PVGIS para el cálculo de instalaciones fotovoltaicas

Alejandro Sáez Pastor

SIV007-Tecnologia Fotovoltaica

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. METODOLOGIA
3. RESULTADOS
4. VENTAJAS E INCONVENIENTES
5. PVGIS APLICADO A UN EJEMPLO DE INSTALACIÓN SENCILLA
6. CÁLCULO ECONÓMICO
7. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos generan electricidad a partir de la energía proporcionada por la radiación solar. Esta forma de proporcionar energía se plantea como la propuesta tecnológica del futuro debido a los continuos avances tecnológicos y a las considerables reducciones en cuanto a costes de la tecnología fotovoltaica y a sus recursos.

El interés principalmente ha estado situado en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, instalados en cubiertas y/o paredes de domicilios particulares en áreas urbanas. Estos sistemas están considerados como una de las propuestas más prometedoras para incrementar la producción de energías renovables. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red producen energía para el propietario del sistema pero a su vez tienen la ventaja de estar conectados a la red eléctrica, esto es de gran importancia debido a que cuando se genere un déficit de potencia, menos potencia generada que la que se requiere, se puede obtener esta falta de potencia de la red para compensar, y cuando se esté generando más potencia que la consumida la energía restante esta se exportará a la red.

Para proponer una estrategia efectiva de soporte a los sistemas fotovoltaicos y para proporcionar información disponible para todo el mundo, la base de datos generada, PVGIS, debe estar disponible no solo para profesionales sino para un amplio abanico de usuarios que puedan acceder a ella por una simple página de internet de una manera simple y fácil de entender.

Actualmente para estimar la energía fotovoltaica disponible se debe acudir a bases de datos de radiación solar usando sistemas de información geográfica (GIS). Esto es debido a que el cálculo de una instalación fotovoltaica es complejo, por ello se necesita un programa informático para gestionar todos los factores que influyen, desde los más obvios (irradiación, temperaturas e inclinación de la localización) a los más difusos (correcciones por albedo, sombras, suciedad, tipo de módulo o inversor…). Hay programas de cálculo que tienen una amplia difusión (como PV-Sol o PV-Syst), pero tienen un alto coste económico (entre 600 y 1200 euros según la versión). Una empresa instaladora se los puede permitir, pero no es el caso de un particular que piense en colocar unos módulos sobre su cubierta o una pequeña empresa que quiera comprobar los datos que le proporcionan diferentes instaladores para su cubierta.

2. METODOLOGÍA

Base de datos solar en GIS

Las bases de datos de radiación solar son esenciales para planear y diseñar correctamente una instalación solar fotovoltaica. Esta base de datos mide cierto límite de datos climáticos alrededor de la tierra, antes de ser usados estos necesitan ser procesados por climatólogos. Algunas base de datos son una recopilación de distintas bases de menor tamaño, muchas de estas están disponibles en la red debido a las necesidades de la industria y a la investigación. Sin embargo en ambientes profesionales, a menudo, se necesitan datos continuamente más actualizados y más precisos.

Para obtener datos en ubicaciones más exactas a partir de las medidas climatológicas las técnicas de interpolación son las más usadas. Estas interpolaciones pueden ser reforzadas con los datos de los satélites geoestacionarios.

La base de datos GIS se ha desarrollado usando diversos modelos de radiación solar y técnicas de interpolación, entre otras la GIS GRASS. Las ecuaciones modelos de GIS están basadas conceptualmente en los resultados publicados en el Atlas Europeo de la Radiación Solar (ESRA). Este estima el haz, difuso y reflejado de los componentes del cielo, tanto cuando está despejado como nubado, y tanto la irradiancia como la radiación solar para superficies horizontales e inclinadas. Los valores totales de radiación [kWh/m^2] son obtenidos mediante la integración de los valores de irradiación [W/m^2] calculados en un período de tiempo concreto y promediados entre el amanecer y el atardecer. El modelo también tiene en cuenta las obstrucciones que se pueden producir (sombras) por las características del emplazamiento escogido.

Los parámetros principales de entrada, usados en el cálculo, son los siguientes:

- Irradiación solar medida en 182 puntos en estaciones terrestres alrededor del planeta, representando el periodo entre 1981-1990 (disponible en la base de datos de la ESRA).
- Vinculados a los valores de turbidez proporcionados por los servicios de la web SoDa.
- Modelo de elevación digital con una resolución de 1 km^2 procedente de la base de datos UGS GTOPO30.

El desarrollado sistema de datos GIS contiene un sistema de rastreo con resolución de 1 km^2 mensual que al año significa un valor de irradiación global [Wh/m^{2}d] el cual es calculado tanto para los módulos fotovoltaicos en posición horizontal como los inclinados a 15,25, 40 y 90º. La base de datos incluye series de datos de las irregularidades atmosféricas y del ratio de la irradiación global difusa. La base también incluye medias mensuales y anuales de la inclinación óptima [º] de los paneles fotovoltaicos para captar el máximo de la irradiación disponible. Finalmente la radiación solar es calculada para la media anual del ángulo óptimo de los módulos fotovoltaicos.

En el cálculo el efecto de las sombras también es incluido. El modelo de radiación solar usando el modelo de elevación digital mejora las estimaciones de radiación solar, especialmente en regiones con bajas densidades de medida del terreno.

Acceso a los datos vía la aplicación web

Una serie de mapas han sido creados para la aplicación web con el fin de demostrar la heterogeneidad espacial de la generación fotovoltaica entre los países. Los mapas de irradiación, enlazados con la turbidez y el coeficiente de difusión global representan medias a lo largo de los años. El mapa de ángulo óptimo representa las inclinaciones óptimas para que los módulos fotovoltaicos capten la máxima irradiación solar a lo largo del año considerando el

mapa de sombras local. Los mapas fotovoltaicos muestran la producción eléctrica a lo largo de los años.

La interfaz web consiste en dos partes. La *base de radiación solar* permite buscar las condiciones climáticas en la base de datos GIS preguntando los valores actuales para un lugar clicando en el mapa o especificando vía introduciendo la latitud y la longitud. Los datos mensuales y anuales son mostrados en ventanas separadas mediante gráficos y tablas. Con la segunda parte, *Cálculo estimado del potencial fotovoltaico*, es posible buscar en la base de datos la radiación solar y calcular la potencia que generara una instalación fotovoltaica definida por la potencia nominal instalada, ángulo de los módulos fotovoltaicos y el ratio de rendimiento del sistema. El cálculo integral permite también calcular para una situación dada, al igual que la otra parte, el ángulo de inclinación óptimo al igual que su orientación este-oeste ideal. El programa de cálculo usa la base de datos climática del GIS que incluye también los efectos de la sombra en el terreno. El efecto de las sombras sobre el terreno es el motivo por el cual la orientación perfecta no siempre tenga por qué ser orientación sur.

La aplicación web ha estado programada casi exclusivamente usando PHP, con un poco de soporte programado escrito en C/C++. Mientras esto hace que se incremente la carga en el servidor también se demanda un poco del servidor del ordenador del usuario. Esto deriva en que el sitio sea accesible también para usuarios con un hardware menos potente. La aplicación ha sido programada para usar ciertos tipos de configuraciones para especificar al programa de localización adecuada. De esta manera debería ser muy sencillo de adaptar la aplicación web para cada uso en las diferentes regiones.

Los cálculos más complejos son los de calcular los ángulos de inclinación y orientación óptimos, los cuales, en un equipo medio, tardarán aproximadamente un segundo.

3. RESULTADOS

La desarrollada base de datos GIS muestra en las diversas regiones los datos disponibles de irradiación global y el potencial de generación de energía fotovoltaica.

La figura 1 representa la radiación anual total para un ángulo de inclinación óptimo de un panel fotovoltaico (el ángulo de inclinación óptimo del panel recibe el máximo posible de irradiación anual global). Los valores están dados en [kWh/m_2/año]. Comparando la inclinación de los módulos, la media anual de generación de potencia de un sistema fotovoltaico con módulos inclinados en ángulos de 15, 25 y 40º, respectivamente incrementan entre 7-12, 10-17 y 9-20%, cuando son comparados respectivamente con la irradiación horizontal.

Los mapas que muestran el potencial de la producción de generación de potencia fotovoltaica presentan valores medios a un nivel regional, así esta información es más sencilla de entender para tomar decisiones. La figura 2 muestra una media de la potencia fotovoltaica generada [kWh/año] de un sistema con potencia instalada de 1kW_p en zona urbana, con los módulos inclinados en el ángulo óptimo.

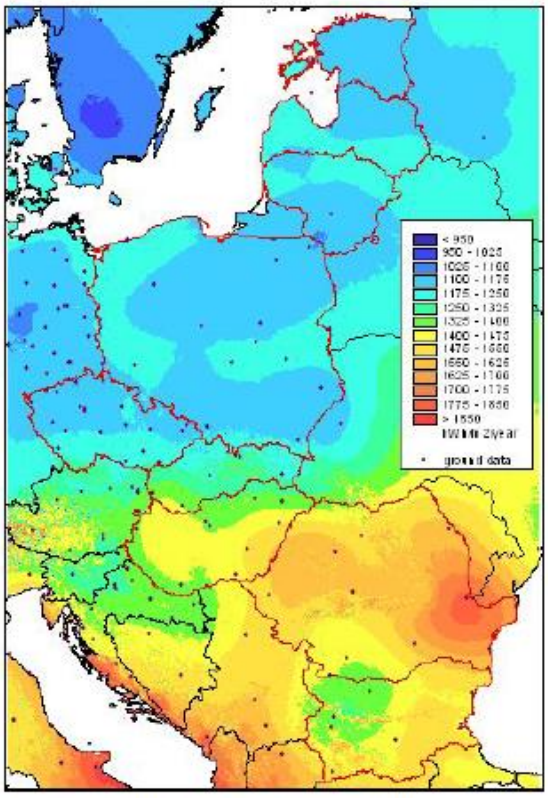


Figure 1 Yearly total of global irradiation on an optimally inclined surface (kWh.m^{-2}.year^{-1}); the dots represent the ground measured data used in the calculation

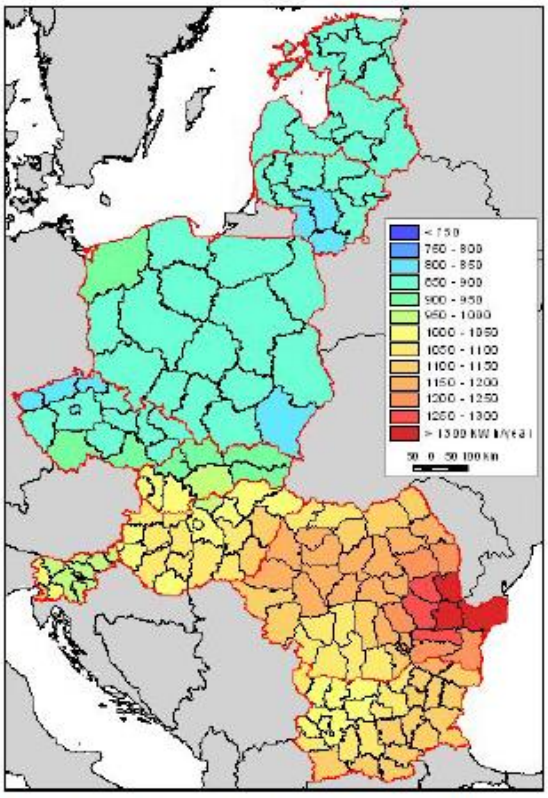


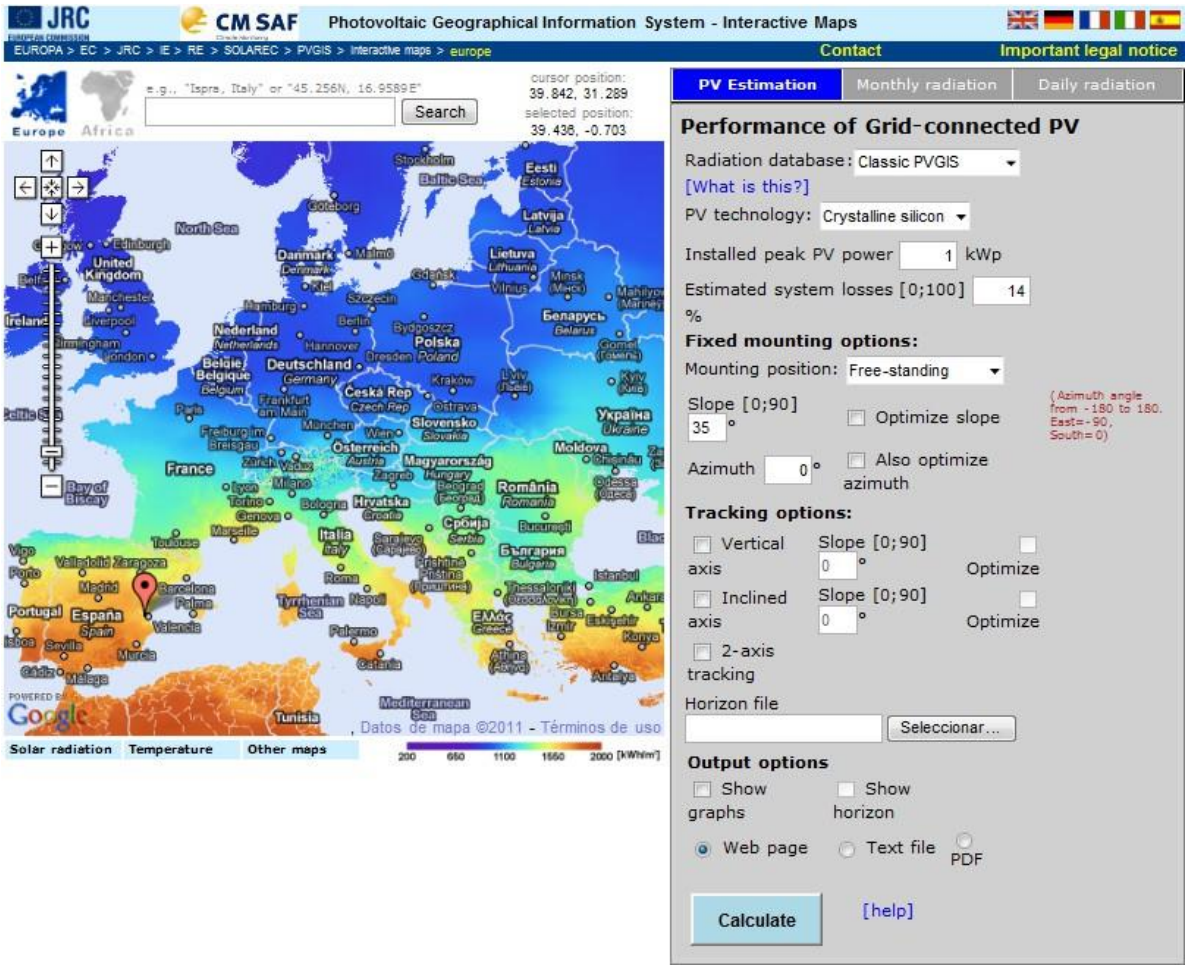
Figure 2 Average annual PV power generation of a 1 kW$_p$ system installed in a urban areas, with solar modules inclined at an optimum angle (kWh.year^{-1})

Con la aplicación web es posible consultar mapas de todas las localizaciones y conseguir los principales valores de radiación al igual que la potencia fotovoltaica estimada. La visualización de las diferencias entre regiones mediante los mapas proporciona una mejor información sobre estos aspectos. Para los profesionales proporciona datos para estimar el rendimiento de ciertos paneles fotovoltaicos en una localización dada. A la hora de tomar decisiones tienen la posibilidad de investigar diferencias geográficas para desplegar los sistemas en las diversas regiones. La base de datos GIS no es del todo compleja con lo cual cualquier usuario puede adquirir un mejor entendimiento de como la variación geográfica influye en la generación de energía de los paneles fotovoltaicos.

El conjunto de los mapas preparados y de las herramientas interactivas del programa pueden dar lugar a respuesta a preguntas como:

1. Cuál es la radiación solar disponible en mi ubicación (para mi techo, fachada,etc.).
2. Cuál es el ángulo óptimo de inclinación de los paneles fotovoltaicos para captar el máximo de energía (en verano, invierno, etc.).
3. Cuanta electricidad puedo obtener para cierta posición de mi panel fotovoltaico y configuración técnica (mensualmente, anualmente).
4. Cuanta capacidad necesito instalar (kWp) para cubrir la electricidad media que necesito (en verano/invierno).
5. Para los responsables políticos: que diferencias existen entre regiones.

La base de datos GIS puede ser usada para otros diferentes análisis en diferentes campos. Está abierta al público en general.



4. VENTAJAS E INCONVENIENTES

Las ventajas de emplear PVGIS son las siguientes:

- Está siendo optimizado continuamente.
- Datos de irradiación universalmente reconocidos, de hecho otros programas los utilizan. Además, el sistema permite el cálculo desde cualquier ubicación en Europa o África.
- Está disponible en español (además de alemán, inglés, francés e italiano). Al ser un programa promovido por la comisión europea se ha traducido a las principales lenguas de la UE. El programa tiene en cuenta sombras de montañas y permite introducir (de forma algo rudimentaria) sombras producidas por edificaciones cercanas.
- Es muy intuitivo de manejar.

Por otro lado los inconvenientes de esta herramienta son:

- No permite introducir datos de módulos o inversores, aunque sí permite comparar diferentes tecnologías de distintos módulos. Este es el principal problema. No sirve para calcular una instalación, sólo para ver el potencial de una cubierta, en realidad fue el propósito con el que fue creado. Que cualquier persona pudiese calcular de forma rápida el potencial de generación de energía eléctrica de su tejado.
- No calcula eficientemente las pérdidas propias de la instalación. Por defecto el programa estima unas pérdidas del 14% para la instalación, pero es una aproximación.
- El dato de partida para el cálculo es la potencia pico de la instalación. Con lo que ya se deben haber realizado cálculos previamente (o contar con un presupuesto) para contar con esta potencia.

5. PVGIS APLICADO A UN EJEMPLO DE INSTALACIÓN SENCILLA.

A continuación se describe un ejemplo sencillo de como dimensionar una instalación fotovoltaica empleando la aplicación PVGIS. Como caso de ejemplo, se va a tomar la necesidad de electrificar una casa sin conexión eléctrica a la red en una zona rural, que será utilizada por una familia de 4 personas los fines de semana.

Los distintos pasos para realizar el cálculo son:

- Cálculo de consumos estimados
- Radiación solar disponible
- Cálculo de paneles solares necesarios
- Capacidad de los acumuladores
- Selección del regulador y del convertidor

Cálculo de los consumos estimados.

Se establecen los consumos de los equipos básicos necesarios que consumirán energía en la instalación ejemplo:

- Bombillas: 4 unidades x 4 horas x 60 Wattios (100%) = 960 Wh
- Televisión: 1 unidad x 3 h x 70 W (100%) = 210 Wh
- Ordenador portátil: 2,5 h x 60 W (100%) = 150 Wh
- Nevera: 24 h x 200 W (50%) = 2400 Wh
- Microondas: 0,5 h x 800 W (100%) = 400 Wh

Así pues, si se suman los diferentes consumos parciales, se obtiene el consumo total estimado para la casa de ejemplo:

- Total consumos por día estimados (Cde) = 4120 Wh / día

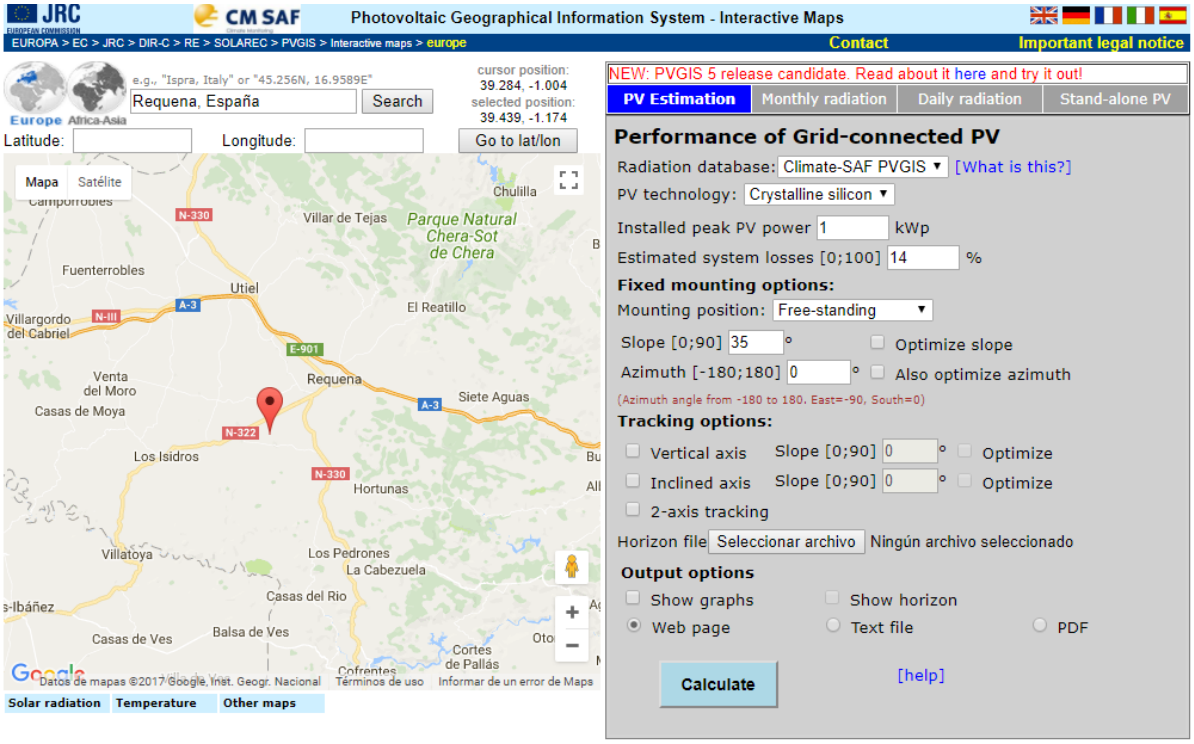
Se aplica un rendimiento de la instalación del 75% para calcular la energía total necesaria para abastecer la demanda:

- Total energía necesaria (Ten) = Cde / 0,75 = 5493 Wh/día

Radiación solar disponible

Para obtener la radiación solar incidente se utilizara la herramienta informática PVGIS disponible en: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php , en esta plataforma se pueden obtener los datos de insolación para toda Europa y África de forma fácil y rápida.

Suponiendo que la instalación está en Requena, utilizando la aplicación PVGIS se obtienen los siguientes valores:



Para esta ubicación se obtienen los siguientes valores:

Lugar: 39°26'20" Norte, 1°10'25" Oeste,Elevación: 587 m.s.n.m

- Potencia nominal del sistema FV: 1.0 kW (silicio cristalino)
- Pérdidas estimadas debido a la temperatura y niveles bajos de irradiancia: 10.2% (utilizando la temperatura ambiente local)
- Pérdidas estimadas debido a los efectos de la reflectancia angular: 2.6%
- Otras pérdidas (cables, inversor, etc.): 14.0%
- Pérdidas combinadas del sistema FV: 24.8%

	Sistema fijo: inclinación=35 grados, orientación=0 grados			
Mes	**Ed**	**Em**	**Hd**	**Hm**
Ene	2.93	90.9	3.65	113
Feb	3.67	103	4.62	129
Mar	4.49	139	5.83	181
Abr	4.50	135	5.98	179
Mayo	4.75	147	6.42	199
Jun	5.03	151	6.92	207
Jul	5.25	163	7.34	228
Ago	4.95	153	6.92	215
Sep	4.41	132	6.02	180
Oct	3.96	123	5.27	163
Nov	3.13	93.9	4.00	120
Dic	2.77	86.0	3.46	107
Año	4.16	126	5.54	169
Total para el año		1520		2020

Dónde:

- Ed: Producción de electricidad media diaria por el sistema dado (kWh)
- Em: Producción de electricidad media mensual por el sistema dado (kWh)
- Hd: Media diaria de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado (kWh/m2)
- Hm: Suma media de la irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema dado (kWh/m2)

El mes más desfavorable de radiación, se observa que es en diciembre con 3.46 kWh·m2/día. De forma que se dimensionará la instalación para las condiciones mensuales más desfavorables de insolación, y así se asegurará la cubrición de la demanda durante todo el año.

Una vez se conoce la radiación solar incidente, se divide entre la radiación solar incidente que se ha utilizado para calibrar los módulos. (1 kW/m2), y se obtiene la cantidad de horas sol pico (HSP). A efectos prácticos en el caso tratado este valor no cambia, pero se utilizará el concepto de HSP (horas sol pico) que es el número de horas equivalente que tendría que brillar el sol a una intensidad de 1000 W /m2 para obtener la insolación total de un día, ya que en realidad el sol varía la intensidad a lo largo del día.

- HSP = radiación solar tablas / 1kW/m2 = 3.46 HSP

Cálculo de paneles solares necesarios

Se van a realizar los cálculos para establecer el número de módulos (placas o paneles solares) en función de las condiciones de radiación más desfavorables. Para realizar este cálculo se han elegido módulos de 200 W, Panel Solar 200W 12V Waaree Policristalino. Este dato viene dado en las características técnicas de los módulos elegidos según cada modelo y fabricante.

Para instalaciones de fin de semana se empleará la fórmula siguiente:

- Numero de módulos = (3 * energía necesaria) / (HSP * rendimiento de trabajo * 7 * potencia pico del módulo)

Número de módulos para instalación de uso para fin de semana:

- Nmfd= (3 * 5493) / (3.46 * 0,8 * 7 * 200) = 4.25 Redodeando 5 módulos

Se necesitarán cinco módulos de 200 W cada uno. Teniendo en cuenta que las necesidades de consumo que se han establecido son muy básicas, si se introducen consumos mayores en el primer apartado resultará una cantidad de placas mayor.

Con los módulos elegidos de 200 Watios pico (Wp), se obtiene una instalación solar de 1000 Wp totales (4 x 200 Wp).

Teniendo en cuenta que los módulos trabajan a 12V, si se quiere una instalación que trabaje a 24V, se puede realizar una asociación en serie de grupos de dos placas y luego estos dos grupos de dos placas en serie, asociarlos en paralelo. El voltaje de funcionamiento dependerá del sistema de acumuladores que se elijan.

Capacidad de los acumuladores

Para diseñar la capacidad de las baterías de acumulación, primero se tendrán que establecer la autonomía deseada en caso de tener días desfavorables sin insolación por abundante nubosidad.

En el caso tratado, para fines de semana la máxima autonomía necesaria la podemos establecer en 3 días (viernes, sábado y domingo). En electrificación de casas rurales para abastecimiento diario podría establecerse entre 4-6 días, teniendo en cuenta que este valor se puede reducir en el caso de que se disponga de un grupo electrógeno de refuerzo.

- Capacidad de la batería = (energía necesaria * días de autonomía) / (Voltaje * profundidad de descarga de la batería)

La profundidad de descarga depende del tipo de batería elegido. Estos valores oscilan entre 0,5 a 0,8. Estos valores se pueden consultar en las características técnicas para cada modelo y fabricante. En este caso, se eligirá una batería que tolere una descarga de hasta un 60% (0,6).

- Capacidad de acumulación = (5493 * 3) / (24 * 0,6) = 1144,38 Ah (c100)

El valor c100 indica que la capacidad de la batería será la suministrada por ciclos de carga de 100 h, que es la frecuencia de carga normalmente establecida en electrificación rural.

La selección del sistema de acumulación requiere de diferentes comprobaciones para que el sistema dure y tenga un óptimo rendimiento. Los sistemas de acumulación necesitan una mínima intensidad de carga para asegurar que las baterías carguen correctamente y evitar que tengan una vida útil más corta de la esperada.

Se escogerán 4 baterías de 200 Ah cada una, Batería solar monoblock 12v 200Ah cynetic flate plate.

Selección del regulador y del convertidor

Finalmente, ya sólo quedaría elegir un regulador de carga y un convertidor de corriente continua a corriente alterna para poder disponer de corriente alterna a 220 V en la vivienda apta para cualquier tipo de aparato o electrodoméstico.

Para tensiones de 12 y 24 voltios es necesario disponer de un regulador de carga para controlar la carga y la descarga de una batería o acumulador dentro de una instalación solar. Los reguladores de carga van instalados entre los paneles solares y la batería para controlar el estado de carga de la batería.

Es muy importante saber elegir el Regulador de carga solar o Reguladores placas solares óptimo para las necesidades de su instalación solar.

Los reguladores de carga vienen determinados por la intensidad máxima de trabajo y por el voltaje en que se hayas diseñado la instalación.

Se escogerá un regulador de carga estándar, Regulador Carga Steca 8A 12V / 24V Solsum

Los inversores solares fotovoltaicos son el componente necesario para transformar la corriente continua que genera la instalación solar en corriente alterna 220v 50Hz. El inversor solar permite la utilización de consumos a 220-230v nutridos de una instalación solar, sin inversor solar, será necesario que todos los consumos sean en corriente continua (12V, 24V o 48V). Existen dos tipos de inversor, los de onda senoidal pura y modificada, se recomienda siempre que se use el inversor de onda senoidal pura a todos los efectos.

La potencia del convertidor (inversor) de CC/AC se elegirá en función de la suma de todas las potencias nominales de los equipos consumidores multiplicando por el coeficiente de simultaneidad de uso de estos, valores que normalmente van de 0,5-0,7. En este caso la potencia total estimada es de 1360 W.

- Potencia convertidor = 1360 * 0,7 = 952 W

Así pues, con un convertidor de 1000 W sería suficiente para el caso tratado, siempre y cuando realmente se utilicen sólo los aparatos contemplados inicialmente. Siempre se puede establecer una potencia mayor por si puntualmente se utiliza algún otro electrodoméstico de mayor consumo. Para esta instalación se escoge un Inversor Cargador 1000W 12V Atersa QUADRO.

En este ejemplo, se ha mostrado como dimensionar una instalación solar fotovoltaica aislada de la red sencilla. Estas instalaciones se dimensionan reduciendo al mínimo los consumos a realizar para tener una instalación de coste asequible, pero esto supone prescindir de algunos elementos de mayor consumo y potencia. Por este motivo, no se han contemplado ni lavadoras, ni hornos, etc. ya que se trata del supuesto de una casa con una instalación eléctrica muy básica para uso de segunda residencia en fines de semana.

Aunque el primer paso para ahorrar con energía renovables es tratar de reducir los consumos, no siempre es posible realizar una instalación tan básica como la planteada en el ejemplo. Otra opción para la que pueden ser muy útiles los sistemas autónomos como el explicado en este ejemplo es para abastecer por ejemplo un punto de recarga de baterías de bicicletas, motos o coches eléctricos.

6. CÁLCULO ECONÓMICO

Lógicamente el costo de este tipo de instalaciones dependerá de cada caso en particular y del número de instalaciones que se realicen, además del lugar de la instalación.

A continuación, indicamos a efectos orientativos, lo que representaría aproximadamente el costo al usuario final de la instalación tratada.

MÓDULOS:

- 4 módulos 200W 12V Waaree Policristalino 189.95€/panel.
- 759.8€ en total.

SOPORTE DE PANELES:

- 300 €, aproximadamente.

REGULADOR DE CARGA:

- Regulador Carga Steca 8A 12V / 24V Solsum 32.15 €

BATERIAS:

- 4 baterías solar monoblock 12v 200Ah cynetic flate plate 175€/ batería.
- 700€ en total

INVERSOR:

- Inversor Cargador 1000W 12V Atersa QUADRO 359.88 €.

INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA:

- Coste estimado sobre 1200 €

TOTAL:

- El coste, aproximado, de la instalación asciende a **3351.93€.**

Con ésta inversión y considerando que el usuario está pagando al año una factura eléctrica de 1.000€ año, el periodo de amortización de la inversión sería aproximadamente de 4,6 años.

NOTA: En éste caso particular se ha desarrollado la instalación de tal forma que en condiciones óptimas, NO sería necesario la actuación de la Red Eléctrica, porque se ha previsto que se genera el 100% de la energía que se consume.

7. CONCLUSIONES

PVGIS es una aplicación muy útil si ya se domina los principios básicos de la energía solar fotovoltaica. El nivel de detalle técnico y una gran diversidad de opciones pueden convertirlo en una poderosa herramienta en manos de un profesional de la industria solar. Los cálculos detallados de la radiación solar, la capacidad de analizar los sistemas fotovoltaicos conectados tanto a la red como fuera de la red y varias opciones de los análisis de salida son características interesantes.

Sin embargo, tanto la interfaz de usuario como los resultados del análisis no son muy comprensibles para la mayoría de los usuarios. Aunque la documentación adjunta abarca muchas áreas, el nivel de detalle técnico puede ser intimidante para alguno de los usuarios. La interpretación de los resultados del análisis es un desafío en sí mismo, ya que algunas de las unidades de medida clave son difíciles de identificar si no se está familiarizado con la energía fotovoltaica. Por ejemplo, para encontrar la generación de electricidad total anual de la ubicación escogida, se debe escanear hasta el final de la tabla de resultados y determinar cuál de los resultados totales anuales es el que realmente importa. Otro inconveniente es la cobertura geográfica limitada que tiene actualmente la aplicación web. Si el sitio para el que queremos dimensionar se encuentra fuera de Europa o África, PVGIS no podrá proporcionar datos sobre estas ubicaciones. Dejando a un lado la cobertura geográfica limitada y la interfaz de usuario compleja, uno de los principales inconvenientes de PVGIS es la falta de parámetros financieros para los sistemas fotovoltaicos. Sin analizar los beneficios económicos y los costos de los paneles solares para hogares, es muy difícil para los usuarios particulares tomar una decisión sólida y con criterio.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Huld, T. A., Šúri, M., Dunlop, E. D.: GIS-based Estimation of Solar Radiation and PV Generation in Central and Eastern Europe on the Web. The paper presented at the 9th EC-GI&GIS Workshop, A Coruña (Spain), 25-27 June.

- Autosolar [Internet]. Disponible en: https://autosolar.es/

- Cálculo técnico de un sistema de autoconsumo fotovoltaico asistido a la red. [Internet] Disponible en: https://suelosolar.com/newsolares/newsol.asp?id=10319

- Cómo calcular una instalación solar fotovoltaica [Internet].]. Disponible en: http://www.clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/

- Calcular_Instalacion_Fotovoltaica.pdf [Internet]. Disponible en: http://www.olajedatos.com/documentos/Calcular_Instalacion_Fotovoltaica.pdf

- Tienda online energía solar baterías regeneración paneles solares - [Internet]. Disponible en: https://www.rebacas.com/