidades se suma cuando están conectadas en paralelo, y el voltaje sigue siendo el mismo, al revés pasa cuando están conectadas en serie.

Por lo tanto, nuestro sistema produce una salida de 36 voltios y 16 amperios.

El siguiente paso es conectar el inversor, la batería y la toma a tierra. Las siguientes imágenes muestran cada elemento del sistema:



Ilustración 21: Inversor de corriente. (Fuente propia, 2019)



Ilustración 22: Batería de ión de litio. (Fuente propia, 2019)



Ilustración 23: Toma a tierra de cobre. (Fuente propia, 2019)

Las anteriores imágenes muestran cada elemento de la instalación fotovoltaica. En la siguiente imagen se muestra la estructura de la conexión de toda la instalación del hogar:

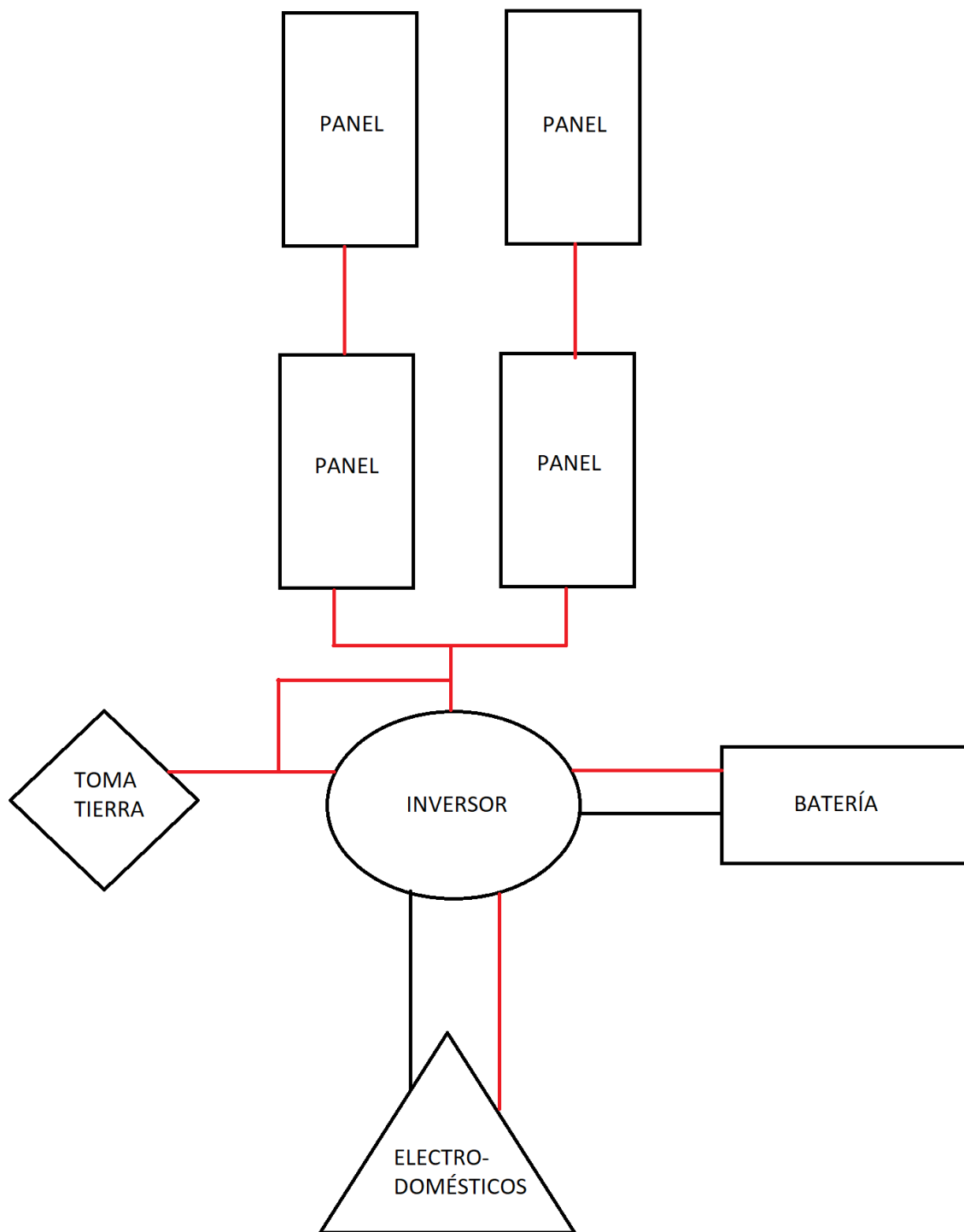


Ilustración 24: Esquema estructural de la instalación fotovoltaica. (Fuente propia, 2019)

Como se puede apreciar en la imagen, todas las conexiones están enfocadas al inversor. Este elemento es el punto central donde dirige la energía eléctrica hacia un lado u otro. No se tiene en cuenta otras instalaciones eléctricas, pues se trata de una instalación aislada.

Potencia de la instalación solar.

Sabemos que la potencia de la instalación es de 576 W (16 Amperios x 36 Voltios), según los datos recogidos en el campo. Sin embargo, este dato es muy general, y no está medido en laboratorio, por lo que no se puede realizar comparaciones. Se necesita una fuente de información adicional.

Para ello, se ha buscado un modelo de características similares en una tienda comercial, donde nos informan de los detalles de los componentes de la instalación.

El kit consta de cuatro paneles fotovoltaicos, un inversor y dos baterías (en el proyecto una solo). El kit completo genera de media 6400 Wh/día, capturando 4020 Wh/día en invierno y 9380 Wh/día en invierno.

Estos datos se han medido con un mínimo de 3 horas pico de sol en invierno, y 7 horas pico de sol en verano.

Los dispositivos que se pueden utilizar con la instalación son los siguientes:

- 1 frigorífico A+++
- 4 luces LED 10W durante 4h/día
- 2 cargas de móvil durante 3h/día
- 1 TV plana 50W durante 4h/día
- 1 ordenador portátil durante 4h/día
- 1 bomba de pozo 0,5 CV máximo 1h/día
- 1 microondas
- Otros electrodomésticos de consumo moderado

No se incluyen en la instalación electrodomésticos que tengan un consumo elevado, tales como calefacción u horno, maquinaria de trabajo como hormigoneras, taladros o radiales, castillos hinchables, etc. (Fuente: Autosolar, 2019)

Montaje de la instalación solar térmica

El montaje de la instalación solar térmica quedará pendiente. Se estudiará la propuesta y se presentará la idea a los propietarios para determinar si se realiza la instalación de los paneles solares para agua sanitaria.

Ahorro de emisiones y ahorro económico

En este punto vamos a detallar el ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero y el ahorro económico que generan los propietarios al disponer de esta instalación.

“Los paneles solares que ofrece Galt Energy están certificados y garantizados, porque duran más de 25 años.

Ya sea en el techo de una casa, o negocio, los paneles solares están siempre expuestos a la intemperie, la radiación del sol, el viento y los cambios climáticos, que van degradando el panel poco a poco.

Es importante advertir que bajan su eficiencia, en tan sólo 10%, al final de este largo periodo de tiempo. No obstante, siguen funcionando. Se estima que los paneles solares pueden durar hasta 40 o 50 años.” (Fuente: blog.galt, 2015)

Por tanto, al menos 30 años (restando la eficiencia que pierde y sumando la durabilidad de los paneles) los paneles habrán generado los quilovatios a eficiencia máxima.

Si nuestra instalación genera un promedio de 6400 Wh/día, en un año habrá generado $6400 \times 365 = 2336$ kWh/año, y en treinta años habrá generado $2336 \times 30 = 7 \times 10^4$ kWh.

El coste del kilovatio es variable dependiendo de la tarifa que se disponga. Para la comparación de datos seleccionamos precios sin discriminación horaria de diferentes compañías eléctricas. La siguiente tabla muestra diferentes precios fijos en luz:

COMPAÑÍA	ENDESA	EDP	IBERDROLA	PODO	HOLALUZ	MEDIA
EURO/KW	0,1198	0,1367	0,1394	0,1350	0,1390	0,1340

Tabla 2: Tarifas fijas de kilovatio según compañías. (Fuente: Tarifasgasluz, 2019)

Por lo tanto, el dinero teórico gastado en luz sería de $70000 \times 0,1340 = 9380$ euros.

Si la instalación cuesta alrededor de 2000 euros (sin contar mano de obra) el ahorro económico teórico sería de $9380 - 2000 = 7380$ euros.

Según CámaraZaragoza, el factor de conversión de kilovatio a kilogramo de CO₂ es de 0.385 kg de CO₂ equivalente / kWh. (Excel descargable de la página)

Esta instalación, anualmente ahorrará $2336 \times 0.385 = 900$ kg de CO₂ equivalente. En los 30 años de eficiencia máxima habrá ahorrado $900 \times 30 = 27000$ kg de CO₂ equivalente.

También habría que tener en cuenta el coste energético de fabricación y reciclaje del panel fotovoltaico, pero esa cantidad es despreciable respecto a la cantidad de emisiones que ahorra.

Este dato significa que, si todas las viviendas de España se abastecieran lo máximo posible de energía solar, no sólo descenderíamos en la lista de los países con más huella de carbono, sino que los habitantes del país podrían seguir usando el automóvil privado sin consecuencias para el medio ambiente, ya que el ahorro en emisiones es muy elevado.

Por lo tanto y sin duda alguna, la instalación fotovoltaica es una opción favorable, tanto para el medio ambiente como para el bolsillo, y cada día será más favorable debido a la mejora continua de las tecnologías de fabricación y la búsqueda de eficiencia energética.

Energía solar del futuro: paneles solares flexibles

Pablo G. Bejerano, nos cuenta en su blog, como el Massachusetts Institute of Technology (MIT) ha realizado un nuevo modelo de panel solar flexible, el cual resulta mucho más económico de fabricar y tiene cuatro veces más de rendimiento:

“La tecnología de paneles solares flexibles, impulsada por el MIT, no sólo se adapta a las superficies, aunque éstas no sean rígidas o planas, sino que aumenta la eficiencia de las placas tradicionales descomunalmente. El sistema fotovoltaico puede ser montado sobre papel, en lugar de cristal u otros materiales, lo que reduce increíblemente el coste final y aporta ligereza al conjunto. Así, cuando la tecnología esté madura, permitiría incorporar paneles a la ropa, que a su vez podrían servir para cargar dispositivos móviles como smartphones.

Un equipo de investigadores del Massachusetts Institute of Technology (MIT), pionero en el terreno de los paneles solares flexibles, desarrolló un ejemplo de este tipo de placas formadas sobre papel que encierra un abanico de posibilidades. Se trata de circuitos fotovoltaicos orgánicos, que se obtienen utilizando el proceso de deposición química de vapor, frecuente en el tratamiento de semiconductores.

Cuando tenga una madurez suficiente esta tecnología se podrá utilizar incluso para empapelar paredes y absorber energía de la luz eléctrica en habitaciones cerradas. La adaptabilidad de estos paneles permitirá acoplarlos en todo tipo de superficies, desde tejados a objetos de consumo. Su incorporación a las tejas será más fácil y se reducirán los costes. Además, para igualar la cantidad de electricidad generada por placas solares avanzadas flexibles habría que instalar cuatro veces más superficie de paneles tradicionales.” (Fuente: G. Bejerano, 2013)

En conclusión, si lo escribió en el 2013 y estamos en 2019, eso quiere decir que falta muy poco para que se dé a conocer mundialmente el nuevo modelo de panel solar. Es un buen momento para invertir en este tipo de tecnología, ya que será la revolución energética, superando a otras fuentes de energía renovable como la eólica o la hidráulica.

Conclusiones

De este estudio podemos sacar varias conclusiones:

La energía, la eléctrica entre otras, es un recurso imprescindible hoy en día para la vida humana. Por lo que, hemos de buscar la eficiencia energética para poder seguir consumiendo esa energía necesaria sin provocar daños significativos al medio ambiente.

La energía solar es el futuro. Es un hecho, es la fuente de energía renovable que más éxito va a tener, ya que aún no está explotada al 100%. Como hemos mencionado anteriormente, los paneles tienen un rendimiento aproximado del 20%, y su adquisición es rentable, como hemos visto. ¿Qué pasará cuando se investigue y salga a la luz una nueva tecnología que aproveche la luz al 100%? Pero más cercano aún, pongamos al 50%. Si se desarrollara para un 50%, una instalación para un hogar podrá suministrar al completo todos los electrodomésticos que puedan usar los propietarios de la vivienda.

De hecho, la energía solar es el presente. Ya que, no sólo se ahorran emisiones de CO₂ equivalente a la atmósfera, sino que tiene ahorro económico frente a la electricidad generada por fuentes de energía no renovables. Entonces, si sale más barato y es más ecológico, ¿por qué no cambiar?

Desgraciadamente, en el caso de España, muchas familias no disponen de ese presupuesto inicial para instalar los paneles fotovoltaicos y térmicos. Además, muchas personas viven en pisos, por lo que es muy difícil realizar una instalación solar.

En mi opinión, todavía falta mucha educación económica, tanto en España como en otros países para conseguir una nación eficiente energéticamente y ecológica al mismo tiempo. Las personas se gastan el dinero en elementos pasivos, creyendo que la adquisición de materiales que han visto en la publicidad les van a dar la felicidad y eso no es así. Por poner un ejemplo, todo el mundo en España con licencia de conducir tiene automóvil (una de las razones por las que España tiene una huella de carbono tan alta), gastando así mucho capital de los propietarios, incluso a veces dinero que no pueden permitirse.

Sin embargo, un elemento activo como son los paneles fotovoltaicos, los cuales no sólo no consumen recursos económicos, sino que generan ahorro con la generación eléctrica, para eso dinero no hay, porque es mucho gasto a corto plazo.

Para finalizar, estas personas (no todas) ponen más su atención en gastar su capital en ocio y elementos pasivos que les dan una falsa felicidad, como fiestas, elementos materiales, etc.

Por tanto, si se desarrollan nuevas tecnologías de generación eléctrica solar, se moverán por precios económicos, no por el cuidado del medio ambiente. Para poder cambiar el mundo, primero el método ha de ser rentable, y después famoso.

No obstante, muchas familias españolas han optado por la revolución energética, y estas familias no sólo son más ecológicas, sino que tienen más dinero. Incluso con el dinero que te ahorras te puedes pagar una mejor instalación cuando la vida de la anterior instalación finalice.

En resumen: las instalaciones solares son rentables.

Bibliografía

Autosolar. (2019). *Autosolar*. Obtenido de https://autosolar.es/kit-solar-aislada/kit-solar-casa-campo-3000w-24v-6400whdia?gclid=Cj0KcQjw5MLrBRCIARIsAPG0WGzOdgTIlumDwjVgQYqA5cK-An1YqbsyO-7hAheyX9ZPnKBANSJzeuEaAk2yEALw_wcB

EcuRed. (2019). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Lignina>

enciclopedia. (2019). Obtenido de http://enciclopedia.us.es/index.php/Revoluci%C3%B3n_industrial

Energy, G. (2015). *blog.galt*. Obtenido de <https://blog.galt.mx/cuanto-tiempo-duran-paneles-solares>

- eurostat*. (23 de Enero de 2018). Obtenido de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Figure_3-Primary_production_of_energy_from_renewable_sources_EU-28_1990-2016.png
- Fluke*. (2019). Obtenido de <https://www.fluke.com/es-es/informacion/mejores-practicas/aspectos-basicos-de-las-medidas/electricidad/que-es-un-diodo>
- G. Bejerano, P. (10 de Octubre de 2013). *blogthinkbig.com*. Obtenido de <https://blogthinkbig.com/paneles-solares-flexibles>
- geografia.us*. (2019). Obtenido de <http://www.geografia.us.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/PRACTICA2.pdf>
- Ingelibre*. (28 de Octubre de 2014). Obtenido de <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/07/18/semiconductor-extrinseco-n-y-p/>
- Khan academy*. (2019). Obtenido de <https://es.khanacademy.org/science/physics/magnetic-forces-and-magnetic-fields/magnetic-flux-faradays-law/a/what-is-faradays-law>
- mheducation.es*. (2019). Obtenido de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- mpptsolar*. (2019). Obtenido de <https://www.mpptsolar.com/es/esquema-funcionamiento-inversor.html>
- mpptsolar*. (2019). Obtenido de <https://www.mpptsolar.com/es/orientacion-inclinacion-paneles-solares.html>
- Sitiosolar*. (2019). Obtenido de <http://www.sitiosolar.com/guia-practica-para-el-comprador-de-calentadores-solares/>
- Tarifasgasluz. (2019). *Tarifasgasluz*. Obtenido de <https://tarifasgasluz.com/faq/precio-kwh>
- Vázquez, L. (2019). *VIX*. Obtenido de <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/2008/10/27/el-hombre-descubrio-el-fuego-hace-790000-anos>
- Velasco, C. (2019). *maquinaselectricascarlos*. Obtenido de Google sites: <https://sites.google.com/site/maquinaselectricascarlos/clients/--cargas-inductivas-capacitivas-y-resistivas>
- Wikipedia*. (2019). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable#Evoluci%C3%B3n_historia
- Wikipedia*. (2019). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Tonelada_equivalente_de_petr%C3%B3leo
- Wikipedia*. (2019). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Calentador_solar
- Zaragoza, C. (2019). *Camarazaragoza*. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3GsbX0thrl0J:https://>



[/www.camarazaragoza.com/wp-content/uploads/2012/10/calculoemisiones.xls+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es](http://www.camarazaragoza.com/wp-content/uploads/2012/10/calculoemisiones.xls+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=es)

FIN