

**Escola Tècnica Superior d'Enginyeria
Electrònica i Informàtica La Salle**

Trabajo Final de Máster

Màster Universitari en Enginyeria de Telecomunicació

Herramienta para elección de sistema de alimentación
autónomo para sistemas remotos de bajo consumo.

Alumno

Òscar Azuara Domínguez

Profesor Poniente

David Badia Folguera

ACTA DE L'EXAMEN DEL TREBALL FI DE CARRERA

Reunit el Tribunal qualificador en el dia de la data, l'alumne

D. Òscar Azuara Dominguez

va exposar el seu Treball de Fi de Carrera, el qual va tractar sobre el tema següent:

Herramienta para elección de sistema de alimentación
autónomo para sistemas remotos de bajo consumo

Acabada l'exposició i contestades per part de l'alumne les objeccions formulades pels Srs. membres del tribunal, aquest valorà l'esmentat Treball amb la qualificació de

Barcelona,

VOCAL DEL TRIBUNAL

VOCAL DEL TRIBUNAL

PRESIDENT DEL TRIBUNAL

Abstract

En este TFM se propone una solución para la alimentación de un sistema remoto, sin acceso a la red eléctrica, y de consumo bajo o moderado mediante un sistema de baterías alimentadas de forma autónoma. Se presentan distintos sistemas de generación autónoma y almacenamiento de energía para poder alimentar sistemas remotos teniendo en cuenta distintos parámetros de situación, carga a alimentar, accesibilidad, prestaciones y fiabilidad.

Se estudian las características geográficas de la zona donde se ubica el sistema a alimentar y las características del propio sistema para hacer un análisis de los requerimientos y buscar la mejor solución posible para alimentarlo y luego sondear el mercado en busca de los componentes más adecuados para la alimentación del sistema.

Con la información obtenida, se implementa una herramienta en Microsoft Excel de uso sencillo, que tiene en cuenta todos los parámetros de entrada necesarios para elegir un sistema de alimentación que suponga una solución al problema de alimentación remota y se propone, como caso práctico del uso de la herramienta, el proyecto de la universidad La Salle – Ramon Llull en la base española en la Antártida, Base Juan Carlos I, que sea económica y tecnológicamente posible o acorde al presupuesto destinado para el proyecto.

Palabras clave: sistema autónomo, sistema remoto, energía solar, energía eólica, herramienta, Microsoft Excel, Antártida, sistema alimentación, Carga a alimentar, Situación sistema, mercado, componentes, baterías.

This Project presents a solution for the alimentation of a remote system, without access to the electrical grid, and with a low-medium consumption using an autonomous system of batteries and renewable energies like solar or eolic. First of all, we will understand the way this energies are used and the systems commercialized for each one.

Some information about the situation, the charge that has to be fed and the renewable energies that the user prefers will be required to the user to find the system in the market that fit in every case.

With that information about feeding systems, a tool will be created in order to help the user to find the solution for each situation. This tool will be programmed in Microsoft Excel and will be able to be used for the most of the users for his ease to use and his workability.

Finally, to test the tool, we will see a practice case based on a real case of the university La Salle – Ramón Llull in the Antarctic Spanish scientific base, Juan Carlos I on the island of Livingston where is necessary to find a feeding system for a telecommunication equipment that has to feed the charge for the entire Antarctic campaign which longs from December to March.

Keywords: renewable energies, solar energy, eolic energy, Antarctic, tool, Microsoft Excel, autonomous system, electrical grid, feed systems, batteries, market.

Contenido

1	Introducción	7
2	Situación.....	9
3	Generación de energía	12
4	Energía Solar.....	15
4.1	Kits Solares	21
5	Energía Eólica	24
6	Sistema híbrido Solar-Eólico y Pilas de combustible.....	29
6.1	Kits Híbridos Solar-Eólicos	31
6.2	Pilas de combustible.....	33
7	Baterías.....	38
7.1	Baterías monoblock.....	41
7.1.1	Baterías monoblock de plomo-ácido abiertas	41
7.1.2	Baterías Monoblock de Ciclo Profundo.....	41
7.1.3	Baterías Monoblock AGM	42
7.1.4	Baterías Monoblock de GEL	42
7.2	Baterías Estacionarias	43
7.2.1	Baterías estacionarias de Plomo-Ácido abiertas.....	44
7.2.2	Baterías estacionarias de GEL	44
7.3	Baterías de Ion-Litio	45
7.4	Consejos para instalación y mantenimiento de baterías	46
8	Otros componentes.....	47
8.1	Regulador de Carga	47
8.1.1	Cuándo elegir un regulador PWM y cuándo un MPPT.....	52
8.2	Cargador Baterías Solares	52
8.3	Inversor	54
8.3.1	Inversor solar para instalación Aislada.....	54
8.3.2	Inversor/Cargador solar	55
8.3.3	Inversor 3en1 (Inversor/Cargador/Regulador)	55
8.4	Estructura	55
8.4.1	Estructura instalación solar fotovoltaica.....	56
8.4.2	Estructura instalación eólica	57
8.5	Material Eléctrico	58

9	Búsqueda Comercial.....	61
10	Herramienta – Manual de usuario	63
10.1	Introducción	65
10.2	Situación.....	66
10.3	Cargas.....	67
10.4	Energía Solar.....	69
10.4.1	Equipamiento disponible	69
10.4.2	Elegir Panel Solar.....	71
10.4.3	Cálculo energía entregada por el Panel Solar	71
10.5	Kits Energía Solar.....	72
10.6	Energía Eólica	73
10.6.1	Elegir Aerogenerador	74
10.6.2	Cálculo energía entregada por el Aerogenerador.....	75
10.7	Híbrido Solar-Eólico.....	75
10.8	Baterías.....	77
10.9	Otros Componentes	78
10.10	Solución	81
10.11	Pestañas de apoyo a la herramienta.....	81
11	Caso práctico - Proyecto Antártida	83
11.1	Situación.....	83
11.2	Cargas.....	84
11.3	Alimentación con energía solar.....	86
11.4	Alimentación con energía eólica	87
11.5	Alimentación con sistema híbrido solar-eólico.....	88
12	Conclusiones.....	90
13	Líneas de futuro	92
14	Referencias.....	93

Acrónimos

°C: Grados centígrados.

AGM: Absorbent Glass Mat.

Ah: Amperios-hora.

AVEN: Agencia Valenciana de la Energía.

CA: Corriente Alterna.

CC: Corriente Continua.

Datasheet: Hoja de características técnicas proporcionada por el fabricante.

FPGA: Field-Programmable Gate Array.

FV: Fotovoltaico o Fotovoltaica.

h: hora.

IDAE: Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía.

Imp: Corriente en el punto de máxima potencia.

Isc: Corriente de cortocircuito.

kg: Kilogramo.

m/s: metros/segundo.

mm: milímetro.

MPPT: Maximum Power Point Tracking.

OPzS: Ortsfest PanZERplatte Flüssig.

PEMFC: Proton Exchange Membrane Fuel Cell.

PVV: PhotoVoltaik Verschlossen.

PWM: Pulse Weight Modulation.

REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

TFM: Trabajo Final de Máster.

TONC: Temperatura de Operación Nominal de la Célula.

V: Voltios.

VBA: Visual Basic for Applications.

Vmp: Tensión en el punto de máxima potencia del panel solar.

Voc: Tensión en circuito abierto o en vacío.

VRLA: *Valve Regulated Lead-Acid*.

Wp: Vatio-pico o potencia máxima de una placa solar.

1 Introducción

Este proyecto se lleva a cabo con la idea de encontrar una solución apta para todos los usuarios que necesiten alimentar un sistema de bajo consumo, ya pueden ser equipos de telecomunicaciones, sensores, FPGA, amplificadores, etc., en una situación remota dónde no se disponga de conexión a la red eléctrica de uso común.

Ésta casuística se puede dar en muchas ocasiones y en muchos escenarios distintos, desde querer alimentar una red de sensores de bajo consumo, hasta alimentar el nodo principal con una FPGA o un sistema de telecomunicaciones que necesite enviar datos vía radio cada cierto tiempo.

Para poder dar solución a este problema, se diseña una herramienta fácil de usar y libre para ser modificada por el usuario según sus necesidades. Esta herramienta se concibe como un formulario dónde el usuario introduce los requisitos de su sistema a alimentar y las condiciones en las que éste se encuentra para que, utilizando también la información que pueda proporcionar el usuario en cuánto a material ya disponible o requisitos eléctricos del sistema que quiera alimentar o las preferencias en el sistema generador y de almacenaje de energía que pueda tener, se encuentre la solución ideal para alimentar este sistema remoto.

Con esta información, la herramienta da a elegir entre una base de datos de distintos elementos y componentes recomendables para que el usuario elija en función de los parámetros que ha introducido en la herramienta previamente y sus preferencias.

Para desarrollar esta herramienta, entonces, es necesario disponer o constituir esta base de datos en la cual se almacenan los distintos componentes del sistema generador de energía y de almacenamiento de la misma.

Esta información sobre los distintos sistemas, se utiliza para hallar una solución al problema concreto y constituye una tabla que es accesible para el usuario en todo momento, de forma que él mismo la pueda actualizar con nuevos componentes que tenga a su disposición o que crea interesantes para su caso.

En todo caso, la herramienta va a intentar proporcionar toda la información posible sobre los distintos elementos ya sea haciendo referencia a la página web del fabricante o proporcionando el enlace al *datasheet* del elemento.

En cuanto al precio de los elementos, se intenta dar siempre el precio que ofrece el fabricante directamente, pero en caso que no sea posible, se trata de facilitar la información de la página web dónde se ha encontrado el elemento en cuestión, siendo así el precio de referencia para la base de datos de la herramienta y siendo el usuario libre de modificarlo en caso que encuentre un precio diferente, aunque siempre citando la página web dónde se ha encontrado para dotar de veracidad al usuario.

El objetivo de este TFM es, primeramente, entender los diferentes elementos que constituyen un sistema de generación y almacenamiento de energía para la alimentación de sistemas de bajo consumo utilizando energías renovables, y entender en qué situaciones se necesita

implementar un sistema u otro dependiendo de las necesidades del usuario y de la condiciones en las que se encuentra el sistema remoto.

El segundo objetivo de este proyecto, es utilizar estos conocimientos adquiridos para crear esta herramienta de fácil uso que sea modificable y mejorable para que los distintos usuarios la puedan utilizar sin tener que conocer todos los requisitos o especificaciones pero también para que los usuarios, una vez conozcan estos parámetros, la puedan adaptar a sus necesidades. Para desarrollar esta herramienta, se necesita entender Microsoft Excel a nivel de usuario, con la que se ha implementado la herramienta, y utilizar el entorno de programación VBA que ésta aporta, aunque no es necesario que el usuario entienda el entorno VBA.

Así pues, este proyecto empieza describiendo los parámetros interesantes a conocer sobre la situación del sistema remoto a alimentar para seguir introduciendo al usuario cuáles son los sistemas de generación de energía más utilizados para sistemas remotos, así como las baterías adecuadas para cada sistema y situación, para luego ver qué componentes ofrece el mercado para proponer al usuario una solución adecuada para la alimentación de su sistema remoto.

Después se facilita al usuario un manual de usuario sobre la herramienta implementada y se describe un caso práctico de uso de la herramienta, en concreto el proyecto de la universidad La Salle – Ramón Llull en la base Antártica Juan Carlos I en la isla de Livingston. Finalmente se comparten las conclusiones a las que se ha llegado durante la consecución del proyecto y se proponen unas líneas de futuro para la mejora de la herramienta.

2 Situación

La situación en la que se encuentra el sistema a alimentar es fundamental para elegir los componentes para alimentarlo.

En este proyecto, se quieren estudiar las distintas maneras de alimentar sistemas en ubicaciones remotas donde no hay disponibilidad de alimentación a través de la red eléctrica. Es por eso que estudian sistemas que adquieran la energía de fuentes renovables como la energía solar y la eólica junto con un sistema de baterías para almacenar esta energía para poder alimentar el sistema en los momentos en que no se esté produciendo energía a través del sistema de generación de energía.

Es por ello que uno de los parámetros más importantes a conocer para elegir el sistema de alimentación es el uso del propio sistema a alimentar. Básicamente, es importante conocer si se le va a dar un uso permanente, es decir, se va utilizar durante todos los días del año, o un uso esporádico o estacional. En este uso esporádico o estacional, hay que definir también si es un uso estacional, es decir, durante una estación del año, lo que equivale a una duración de 3-4 meses al año, o un uso realmente esporádico de días individuales o conjuntos de dos o tres días.

El segundo parámetro más importante sobre la situación en la que se encuentra el sistema a alimentar es la accesibilidad de éste. Se definen dos parámetros importantes sobre la accesibilidad a la localización del sistema a alimentar: el peso y las dimensiones.

Se debe conocer el peso que se puede transportar a la situación ya que, como ya se ha comentado, se tratan de sistemas en situaciones remotas sin acceso a la red eléctrica, por lo que en muchas ocasiones el usuario se encuentra en situaciones de difícil acceso con transporte automatizado así que el peso que puede transportar una persona o un grupo de personas a pie o con algún modo de transporte físico puede ser limitado.

Dentro del apartado del peso máximo a transportar, también se tiene en consideración que es posible que se tengan que transportar los elementos por separado por lo que se considera el peso máximo total a transportar y el peso máximo de cada elemento del sistema, precisamente para considerar que se transporten los elementos por personas individuales.

Un caso parecido ocurre con las dimensiones de los elementos. También considerando el método de transporte que se va a utilizar para llegar a la ubicación remota igual que en el caso del peso, hay que elegir un sistema con unas dimensiones que puedan ser transportables y también se puede hacer la división entre las dimensiones máximas totales de todos los elementos y las dimensiones máximas individuales de cada elemento.

El tercer parámetro a estudiar sobre la situación del sistema es el espacio disponible para el sistema de generación y almacenamiento de energía. Para generar energía con fuentes renovables, es necesario destinar un espacio a la estructura que estos requieren para aprovechar al máximo la energía de la que se disponga en la situación. En el caso de la energía

solar mediante paneles solares, es necesario instalar una estructura que permita inclinar los paneles así como un espacio para disponer las baterías cerca de los paneles.

En el caso de la energía eólica es necesario instalar un mástil donde disponer el aerogenerador de forma elevada para aprovechar al máximo la energía del viento así como la orientación de éstas y eso comporta, también, instalar una base en la situación idónea, por lo que es necesario incluir la estructura en los parámetros de peso y dimensiones descritos anteriormente.

Otro parámetro a tener en cuenta, es la temperatura ambiente en la situación del sistema a alimentar. Las características de los elementos de generación de energía y, sobretodo, las baterías están definidos a unas temperaturas ambientes marcadas y trabajar a una temperatura diferente a las marcadas puede suponer un cambio en las prestaciones y eficiencia de los elementos.



Ilustración 1. Sistema remoto de bajo consumo en Antártida. [22]

Por ese motivo se incluye como parámetro de entrada del usuario y, junto a los anteriores, forman el siguiente conjunto de parámetros de entrada que se necesitan saber para poder elegir un sistema de alimentación u otro que se resume a continuación:

- Uso del sistema: Permanente o estacional.
- Peso máximo por pieza individual.
- Peso máximo estructura.
- Peso máximo total.
- Dimensiones totales por pieza individual.
- Dimensiones máximas estructura.
- Dimensiones máximas totales.
- Temperatura mínima ambiente.
- Temperatura máxima ambiente.

Para determinar la situación en la que se encuentra el sistema de forma lo más exacta posible, se deben conocer las condiciones geográficas y meteorológicas en las que se encuentra. Es por

eso que el sistema, y sobretodo el usuario, debe conocer e introducir estos parámetros en la herramienta de la forma más precisa posible.

Para ese cometido, el usuario puede utilizar la información que proporciona la Agencia Estatal de Meteorología de España (AEMET) [1] . En su página web se proporciona información sobre los distintos parámetros meteorológicos según la región en la que se quiere instalar el sistema a alimentar dentro del territorio español.

Para obtener la información que proporciona AEMET sobre otros países, se puede consultar en la página web de WWIS [2] dónde se proporciona información de temperaturas y condiciones meteorológicas presentes y pasadas de cualquier país del mundo a la vez que se pueden encontrar predicciones meteorológicas para un futuro próximo.

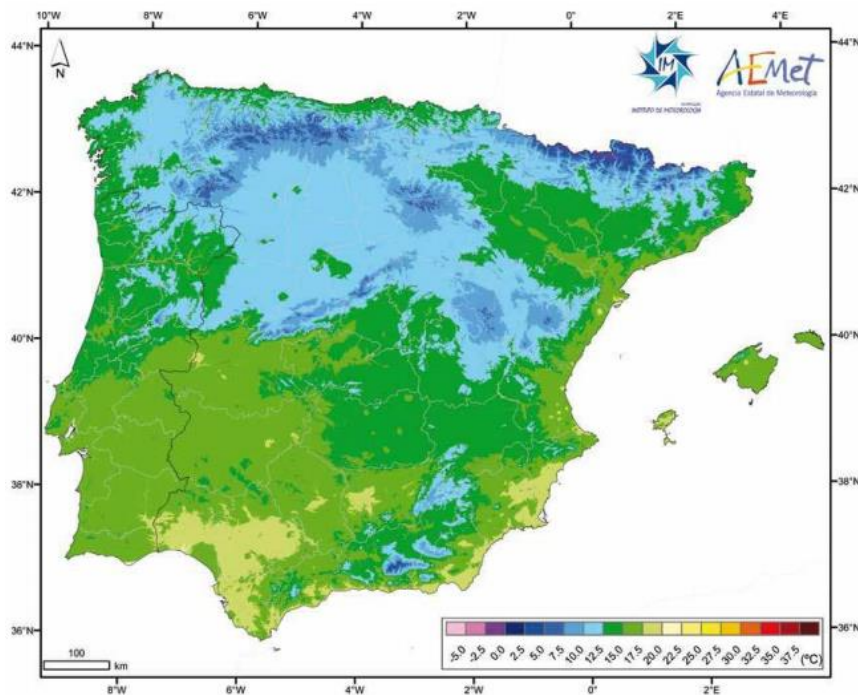


Figura 1. Información de AEMET sobre temperatura media anual en España. [1]

Más adelante se van a presentar los métodos de generación de energía renovables más comunes, y se va a analizar qué datos meteorológicos del lugar son necesarios en cada uno de los casos. Como se puede deducir, si se quiere alimentar el sistema con Energía Solar, se deberán conocer los parámetros solares de la localización, mientras que si se quiere alimentar el sistema con Energía Eólica, se deberán conocer los parámetros del viento. En caso que se quiera alimentar el sistema con un híbrido entre energía solar y eólica, se deberán conocer tanto los parámetros del sol como del viento para la localización.

En ambos casos, siempre se estudia la situación en el peor mes del periodo para cada uno de los factores. Por ejemplo, si se quiere alimentar con Energía Solar se tiene que diseñar el sistema para el peor mes en cuanto a producción solar. De esta forma, se sobredimensiona el sistema de forma que en el mes más desfavorable del periodo de uso, el sistema sea capaz de alimentar la carga igualmente y en los meses que se disponga de más producción se va a generar más energía de la necesaria, lo cual no es un problema.

3 Generación de energía

La primera parte de este TFM consiste en conocer los diferentes métodos para alimentar un sistema de bajo consumo de forma remota y autónoma, concretamente, que fuentes de energía se pueden encontrar para alimentar estos sistemas y cuáles se utilizan más frecuentemente.

Uno de los objetivos de este proyecto, es crear una herramienta que pueda ayudar al usuario a elegir un sistema de alimentación u otro, por lo tanto, el sistema de generación que proporcione esta herramienta tiene que ser válida para que el usuario la pueda utilizar, por lo que se descartan una serie de métodos de generación de energía como la oceánica o la geotérmica por su poca viabilidad en este tipo de sistemas.

Por otro lado, y siempre proporcionando al usuario una solución que sea viable, este proyecto se basa en la creencia de que se deben utilizar las energías alternativas o renovables para la alimentación de estos sistemas de bajo consumo ya que en la mayoría de los casos son renovables y viables. Así, también se minimiza la contaminación en el planeta.

Así pues, y con estos requisitos por parte de la herramienta, se barajan las distintas soluciones para la alimentación. Hay que tener en cuenta que, actualmente, la energía renovable por excelencia para alimentar estos sistemas es la energía solar, ya que es capaz de producir energía en prácticamente todas las situaciones y, en muchos casos, la suficiente para alimentar estos sistemas de forma autónoma.

Este proyecto, pues, se centra en el aprovechamiento de la energía procedente del sol y que se recibe en forma radiación. La radiación solar es de diferente intensidad en las distintas partes del planeta y varía con la época del año y el momento del día.

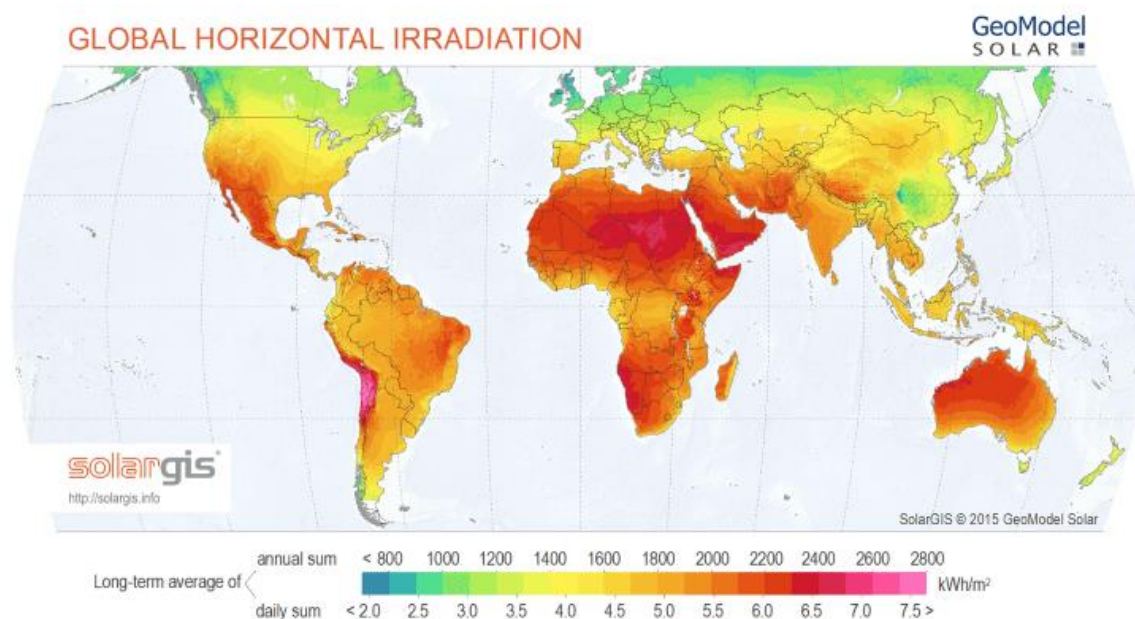


Figura 2. Mapa sobre radiación solar media anual en el mundo. [23]

Pero, la única solución no es la energía solar. Si más bien es la principal, también existen distintas formas de obtener energía mediante otras fuentes renovables como puede ser la energía eólica que ocupa el segundo lugar en utilización y en madurez de sistema.

En esta herramienta, la energía eólica se trata con dos métodos bien diferenciados. En algunos casos, se estudia la energía eólica como primera fuente de energía, ya que existen aerogeneradores que pueden entregar la potencia necesaria para alimentar los sistemas remotos de bajo consumo. En otros, los más comunes, se utiliza la energía eólica como fuente de energía secundaria para alimentar el sistema. En estos casos, se utiliza la energía solar como primera fuente de energía y la energía eólica como fuente secundaria para los casos en que no se esté produciendo suficiente energía solar (de noche, o en días nublados) pero se necesite alimentar el sistema igualmente. También se usa el sistema híbrido de energía solar y eólica en los casos que se requiera más energía de la que puedan aportar los paneles solares pero, además, que se tenga que generar en cualquier situación meteorológica respecto al sol.

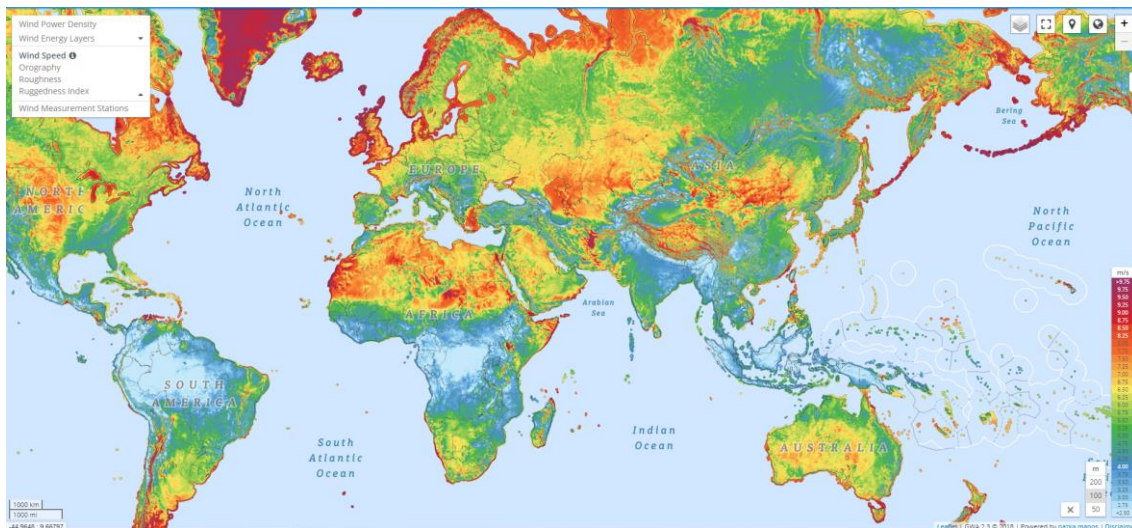


Figura 3. Información sobre velocidad del viento en el mundo. [24]

Se deben conocer, entonces, unos conceptos básicos sobre la energía solar y la energía eólica. Cómo se genera esta energía, que factores hacen que se capte más o menos energía y que parámetros son importantes en la elección del sistema de generación de energía.

Adicionalmente a estos dos sistemas de generación de energía, se propone dotar el sistema de generación de energía de una Pila de combustible. Estos componentes son relativamente nuevos en el mercado y pueden tener un coste elevado pero se utilizan para dotar el sistema de alimentación de una fuente de generación de energía adicional que permita alimentar el sistema remoto en el caso que ni la energía solar ni la energía eólica generen suficiente energía para alimentar la carga.



Esquema 1. Producción de energía de pila de combustible. [26]

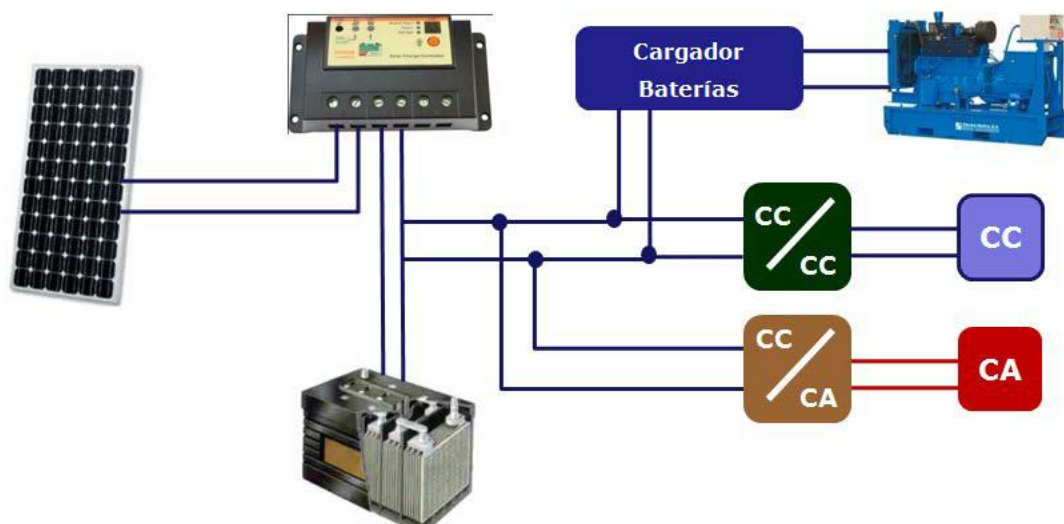
La adición de una pila de combustible, permite suplir la falta de energía en algunos momentos puntuales y ofrece al usuario la posibilidad de no tener que sobredimensionar el equipo de baterías ya que no hay que producir un exceso de energía para alimentar el sistema remoto en cualquier situación o tener una autonomía de 3 días puesto que, si se encuentra la situación que las baterías se vayan a descargar por debajo del 50% de la capacidad total, éstas se pueden alimentar con la pilas de hidrógeno o se pueden usar para alimentar directamente la carga en estas situaciones.

4 Energía Solar

La primera opción para alimentar el sistema remoto de bajo consumo consiste en la energía solar, es decir, la energía recibida en forma de radiación que emite el sol.

Por su disponibilidad en el mercado, su eficiencia y su capacidad de producir energía, es la principal elección dentro de las energías renovables para alimentar las baterías y/o las cargas del sistema durante el tiempo especificado en la situación del sistema remoto.

Existen distintos métodos generación de energía a través de la energía solar, pero los más importantes y utilizados son la energía fotovoltaica y la térmica. La que más se utiliza, por su eficiencia, es la energía fotovoltaica y para el uso que está diseñado esta herramienta, sistemas remotos de bajo consumo, también es la que más se utiliza ya que solo requiere recibir radiación solar y no depende en gran medida de la temperatura a la que se encuentra el sistema.



Esquema 2. Sistema remoto de generación solar FV con baterías, regulador y convertidores. [5]

Una instalación fotovoltaica básica para generar energía eléctrica a partir de la energía solar, consta de tres elementos. Uno o varios paneles solares para captar la radiación solar, una batería para almacenar esta energía de forma que se pueda usar para alimentar la carga en los momentos que no se esté produciendo energía solar, y un regulador de carga para proteger la batería de sobretensiones y cuándo esté cargada completamente. En este apartado, se estudia el primero de estos elementos, los paneles solares. Las baterías tienen un apartado específico dedicado a ellas (**7 Baterías**) y los reguladores solares se tratan en el apartado de Otros componentes (**8 Otros componentes**). Se empieza, pues, hablando de los paneles solares.

En el mercado hay multitud de paneles solares que utilizan esta energía solar fotovoltaica para generar energía eléctrica, por eso, es importante saber cuáles utilizar en cada caso y porqué un panel solar cuesta más dinero que otro o funciona a una tensión distinta.

Por eso se deben conocer los parámetros principales de un panel solar para poder basar su elección con conocimiento total. Los elementos principales a saber en el momento de elegir un panel solar para un sistema remoto de bajo consumo son los siguientes:

1. **Fabricante del Panel Solar:** Existen distintos fabricantes de paneles solares, y cada uno de ellos tiene sus modelos y precios acordes, pero es importante conocer que fabricantes son los más conocidos o los que llevan más tiempo en el sector. Hay que tener en cuenta que en un sistema de generación y almacenamiento de energía hay distintos componentes y el mejor de los casos es ese en que todos los componentes sean del mismo fabricante, ya que, seguramente, estos componentes están probados por el mismo fabricante trabajando juntos.
2. **Tipo de panel solar:** El tipo de panel solar viene determinado por el tipo de células FV que lo componen. Existen dos tipos de células FV, las monocristalinas y las policristalinas y es conveniente conocer las diferencias entre ellas para saber en qué ocasiones es mejor usar uno u otro:
 - a. **Células Monocristalinas:** Este tipo de células se utilizan en climas más fríos ya que no soportan muy bien el sobrecalentamiento y con peores condiciones de sol, ya que son ligeramente más eficientes en captación de radiación solar. Tienen un rendimiento ligeramente superior, igual que su precio.
 - b. **Células Policristalinas:** Este tipo de células se utilizan en climas más cálidos ya que soportan mejor el sobrecalentamiento. Son ligeramente menos eficientes en la captación de radiación solar y los paneles con este tipo de células son ligeramente más económicos.



Figura 4. Comparación tipo de paneles solares por tipo de célula FV. [27] [5]

3. **Tensión nominal del panel solar:** Los paneles solares se dividen en 3 tipos según su tensión de funcionamiento. Para instalaciones solares con consumo medio-bajo con sistemas de baterías a 12V, se recomienda utilizar paneles de 36 células FV que trabajan a 12V, para instalaciones solares con consumo medio y sistemas de baterías a 24V, se deben utilizar paneles solares de 72 células FV y 24V de tensión nominal y para instalaciones con consumos altos y sistemas de baterías de 12V o 24V se recomienda utilizar los paneles solares de 60 células FV con un regulador MPPT.[5]
 - a. **Paneles solares de 12V:** Los paneles solares de 12V con 36 células solares conectadas en serie y configuradas en 4 células horizontales por 9 células verticales, tienen una V_{mp} alrededor de los 18V, suficiente para cargar

baterías de 12V que requieren unos 14,4V en su punto máximo de carga. Estos paneles suelen utilizarse con reguladores solares PWM **(8.1 Regulador de Carga)** ya que son más económicos y más fáciles de instalar y mantener que los MPPT.

Las medidas de las placas solares de 12V suelen estar entre los 668 y los 1485 mm de largo, entre 545 y 668 mm de ancho y entre 28 mm y 35 mm de espesor. Y entre los 4 y los 12 kg. Las potencias suelen estar entre los 500Wp y los 150Wp.

- b. Paneles solares de 24V:** Los paneles solares de 24V con 72 células solares conectadas en serie y configuradas en 6 células horizontales por 12 células verticales, tienen una tensión de salida en su punto de máxima potencia (V_{mp}) alrededor de los 37V, suficiente para cargar baterías de 24V que requieren unos 28,8V en su punto máximo de carga en temperaturas elevadas (cuando baja un poco la tensión de los paneles). Estos paneles suelen utilizarse con reguladores solares PWM cuando la distancia entre los paneles y el regulador no es muy grande y no hay más de 3 paneles de 24V.

Las medidas de los paneles solares de 24V suelen ser unos 1500 a 1950 mm de largo y unos 808 a 992 mm de ancho y unos 35 o 50 mm de espesor. Las potencias que suelen entregar estos paneles son entre 180Wp y 200Wp.

- c. Paneles solares de 60 células FV:** Los paneles solares de 60 células son los más comunes en el mercado y eso hace que sean los mejores económicamente hablando, pero no se deben utilizar como si fueran paneles de 24V, ya que éstos no elevan su tensión de salida a los 28,8V necesarios para cargar baterías de 24V por lo que no es posible utilizar reguladores PWM de 24V con estos paneles solares. Para estos paneles solares de 60 células FV es imprescindible utilizar un regulador MPPT **(8.1 Regulador de Carga)**. Tienen potencias que suelen estar entre los 200Wp y los 260Wp.

- d. Paneles solares de 12V con 72 células FV:** Estos son los nuevos paneles solares que trabajan a una tensión de 12V pero contienen el doble de células FV debido a la conexión que existe entre ellas (2 cadenas en paralelo). De esta forma, consiguen trabajar a la misma tensión de trabajo (12V) y con una V_{mp} de 18V, como en el caso de los paneles de 12V, pero aumentando al doble la corriente de trabajo.

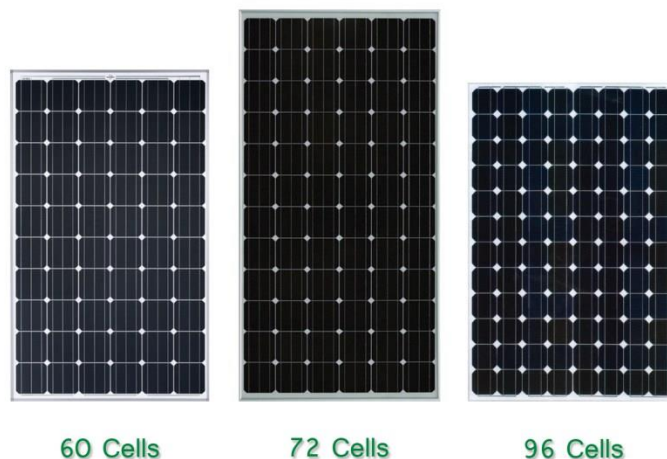


Figura 5. Comparación tipo de paneles solares por número de células FV.

Conociendo estos parámetros sobre los paneles solares, se debe elegir el que mejor convenga para cada instalación y, normalmente, se escoge el panel solar que se adapta mejor al sistema de regulador y batería que esté instalado en el sistema remoto.

Para calcular la energía solar producida por un panel solar FV en una determinada situación geográfica, hay que introducir una serie de parámetros para calcular de forma más fidedigna posible la energía que va a generar.

Para ello es necesario conocer la fórmula que indica la energía generada por un panel solar FV, o más concretamente, la fórmula de la energía producida por un sistema de paneles solares FVs, ya que es posible no tener un panel solo, sino un sistema de paneles en serie o paralelo. La fórmula de la energía generada diariamente por un sistema de paneles solares FVs es la siguiente:

Ecuación 1. Fórmula energía generada por panel solar FV. [3]

$$E_{gen} [W/día] = I_{mpp} * V_{mpp} * \eta_p * HSP$$

Donde:

E_{gen} es la energía generada diariamente por el sistema de paneles solares.

I_{mpp} es la corriente total del sistema. La suma de intensidades de cada rama de paneles solares conectados en paralelo.

V_{mpp} es la tensión total del sistema. La suma del voltaje de cada panel conectado en serie.

η_p es el coeficiente de rendimiento del panel. Típicamente es 0,9 (85%-90% al descontar ya las pérdidas). Este valor se encuentra en las características técnicas del panel.

HSP son las Horas Solar Pico y se calculan como:

Ecuación 2. Fórmula HSP en MJ/m2. [3]

$$HSP \left[\frac{MJ}{m^2} \right] = Factor H * V_{corr atm} * Factor K$$

Donde:

Factor H: Este factor se extrae de una tabla que indica la energía en MJ o KWh “que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes” [6] para una latitud y longitud concreta. La irradiación se puede expresar en MJ/m² o en KWh/m² y se debe seleccionar el valor para el mes más perjudicial. Hay distintas formas de obtener este factor H, y en este proyecto se propone utilizar la página Web de OpenSolarDB [7] dónde se puede introducir el país o la localidad dónde se va a instalar el sistema remoto para calcular este factor H. Concretamente, en esta página web se puede introducir la localidad en cuestión y ofrece el factor H para cada mes.

Vcorr atm es el valor de corrección atmosférico y éste depende de lo limpia que esté la atmósfera en el lugar donde se ubicará el sistema solar FV. Es 1,05 Si la atmósfera está limpia (Por ejemplo, en la montaña o alejado de las ciudades), 0,95 si por lo contrario abunda la calima o la contaminación y se puede dejar en 1 en caso de duda.

Factor K. Este es un factor de corrección de la radiación solar recibida por el panel solar teniendo en cuenta la latitud de la localización y la inclinación del panel solar respecto al suelo. Se utilizan unas tablas en las que, por cada grado de latitud y por cada 5 grados de inclinación se calcula este factor.

Una vez calculadas las HSP en MJ/m², es necesario calcular las HSP en horas:

Ecuación 3. Fórmula HSP en horas a partir de HSP en MJ/m². [3]

$$HSP [horas] = HSP \left[\frac{MJ}{m^2} \right] * \frac{1HSP[horas]}{3,6 \left[\frac{MJ}{m^2} \right]}$$

Una vez descrita la fórmula para calcular la energía solar entregada por un panel solar, se describe un pequeño ejemplo en el que se use la fórmula para calcular la energía entregada por un sistema de paneles solares:

En el ejemplo que se comenta, se quiere saber la producción de energía de un panel solar de 12V y 200Wp en la ciudad de Málaga para el mes de diciembre.

En primer lugar, se calculan las Horas Solar Pico de las que se dispone en esa localización para el mes de diciembre utilizando la fórmula descrita anteriormente:

Ecuación 4. Fórmula HSP en MJ/m². [3]

$$HSP \left[\frac{MJ}{m^2} \right] = Factor H * Vcorr atm * Factor K$$

Donde:

El **Factor H** se consulta en la página Web OpenSolarDB [7] y para el mes de diciembre, es 8,78.

El **Vcorr atm** se considera 1 puesto que Málaga es una ciudad por lo que se debería aplicar 0,95 pero como no sabemos la ubicación específica, puede que sea a las afueras por lo que sería 1,05.

El **Factor K** se extrae de la tabla de factor K [8] que se adjunta en la herramienta considerando que la latitud de Málaga es 37 grados y se busca el factor de inclinación más óptimo que es 50 grados, con lo cual se obtiene un valor de factor K de 1,46

Por lo que el cálculo de las HSP sería:

Ecuación 5. Ejemplo de cálculo de HSP en MJ/m2.

$$HSP \left[\frac{MJ}{m^2} \right] = 8,78 * 1 * 1,46 = 12,82 \left[\frac{MJ}{m^2} \right]$$

Ecuación 6. Ejemplo de cálculo de HSP en horas.

$$HSP [horas] = 12,82 \left[\frac{MJ}{m^2} \right] * \frac{1HSP[horas]}{3,6 \left[\frac{MJ}{m^2} \right]} = 3,56 [horas]$$

A partir de éste cálculo de HSP, se puede calcular la energía aportada por el sistema de paneles solares descrito anteriormente según la fórmula también descrita:

Ecuación 7. Fórmula energía generada por panel solar FV. [3]

$$Egen [W/día] = Impp * Vmpp * \eta p * HSP$$

Dónde:

HSP son las calculadas anteriormente: 12,82 MJ/m2 o 3,56 horas

ηp es el coeficiente de rendimiento del panel extraído de las especificaciones del mismo. En este caso sería de 0,9.

La $Impp$ sería la corriente total del sistema, como es solamente un panel sería el valor de corriente del panel solar, en este caso 10,65 A

La $Vmpp$ sería la tensión de trabajo del sistema de paneles, que en este caso sería un poco más elevada de 12V, concretamente 18,78 V.

Con estos valores se puede calcular la energía generada por el panel:

Ecuación 8. Ejemplo de energía generada por panel solar FV.

$$Egen \left[\frac{W}{día} \right] = 10,65 * 18,78 * 0,9 * 3,56 = 640,82 W/día$$

Esta sería la máxima energía generada por el panel solar descrito anteriormente en la ciudad española de Málaga para un día medio del mes de diciembre.

Cabe destacar que, en el caso que hubiera dos paneles solares conectados en serie, se mantendría su Intensidad $Impp$ y se sumarían sus voltajes dando una $Vmpp$ de 37,56V y si estuvieran conectado en paralelo se mantendría la tensión $Vmpp$ y se sumarían sus intensidades dando una $Impp$ de 21,3 A.

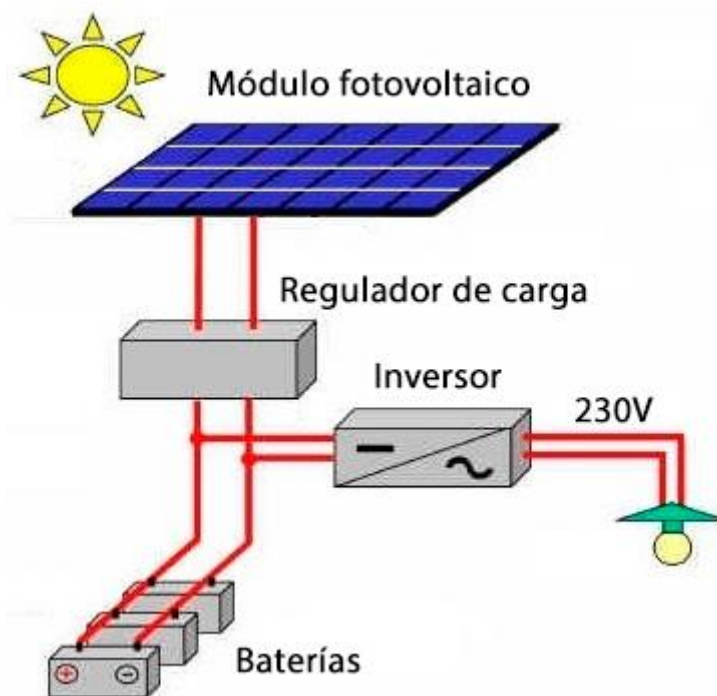
4.1 Kits Solares

Una vez se han descrito los parámetros principales para elegir un sistema de generación de energía solar, y qué características se deben tener en cuenta al elegir un panel solar, se estudian los kits solares que se componen de todos los elementos necesarios para la instalación solar.

Los kits solares son equipamientos donde ya van incluidos los elementos necesarios para una instalación solar. De forma que todos los elementos del sistema pertenecen al mismo fabricante, o, al menos, han sido probados funcionando de forma conjunta de manera que se ha comprobado su producción y su compatibilidad.

La opción de adquirir un kit solar completo permite al usuario disponer de todos los elementos necesarios para una instalación solar y no tener que adquirir los elementos por separado. Esto comporta beneficios al usuario ya que éste va a ser totalmente autosuficiente con los elementos adquiridos.

En este proyecto se estudian los kits solares preparados para instalaciones solares aisladas dónde no se conecten a la red eléctrica. Por lo tanto, los kits solares que se proponen al usuario van a estar formados por un sistema de paneles solares, un sistema de baterías, un regulador de carga solar y un inversor.



Esquema 3. Kit Solar FV básico con módulo FV, regulador, baterías e inversor. [29]

Para fomentar la adquisición de kits solares, este proyecto se basa en la premisa que todos los elementos de una instalación solar dependen unos de los otros por lo que, al adquirir un kit solar, ya se tiene en cuenta la adaptación de los elementos del kit solar.

Se estudian los parámetros principales a tener en cuenta para adquirir un kit solar u otro:

- Si el consumo esperado de la carga a alimentar es pequeño (entre 100 Wh/día y 1500 Wh/día) se propone adquirir un kit solar básico con paneles de 12V, inversores de 12V y entre 100 y 1000 Vatios de potencia y baterías monoblock o estacionarias de 12V y poca capacidad, entre 400 y 600 Ah.
- Si el consumo esperado de la carga a alimentar es medio o elevado (entre 2500 Wh/día y 4000 Wh/día) se propone adquirir un kit solar medio con paneles de 24V, inversores de 24V y entre 2500 y 5000 Vatios de potencia y baterías monoblock o estacionarias de 24V y capacidad entre 600 y 2000 Ah.
- El número de paneles solares del kit solar, viene definido por la energía necesaria diariamente para cubrir las necesidades de las cargas y no deben exceder la corriente de carga óptima de la batería que aproximadamente es un 10% de la capacidad nominal de la batería en C10.
- Con las necesidades de alimentación de la carga, el kit solar debe contar con un inversor que fije la tensión e intensidad de las baterías para que la capacidad de éstas sea suficiente para dotar de una autonomía de 3 o 4 días y el tipo y número máximo de paneles solares soportado por el propio inversor solar.
- Para elegir el kit solar que mejor se adapte a las necesidades, se debe tener en cuenta también el uso del sistema a alimentar. Si el uso de la instalación va a ser permanente (durante todo el año) se debe elegir un kit solar preparado para instalaciones de uso permanente donde las baterías sean estacionarias, mientras que, si el uso del sistema va a ser estacional (unos meses del año) se debe elegir un kit solar preparado para instalaciones de uso estacional donde las baterías van a ser monoblock.[5]



Figura 6. Comparación de Kits solares por energía entregada. [30]

Teniendo en cuenta estos parámetros en la herramienta, se propone al usuario un kit solar u otro y es importante que, en cualquier caso, el usuario dimensione la necesidades de las cargas de forma correcta y tenga en cuenta posibles ampliaciones de las cargas, ya que, al adquirir un kit solar, los elementos que lo componen son los óptimos para trabajar de forma conjunta y en caso que se quieran ampliar el número de paneles solares o las baterías, lo demás elementos del kit solar puede que ya no sean los óptimos para el nuevo sistema.

Así pues, en la herramienta se proponen distintos kits solares dependiendo de las necesidades de carga y uso del sistema, por lo que es fundamental tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Las placas solares de 24V deben tener 72 células FV. Si no tienen ese número de células FV es probable que la tensión de trabajo no sea de 24V de manera que no se puede utilizar un regulador PWM de 24V, sino que se debe utilizar un regulador MPPT, encareciendo la instalación solar.
- Si las baterías solares no han sido bien dimensionadas, éstas van a superar la profundidad de descarga recomendada, reduciendo así su vida útil y el rendimiento de todo el sistema de alimentación. Hay que tener en cuenta que las baterías son el elemento más costoso del sistema por lo que tener que cambiar las baterías va a suponer un coste adicional a la instalación.
- El consumo diario del sistema a alimentar debe estar bien definido y se debe dimensionar la instalación del sistema de alimentación en base a los datos de radiación solar del peor mes de utilización ya que, si dimensionamos el kit solar para el mes de mayor producción solar, cuando llegue el mes de menor producción, las baterías se van a descargar por debajo de la profundidad de descarga recomendada.
- Una situación parecida ocurre con el dimensionamiento de consumos durante el día o durante la noche. Si se dimensiona el kit Solar teniendo en cuenta que la mayor parte del consumo de las cargas será durante el día y luego el consumo también se produce durante la noche, se van a dimensionar las baterías por debajo del consumo real del sistema, lo que también producirá descargas de la baterías por debajo de la profundidad de descarga recomendada.
- La mala configuración de las baterías también va a suponer la elección de un kit solar inadecuado para el sistema a alimentar. En el apartado de Baterías (**7 Baterías**) se trata con más profundidad el tema de las conexiones de las baterías pero, en primer lugar y como consejo más relevante, el usuario debe conocer que baterías del sistema nunca deben estar conectadas en paralelo ya que constantemente se van a producir pequeñas descargas de las baterías debido a las corriente de desequilibrio entre ellas.

Siempre que se tengan en cuenta estas consideraciones, la herramienta creada propone al usuario el mejor kit solar para su sistema con las ventajas que los kits solares tienen un precio más ajustado ya que solamente se adquieren los elementos estrictamente necesarios y proporciona al usuario una garantía por parte del fabricante de que los elementos del kit solar están preparados para trabajar conjuntamente evitando que aparezcan problemas de compatibilidad entre los elementos.

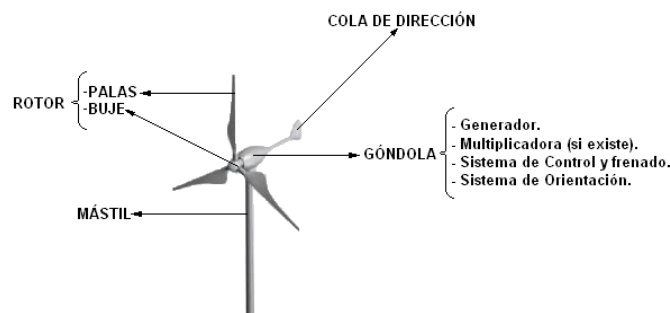
En la herramienta creada, los kits solares se proponen al usuario que no disponga de ningún elemento del sistema, ya que con el kit solar se adquieren todos los elementos necesarios y éstos siempre van a ser más económicos que adquirir los elementos individualmente.

5 Energía Eólica

La segunda fuente de energía que se trata en este proyecto va a ser la energía Eólica. La energía Eólica es esa energía que se obtiene de la fuerza del viento y existen distintos dispositivos o elementos capaces de aprovechar esta energía cinética que proporciona el viento para transformarla en energía eléctrica que pueda alimentar los sistemas electrónicos en cuestión.

Ocupa el segundo lugar en energías renovables por su madurez y por ser una tecnología robusta que ha sufrido bastantes avances tecnológicos a lo largo de los últimos años.

Para generar esta energía eólica, el elemento principal es el aerogenerador o molino de viento y consiste en un sistema complejo en el cuál el viento crea una fuerza giratoria al transcurrir por las aspas, que rotan del eje del que parten, ubicado en una parte del aerogenerador denominada góndola. Ese eje o buje está comunicado con una caja de cambios que aumenta la rapidez de rotación del eje y da energía al generador al que está conectada. El generador se vale de campos magnéticos y transforma la energía rotacional en eléctrica que es enviada al regulador para cargar las baterías.



Esquema 4. Partes Aerogenerador básico horizontal. [31]

El principal factor a tener en cuenta al adquirir un aerogenerador es la situación en la que se encuentra el sistema a alimentar, ya que el aerogenerador sólo produce energía en los casos que la velocidad del viento está entre unos rangos y sea en la dirección necesaria. También hay que tener en cuenta que, lo ideal, es que el viento sea de velocidad media y constante, ya que demasiado viento hace que el aerogenerador pare la producción eólica (velocidad máxima de parada) y si no hay viento no arranca la producción eólica (velocidad mínima de arranque).

También hay que considerar que los aerogeneradores son más propicios a instalarse en lugares cercanos a la costa o en zonas altas de montaña. Ya que en la costa suele soplar viento de forma más habitual que en el continente o zonas interiores, así como en alta montaña ya que son lugares donde los movimientos de aire chocan con las montañas y son lugares de cambios de temperatura más constantes, que es como se originan los vientos. Otro aspecto a destacar es la altura en la que se coloque la turbina de viento. Aunque se esté al lado de la costa y con unas condiciones de viento favorables, es necesario instalar una torre o mástil de al menos 5 o 6 metros de altura si se instala en el suelo en lugares sin objetos ni árboles alrededor. En cambio, si se encuentran árboles u otros elementos que interfieran el viento, se deberá colocar una torre o mástil de, al menos 8-9 metros de alto. [9]

La información necesaria para poder elegir un aerogenerador que se adapte a las necesidades del sistema es la siguiente:

- **Fabricante:** Como en el caso de los paneles solares, existe gran variedad de fabricantes de aerogeneradores y miniaerogeneradores y, aunque no existan tantos fabricantes distintos ya que la tecnología no es tan madura y no hay tanto mercado como en la energía solar fotovoltaica, el usuario que quiere adquirir un aerogenerador puede tener preferencia por uno u otro fabricante dependiendo de sus experiencias pasadas, recomendaciones externas o por afinidad con otros elementos del sistema, ya que, como en el caso de los paneles solares, es conocido que un aerogenerador de un fabricante suele funcionar mejor con los otros elementos del sistema del mismo fabricante.
- **Peso aerogenerador:** De forma similar a la problemática que puede darse en el caso de los paneles solares, es posible que la ubicación del sistema sea más o menos remota y la accesibilidad a este lugar puede dificultar el transporte de los elementos. Por este motivo, es necesario tener en cuenta el peso del aerogenerador para considerar su transporte hasta la ubicación. El peso de los aerogeneradores suele ser el mayor de todo el sistema, incluso más pesados que las baterías, por lo que es importante especificar cualquier limitación de peso al elegir el aerogenerador.
- **Dimensiones aerogenerador:** Como en el caso del peso, las dimensiones del aerogenerador también son un factor importante a tener en cuenta, ya sea en el momento del transporte como en el momento de instalarlo. Las dimensiones de estos aerogeneradores son grandes y se van a diferenciar dos dimensiones importantes para calcular el tamaño de la instalación.
 - **Diámetro palas:** Las palas del aerogenerador son las que se mueven con el viento y las que captan el viento para transformarlo en energía eléctrica. Según el diámetro y número de palas se produce más o menos energía y son un concepto importante a tener en cuenta ya que el espacio que se destina para el aerogenerador tiene que ser mayor que el diámetro de éstas y hay que instalarlo en una ubicación donde ningún elemento exterior pueda interferir en la superficie que van a ocupar estas hélices ya que esto puede frenar el sistema o incluso dañar el aerogenerador.
 - **Altura mástil:** La altura del mástil dónde se instalan las hélices, es también un factor a tener en cuenta puesto que según la altura de éste mástil, las hélices están a una u otra altura. Las hélices se deben situar a una altura tal que permita captar el máximo de fuerza del viento sin poner en peligro la integridad del aerogenerador. Ésta es, normalmente, una altura que viene definida por el modelo de aerogenerador por lo que se debe estudiar con cautela que la altura del mástil no supere la altura máxima a la que se puede instalar el aerogenerador para no cambiar las características de este.
- **Tensión del sistema:** La tensión del sistema es un aspecto fundamental en el momento de elegir un aerogenerador u otro. Normalmente, la tensión del sistema la marcan las baterías, ya que son el elemento más caro del sistema, o, al menos, esto sucede en el caso de la energía solar, puesto que las baterías son más costosas que los paneles solares. En el caso de la energía eólica, el precio de los aerogeneradores es, normalmente, más elevado que el precio de las baterías. Por ese motivo, se suele elegir primer el aerogenerador para buscar luego un sistema de baterías que trabaje a

la misma tensión de funcionamiento que éstos. Así pues, según la tensión de trabajo del aerogenerador, se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Aerogeneradores de 12V: Con potencias nominales entregadas entre 180W y 800W.
 - Aerogeneradores de 24V: Con potencias nominales entregadas entre 180W y 3000W.
 - Aerogeneradores de 48V: Con potencias nominales entregadas entre 180W y 6000W.
- **Potencia nominal:** La potencia nominal es la potencia que es capaz de entregar el aerogenerador en unas condiciones de viento específicas. Normalmente, la potencia entregada por el aerogenerador, depende de la velocidad del viento y es normal que en el datasheet del fabricante se encuentre un gráfico, como el mostrado a continuación, dónde se informa al usuario sobre la potencia que entrega el aerogenerador en función de viento de la ubicación del mismo. Se entiende por potencia nominal, la potencia máxima que entrega el aerogenerador en condiciones de viento óptimas, por ese motivo se introduce a continuación el concepto de velocidad para potencia nominal.



Figura 7. Curva de potencia de aerogenerador Bornay. [10]

- **Velocidad de arranque:** Este parámetro, que tienen todos los aerogeneradores, viene referido a la velocidad que debe tener el viento en la ubicación del aerogenerador para que éste empiece a rotar y, por lo tanto, empiece a generar energía eléctrica. Por debajo de esta velocidad de arranque, las hélices del aerogenerador no se mueven y, por lo tanto, no producen energía. Es importante conocer este parámetro del aerogenerador para compararlo con la velocidad que suele tener el viento en la ubicación ya que, si normalmente la velocidad del viento en la ubicación está por debajo de esta velocidad de arranque, no es recomendable instalar el aerogenerador. Esta velocidad de arranque suele estar entre los 2 y los 3 m/s y, como se puede ver en el gráfico de potencia/velocidad del viento que se ha indicado en la Figura 1, por debajo de esta velocidad del viento la potencia entregada por el aerogenerador es 0.
- **Velocidad para potencia nominal:** Esta velocidad es la necesaria para alcanzar la potencia nominal del aerogenerador. Normalmente, esta velocidad suele estar alrededor de los 13 m/s y cuando el viento alcanza esta velocidad en la sección de las hélices del aerogenerador se produce la potencia entregada más elevada por parte del aerogenerador.
- **Velocidad para frenado automático:** Esta es la velocidad máxima a la que el sistema aerogenerador puede trabajar. Por ese motivo, en el momento en que se supera esta

velocidad del viento, el aerogenerador enciende el frenado de las hélices de forma que se frenan y dejan de producir energía. Esto es debido a que puede ser peligroso para el mismo aerogenerador trabajar a una velocidad de viento mayor que éste valor y puede causar daños en la estructura del mismo. Igual que en caso de la velocidad de arranque, para elegir un aerogenerador se debe comparar esta velocidad de frenado automático con la velocidad del viento en la ubicación del aerogenerador y en caso que se registren velocidades del viento mayores a este valor de forma regular, se debe estudiar no instalar el aerogenerador ya que no entregará potencia al sistema de generación de energía y no va a justificar la inversión realizada.

Una vez descritas las principales características de un aerogenerador, se hace la búsqueda comercial de aerogeneradores según los parámetros antes descritos. Los parámetros más relevantes son, la tensión de alimentación, ya que debe ser la misma en todo el sistema, y la potencia entregada por el aerogenerador, ya que, dependiendo de las necesidades, se va a optar por un aerogenerador que entregue más o menos potencia.

Es interesante poder comprobar la energía que va a entregar el aerogenerador que se quiere adquirir. Para eso se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de la energía entregada por un aerogenerador:

Ecuación 9. Fórmula energía generada por aerogenerador. [3]

$$\text{Energía generada por el aerogenerador} \left[\frac{W}{\text{día}} \right] = \text{Potencia generador} [W] * 24 \left[\frac{h}{\text{día}} \right]$$

Donde:

Ecuación 10. Fórmula potencia aerogenerador. [3]

$$\text{Potencia generador} [W] = C_p * \frac{1}{2} * \rho * A * v^3$$

Donde:

C_p es el coeficiente que indica la capacidad de la hélice para captar energía. Éste se calcula mediante los diferentes coeficientes que afectan al aerogenerador. Son los siguientes:

- Límite de Betz: Demuestra que la turbina no puede extraer toda a energía cinética del viento, puesto que el aire no se para al atravesar la turbina, sino que disminuye la velocidad. La sección del tubo aumenta por conservación de la masa. Este coeficiente es del 59%.
- Rendimiento de la hélice: Este coeficiente viene especificado por el fabricante y éste suele estar entre el 85% y el 90%.
- Rendimiento del multiplicador: Este coeficiente viene especificado en el multiplicador del aerogenerador, un valor muy típico para el multiplicador es del 98%.
- Rendimiento del alternador: Este coeficiente también viene especificado por el alternador del aerogenerador y, normalmente, se elige un valor promedio del 95%.
- Rendimiento del transformador: Este coeficiente viene especificado por el transformador del aerogenerador y, habitualmente, se considera un coeficiente del 98%.

Teniendo en cuenta estos rendimientos de los distintos elementos del aerogenerador, se puede calcular un valor de C_p de:

Ecuación 11. Cálculo del coeficiente de capacidad de la hélice. [3]

$$C_p = 0,59 * 0,85 * 0,98 * 0,95 * 0,98 = 0,4576 = 45,76\%$$

p es la densidad del aire en kg/m^3 y es un valor que se puede consultar en la siguiente página web de Dolzhnos [11] introduciendo la temperatura ambiente, la presión atmosférica y la humedad relativa de la localización. Los parámetros de temperatura ambiente, presión atmosférica y humedad relativa se pueden consultar, en el caso de España, en la página web de AEMET [1] introduciendo la provincia y ciudad en cuestión y para el resto de países, también se pueden consultar los enlaces que proporciona la misma AEMET [1].

A es el área de la sección de la hélice del aerogenerador en m^2 y se calcula a partir del diámetro de la hélice que proporciona el fabricante con la siguiente fórmula:

Ecuación 12. Fórmula Área de la sección de la hélice. [3]

$$\text{Área}[m^2] = \pi * (\text{diámetrohélice}/2)^2$$

v es la velocidad del viento en m/s y ésta puede ser variable pero, para hacer una estimación de la potencia generada por el aerogenerador, se pueden utilizar los valores medios proporcionados por la AEMET[1].

Conociendo como obtener los distintos parámetros, se puede calcular la potencia generada por un aerogenerador. A continuación, se muestra un pequeño ejemplo del cálculo de Energía entregada por un aerogenerador del fabricante Bornay de 1,75 metros de diámetro de hélice:

En este ejemplo, se va a calcular la energía generada por un aerogenerador de 1,75 metros de diámetro en la ciudad de Lleida para el día 22 de enero de 2019. Para obtener los valores meteorológicos, se entra en la página de AEMET[1] y se consultan los parámetros anteriores para el caso en cuestión, ya que los demás parámetros ya se han calculado:

Ecuación 13. Cálculo de las variables para potencia del aerogenerador.

$$\begin{aligned} C_p &= 45,76\% \\ p &= 1,1642 \text{ kg/m}^3 \\ A &= \pi * (1,75/2)^2 = 2,41 \\ v &= 8 \text{ km/h} = 2,22 \text{ m/s} \end{aligned}$$

A partir de estos parámetros y, aplicándolos a la fórmula anteriormente descrita, se calcula la potencia generada por el aerogenerador en la ubicación elegida:

Ecuación 14. Cálculo potencia aerogenerador Bornay en Lleida.

$$\text{Potencia aerogenerador}[W] = 0,4576 * 0,5 * 1,1642 * 2,41 * 2,22^3 = 7,02 [W]$$

Y se calcula la energía generada diariamente a partir de la potencia y teniendo en cuenta que el aerogenerador está produciendo esta potencia durante las 24 horas del día:

Ecuación 15. Cálculo energía generada por aerogenerador Bornay en Lleida.

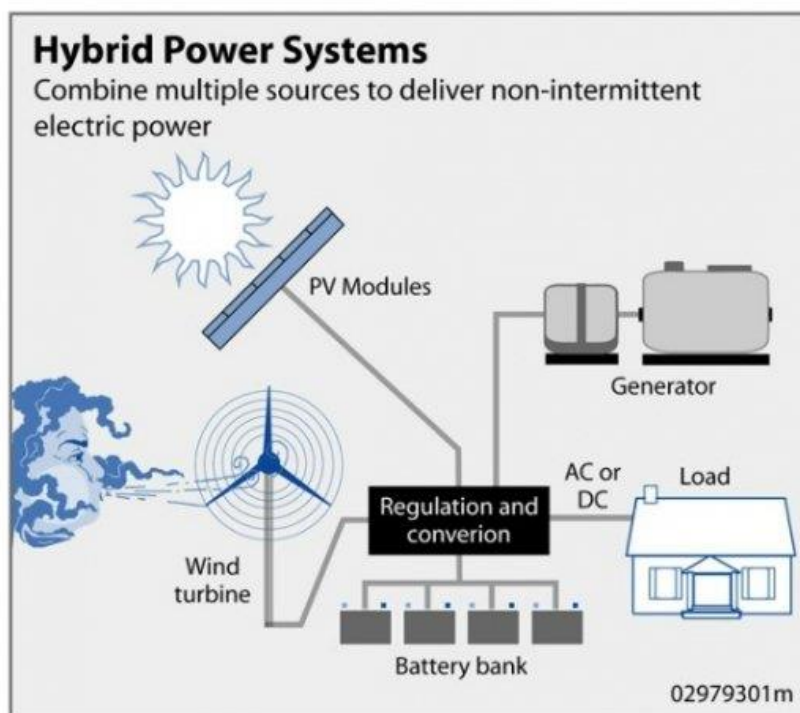
$$\text{Energía generada por el aerogenerador} \left[\frac{W}{\text{día}} \right] = 7,02 [W] * 24 \left[\frac{h}{\text{día}} \right] = 168,57 [W/\text{día}]$$

6 Sistema híbrido Solar-Eólico y Pilas de combustible

Una vez se han visto los sistemas de generación de energía mediante energía solar y eólica, en este apartado se estudian los casos en los que es necesario o interesante utilizar un sistema de generación de energía híbrido entre la energía solar y la eólica. Esto significa que el sistema de generación de energía está formado por un sistema de paneles solares para captar la energía solar y por un aerogenerador para captar la energía eólica.

En este punto del proyecto, ya se ha estudiado cómo generan energía los paneles solares, los tipos que existen y sus principales características. Lo mismo se ha hecho con los aerogeneradores, se han estudiado los tipos, sus características y los parámetros a tener en cuenta en el momento de elegir uno u otro.

Ahora, entonces, hay que estudiar cómo se pueden combinar los dos sistemas de generación para producir tanto energía solar como energía eólica. Es importante saber que la energía solar producida depende en gran medida de la radiación solar que captan los paneles solares en la ubicación de la instalación, captándose esta de forma irregular durante el transcurrir del día mientras que la energía eólica, al depender del viento en la ubicación, puede captar energía eólica de forma más o menos regular en el transcurrir de un día.



Esquema 5. Sistema híbrido de alimentación. [32]

Concretamente, el sistema de paneles solares capta energía solar durante el día y con mayor captación en el momento de mayor intensidad de la radiación solar teniendo en cuenta la inclinación del panel solar pero no genera energía solar durante la noche. Por ese motivo es

interesante disponer de un aerogenerador que sea capaz de producir energía eólica durante la noche y así poder alimentar las baterías o directamente las cargas en estos momentos.

Disponer de un aerogenerador solar como soporte a la instalación solar va a permitir varias ventajas para la alimentación del sistema remoto:

- Alimentar las cargas durante la noche, descargando en menor medida las baterías.
- Alimentar las cargas en días nublados, lluviosos, o con inclemencias meteorológicas que impidan captar radiación solar.
- Alimentar las cargas en situaciones concretas en las que no se recibe suficiente radiación solar por motivos de sombras, contaminación del ambiente, árboles, etc.

En primer lugar, para plantearse la adquisición de un sistema híbrido, el uso de la instalación debe ser permanente a no ser que sea estrictamente necesaria en una instalación estacional por las características de la ubicación. Esto es debido a que una instalación eólica es muy costosa en comparación con una instalación solar que produzca la misma cantidad de energía y la instalación de la misma requiere de más tiempo y conocimientos. Por eso, en una instalación con uso estacional acarrea más costes en tiempo y recursos si se tiene que instalar y desinstalar en cada periodo de uso.

Al mismo tiempo, para que un sistema híbrido sea rentable para el usuario, se debe dar una situación específica, ya que los aerogeneradores tienden a ser más caros que los paneles solares, por lo tanto, siempre que sea posible se utilizan más paneles solares en lugar de adquirir un aerogenerador.

Concretamente, para que una instalación híbrida solar-eólica sea rentable y eficiente económicamente en términos de energía obtenida, se debe instalar en una ubicación donde haya un número elevado de días con viento para la producción eólica. Típicamente se considera que un 70% de los días de un año. También es importante el hecho que no todo el tipo de viento es útil para un aerogenerador. La velocidad del viento en la ubicación es un término a observar muy importante al elegir disponer de un sistema eólico tal y como se ha explicado en el apartado de energía eólica (**5 Energía Eólica**).

Para dimensionar una instalación híbrida solar-eólica, es necesario tener en cuenta que el sistema va a contar con dos generadores de energía y que cada uno tiene sus características. Por eso, para calcular la energía generada por el sistema híbrido se debe calcular por separado la producción del sistema de generación de energía solar y la producción del sistema de generación eólico.

Para calcular la energía generada por cada uno de los sistemas de generación, se pueden consultar los apartados de energía solar y energía eólica (**5 Energía Eólica**) ya que se puede calcular la energía entregada por estos y simplemente hay que sumar la energía generada por un sistema y el otro para obtener la energía total que entrega el sistema híbrido.

En cualquier caso, en una instalación híbrida solar-eólica, se debe prestar atención al dimensionamiento de las baterías. Normalmente, las baterías se dimensionan para poder entregar la energía generada a la carga, y no tienen en cuenta con que sistema de generación son cargadas. Simplemente hay que tener en cuenta que las baterías están conectadas a dos

reguladores de carga, uno para la energía solar y otro para la energía eólica. Para hacer los cálculos de las profundidades de descarga de las baterías, se debe tener en cuenta que se alimentan por las dos fuentes de generación de energía.

Adicionalmente a los kits híbridos solar-eólicos, comentados a continuación, se puede agregar un tercer generador de energía al sistema. Éste consiste en las pilas de combustible y se pueden utilizar en los casos en que los generadores principales solar y eólico no producen la energía suficiente para alimentar la carga o para añadir un tercer sistema de generación que no dependa de las condiciones meteorológicas y, por lo tanto, siempre pueda entregar energía al sistema para no tener que sobredimensionar los sistemas de generación ni descargar las baterías a más profundidad de descarga de la recomendada.

6.1 Kits Híbridos Solar-Eólicos

En caso que no se disponga de material en el inicio de la instalación y se cumplan las condiciones descritas en el apartado anterior, se recomienda la adquisición de un kit híbrido Solar-Eólico por las mismas razones que se ha recomendado la adquisición de un kit solar en el apartado de energía solar en lugar de adquirir los componentes por separado.

A efectos prácticos, el funcionamiento de un kit solar y un kit híbrido solar-eólico es el mismo ya que en ambos existe un regulador de carga que es el dispositivo encargado de recibir la energía producida por las fuentes renovables y almacenarla correctamente en las baterías. Con lo cual, al tratarse de las mismas baterías, si ya se dispone de una instalación solar fotovoltaica o eólica, ésta se puede convertir en una instalación híbrida simplemente conectando a las baterías el regulador eólico y a éste el aerogenerador o al regulador solar y a éste los paneles solares.



Ilustración 2. Kit híbrido solar-eólico Solarstik portable. [33]

Para elegir un Kit híbrido solar-eólico uno debe fijarse en los parámetros típicos de los kits solares y los aerogeneradores. Si se quieren consultar estos parámetros se recomienda ir al apartado de kits solares (**4.1 Kits Solares**) y aerogeneradores (**5 Energía Eólica**), ahora se describen las principales características de los kits híbridos solares-eólicos para tres tipos de consumo, bajo, medio y alto:[12]

- Kit híbrido solar-eólico para consumos bajos (1300W a 12V):
 - 4 paneles solares FV de 160W y 12V.
 - 1 aerogenerador de 400W (con potencia pico de 600W) y 12V.
 - 1 inversor 3en1 con regulador de 50A, Cargador de baterías de 30A e inversor de onda pura 1000W (pico de 2000W), todo con una tensión de alimentación de 12V.
 - 1 Regulador eólico de 600W y tensión de trabajo a 12V.
 - 2 Baterías tipo GEL de 250 Ah en C100 y tensión de trabajo a 12V.
 - Material eléctrico para instalación de 12V.
 - Estructura para fijar los paneles solares
 - Estructura para el aerogenerador
- Kit híbrido solar-eólico para consumos medios (2000W a 12V):
 - 6 paneles solares FVs de 160W y 12V.
 - 1 aerogenerador de 400W (con potencia pico de 600W) y 12V.
 - 1 inversor 3en1 con regulador de 50A, Cargador de baterías de 30A y inversor de onda pura 1000W (pico de 2000W), todo con una tensión de alimentación de 12V.
 - 1 Regulador eólico de 600W y tensión de trabajo a 12V.
 - 3 Baterías tipo GEL de 250 Ah en C100 y tensión de trabajo a 12V.
 - Material eléctrico para instalación de 12V.
 - Estructura para fijar los paneles solares
 - Estructura para el aerogenerador
- Kit híbrido solar-eólico para consumos altos (3000W a 24V):
 - 6 paneles solares FVs de 270W y 24V.
 - 1 aerogenerador de 400W (con potencia pico de 600W) y 24V.
 - 1 inversor 3en1 con regulador MPPT de 60A, Cargador de baterías de 30A y inversor de onda pura 3000W (pico de 6000W), todo con una tensión de alimentación de 24V.
 - 1 Regulador eólico de 600W y tensión de trabajo a 24V.
 - 6 Baterías tipo GEL de 250 Ah en C100 y tensión de trabajo a 24V.
 - Material eléctrico para instalación de 12V.
 - Estructura para fijar los paneles solares
 - Estructura para el aerogenerador

A modo de resumen, a la pregunta de si conviene o no disponer de una instalación híbrida solar y eólica, la respuesta es que depende de las condiciones de viento del lugar donde se tenga previsto instalar el kit híbrido. Condicionantes como el número de días de viento al año, la orografía del terreno y sus alrededores, así como ubicación donde se vaya a instalar, deciden si se debe apostar también por la energía eólica. En el caso de que no se cumplan los requisitos descritos, se recomienda centrarse exclusivamente en instalar un sistema de generación de

energía solar ya que el rendimiento del viento tiene variaciones significativas en según qué zonas.

En la herramienta creada, tan solo se deben introducir los datos de la carga que se quiere alimentar y los datos meteorológicos de la ubicación del sistema a alimentar para que se recomiende el kit híbrido solar-eólico necesario. Se deberán conocer tanto los parámetros necesarios para elegir un kit solar como los parámetros necesarios para elegir un aerogenerador de forma que se pueda elegir el mejor kit combinando ambas fuentes de generación de energía.

El usuario de la herramienta, debe ser consciente de las necesidades de su sistema para elegir un sistema híbrido en lugar de elegir un sistema compuesto solamente por energía solar fotovoltaica según los criterios descritos en el apartado anterior (**6 Sistema híbrido Solar-Eólico**).

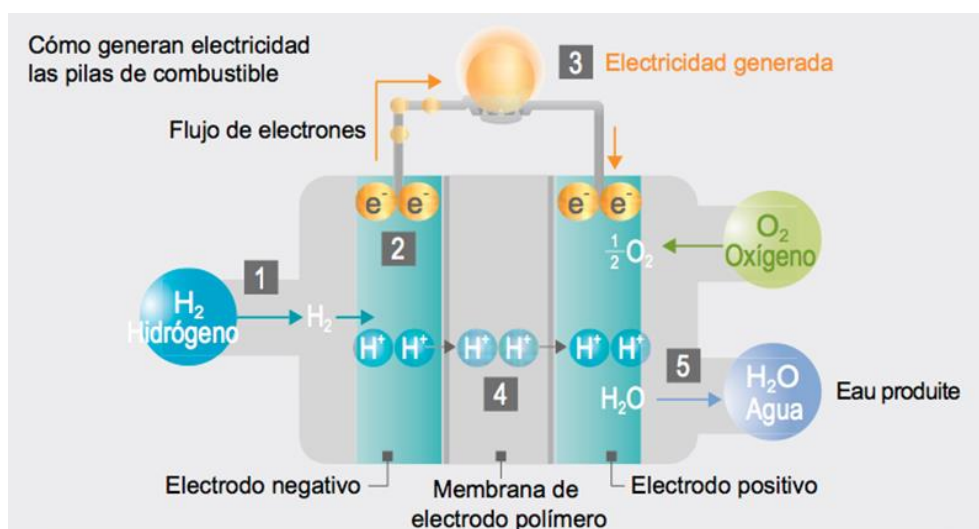
6.2 Pilas de combustible

En este apartado se trata la generación de energía mediante pilas de combustible. Ésta es una tecnología relativamente nueva y que se empieza a utilizar en sistemas autónomos debido a su fiabilidad y a su independencia de las condiciones meteorológicas.

“Las pilas de combustible son un dispositivo electroquímico que, al igual que las baterías, convierte la energía de un reactivo directamente en energía eléctrica.

Las baterías son acumuladores de energía y sólo pueden suministrar energía eléctrica mientras no se agoten los reactivos químicos almacenados en su interior (deben haber sido cargadas previamente), en cambio las pilas de combustible son capaces de proporcionar electricidad mientras les sea suministrado combustible desde una fuente exterior (el más habitual es el hidrógeno).

Además, tras la reacción electroquímica producida en las pilas de combustible el único resultado es agua y electricidad así que no son perjudiciales para el medio ambiente, a diferencia de los combustibles fósiles como el diésel.” [3]



Esquema 6. Producción energía eléctrica por pila de combustible hidrógeno. [34]

“Las pilas de combustible pueden clasificarse según el electrolito y el combustible utilizado, que acaban dándoles el nombre:

- **PEM (Polymer Electrolyte Membrane).** Pilas de membrana polimérica o de membrana de intercambio de protones. Usan un polímero sólido de membrana como electrolito. Los electrodos deben ser porosos, el catalizador es de platino y esto hace encarecer la pila. Básicamente se compone de una membrana conductora de protones situada entre dos electrodos porosos, recubiertos con platino.

Usan el hidrógeno como combustible y el oxígeno como oxidante. Funcionan a temperaturas relativamente bajas, de alrededor de los 80°C, esto facilita su rápida puesta en funcionamiento al ser necesario menor temperatura, el tiempo de calentamiento disminuye. Tienen una gran densidad de potencia, con larga vida útil y su mantenimiento es mínimo. Son aptas para su empleo en situaciones estacionarias que tienen las mismas condiciones que las ubicaciones remotas y se recomiendan en telecomunicaciones.

- **DMFC (Direct-Methanol Fuel Cells).** Pilas de Metanol Directo. También utilizan polímero de membrana como electrolito, pero en este caso el combustible es el metanol, como en la anterior, el oxígeno es el oxidante. Su principal uso es en dispositivos electrónicos portátiles.

- **MCFC (Molten Carbonate Fuel Cells).** Pilas de combustible de carbonato fundido. “Usan una sal de carbonato fundido inmovilizada en una matriz porosa como electrolito”. [4] Tienen una alta temperatura de funcionamiento, de alrededor los 600°C, esto hace que no sea necesario un reformador de los combustibles. Son aptas para su uso con diferentes combustibles como el monóxido de carbono, gas natural, propano, etc.

- **SoFC (Pilas de Óxido sólido).** “Usan como electrolito un componente cerámico duro y no poroso.”[4] Estas pilas operan a temperaturas muy elevadas, pudiendo alcanzar hasta los 1.000°C, esta característica las hace muy adecuadas para su uso en centrales de generación de energía. Estas pilas pueden utilizar como combustible el monóxido de carbono y metano, el oxidante sigue siendo el oxígeno.

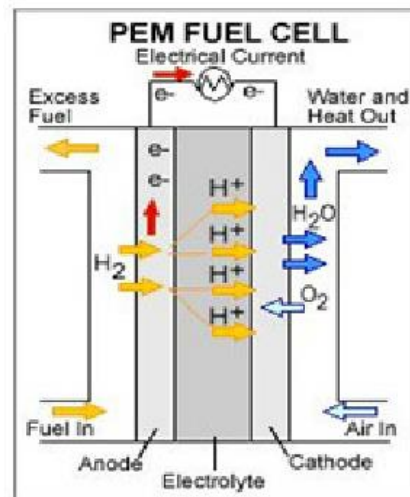
- **PAFC (Pilas de combustible de ácido fosfórico).** Estas pilas usan como electrolito el ácido fosfórico. Este electrolito tiene la ventaja que no le afectan las impurezas, usan como combustible el hidrógeno y gracias a esta característica no necesitan un hidrógeno tan puro. Los electrodos usan como catalizador el platino lo que las encarece. La temperatura que alcanzan está alrededor de los 200°C. Son menos eficientes, producen menos energía, según un peso y volumen constante. Necesitan mayor mantenimiento que las anteriores. Su uso es en centrales estacionarias como apoyo a la red eléctrica.

- **AFC (Pilas de Combustible Alcalinas).** Poseen como electrolítico un alcalino, en concreto el hidróxido de potasio. Como catalizador pueden utilizar diferentes metales. El combustible es el hidrógeno y el oxidante el oxígeno. Como producto se forma carbonato potásico que produce el “envenenamiento” de la pila, reduciendo de forma importante su rendimiento. La máxima temperatura que puede alcanzar son los 245°C. Se trata de la primera pila de combustible que se fabricó en los años 60. Fueron las pilas que proporcionaban energía eléctrica y agua a la nave del proyecto Apolo de la NASA. Se usan de forma primordial en el sector militar, aeroespacial y submarino. Estas pilas son las que ofrecen un mayor rendimiento. La NASA las sigue utilizando en sus misiones espaciales.”[3]

Con esta información sobre los tipos de pilas de hidrógeno, se puede seleccionar el tipo que más convenga según el proyecto que se esté realizando. Se debe indicar al usuario, pero, que las pilas de hidrógeno no son baratas, su instalación es un poco más complicada que la de los paneles solares, aerogeneradores o baterías, que tienen un peso bastante mayor que el de estos componentes, debido principalmente a tener que transportar el combustible para las

pilas, y que, normalmente, requieren algún tipo de mantenimiento. Por estos motivos, se recomienda al usuario que haga una reflexión previa sobre si realmente necesita este tipo de componentes.

En los casos de uso de la herramienta creada en este TFM, las pilas más interesantes son las de PEMFC. Este tipo de pila es la más desarrollada en la actualidad y la más comercializada. En comparación con los otros modelos, la pila PEMFC es la que tiene menor peso, volumen y coste. Otras ventajas son que tiene un rápido arranque, que necesita poco mantenimiento y que en los diferentes estudios analizados la proponen como la más adecuada para sistemas de bajo consumo en ubicaciones aisladas. [3]



Esquema 7. Funcionamiento PEMFC. [35]

En el caso de que se quiera adquirir uno de estos elementos para dar apoyo a la instalación, éste se debe incorporar al plano de generación de energía. Para ello, las pilas se deben conectar al regulador de carga para alimentar las baterías al igual que con los paneles solares o el aerogenerador.

Las pilas de hidrógeno se van a incluir en la herramienta en el apartado de kits híbridos solares-eólicos ya que su uso es principalmente en sistemas dónde no se genera la suficiente energía utilizando la solar y la eólica. Eso no significa que no se puedan agregar a un sistema solar FV o a un sistema eólico por separado, sino que se prioriza alimentar la carga con éstos sistemas. En caso que el sistema híbrido solar-eólico esté sobredimensionado para la carga a alimentar, también se pueden utilizar estas pilas de combustible hidrógeno para reducir en costes por sobredimensionamiento así que también son una buena alternativa a tener en cuenta en estos casos.

De la misma manera que se han realizado unos pequeños cálculos sobre la energía entregada por los sistemas de generación solar y eólico, también se realizan unos cálculos de ejemplo para calcular la energía que entrega una PEMFC, teniendo en cuenta que éste cálculo es independiente de la situación en la que se encuentra, se necesitan saber los parámetros técnicos de las PEMFC.[3]

Los parámetros técnicos que se necesitan conocer y que facilita el fabricante de una pila de hidrógeno son:

- Potencia nominal expresada en W.
- Voltaje de funcionamiento en V.
- Consumo de hidrógeno en litros/minuto.

Con estos parámetros ya se puede conocer la energía que entrega la pila de hidrógeno:

Ecuación 16. Fórmula energía generada por PEMFC a partir de su potencia nominal y el uso.

$$\text{Energía generada pila de hidrógeno} \left[\frac{Wh}{\text{día}} \right] = \text{Potencia nominal [W]} * 24 [\text{horas/día}]$$

Así pues, los litros de hidrógeno necesarios para que una pila con un consumo de 0,8 litros/minuto funcione durante 24h son:

Ecuación 17. Cálculo combustible hidrógeno diario pila con consumo de 0,8 l/min.

$$\text{Combustible hidrógeno [litros]} = 0,8 \frac{\text{litros}}{\text{min}} * 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}} * 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 1152 [\text{litros}]$$

Dependiendo del tipo de bombona de hidrógeno que se usa, el hidrógeno de su interior está a una presión o a otra. Ésta presión de dentro la bombona es diferente de la presión atmosférica y esto comporta convertir los litros de hidrógeno de dentro de la bombona, especificados a la presión en la bombona, a litros a presión atmosférica. Como el hidrógeno es un gas ideal, se puede usar siguiente ecuación para los gases ideales para realizar dicha conversión:

Ecuación 18. Relación en gases nobles.

$$P * V = n * R * T$$

Donde:

- P presión [KN/m²].
- V volumen [L].
- n número de moles del gas.
- R constante de gases. Ley universal para todos los gases [J/mol K]. Es 8,314.
- T Temperatura del gas.

A presión atmosférica (P_{atm}) el hidrógeno tiene un volumen (V_{atm}) y a la presión de compresión de la bombona (P_{comp}) este tiene un volumen (V_{comp}).

Entonces se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

Ecuación 19. Ecuaciones para presión atmosférica y comprimida.

$$\begin{aligned} P_{atm} * V_{atm} &= n * R * T \\ P_{comp} * V_{comp} &= n * R * T \end{aligned}$$

Dado que el gas es el hidrógeno en ambas presiones, el número de moles del gas (n) es el mismo en ambas ecuaciones. La temperatura es la misma en ambas presiones (T) y la constante de gases (R) es una constante por tanto también es la misma para ambas ecuaciones, entonces, podemos igualar las dos ecuaciones de la siguiente manera:

Ecuación 20. Relación presión atmosférica y comprimida.

$$P_{atm} * V_{atm} = P_{comp} * V_{comp}$$

Conociendo la presión y volumen del hidrógeno en la bombona de la PEMFC y la presión atmosférica de la ubicación de la pila, se puede calcular el número de litros equivalente en presión atmosférica a partir del volumen:

Ecuación 21. Volumen pila hidrógeno en presión atmosférica.

$$V_{atm}[\text{litros}] = V_{comp}[\text{litros}] * \frac{P_{comp}}{P_{atm}}$$

En la herramienta se añaden algunos modelos de PEMFC para que el usuario pueda elegir si quiere utilizarlas en su sistema de alimentación teniendo en cuenta los parámetros descritos y pudiéndose ayudar de los cálculos anteriores para calcular la cantidad de combustible necesaria para cada caso.

7 Baterías

En un sistema de alimentación para sistemas remotos de bajo consumo, el elemento principal y más costoso de la instalación son las baterías. Existen distintos tipos de baterías y en función del tipo, el sistema de alimentación tiene una esperanza de vida mayor o menor, ya que, dependiendo del tipo de batería que se utilice y del uso que se haga de estas batería, el sistema va a funcionar correctamente más o menos tiempo.

Principalmente se pueden dividir los tipos de baterías para sistemas de bajo consumo en dos partes diferenciadas. Por una parte se estudian las baterías monoblock y por otra parte se estudia las baterías estacionarias. Normalmente, las primeras se utilizan en sistema de uso ocasional y las segundas en sistemas con uso permanente.

Aun así, dentro de cada uno de estos dos tipos hay distintos tipos de baterías dependiendo del material con el que están fabricadas. Se describen los diferentes tipos de baterías y sus características principales.

Antes de describir los tipos de baterías, es necesario conocer los parámetros principales por los que se rigen las baterías. La información que suelen dar los fabricantes sobre las baterías es la siguiente:

- **Peso:** Es el peso de la batería y, algunos fabricantes, pueden dar dos pesos sobre la batería, el peso de la batería sin cargar y el peso de la batería cuando está cargada al 100%. Esto es debido a que, algunas baterías, y dependiendo de la tecnología que usan, aumentan su peso cuando están cargadas y hay que tener en cuenta que, normalmente, las baterías se transportan cargadas al 100% por lo que se debe tener en cuenta el peso cuando están cargadas. Este parámetro sobre las baterías es importante al dimensionar una instalación fotovoltaica ya que, normalmente, la batería es el elemento más pesado del sistema y es un elemento indivisible.
- **Dimensiones:** Las dimensiones de las baterías son un aspecto que no es muy importante a tener en cuenta al dimensionar una instalación fotovoltaica, debido a que, normalmente, el espacio que ocupan estas baterías no es muy elevado en comparación con las dimensiones de los paneles solares o los aerogeneradores.
- **Conexión de baterías:** No se recomienda conectar las baterías en paralelo para trabajar a una tensión superior ya que entre baterías conectadas en paralelo se producen corrientes de una batería a otra debido a las diferencias de las resistencias internas de cada batería, estas corrientes son llamadas corrientes de desequilibrio y acortan la vida de las baterías. En cambio, es normal conectar baterías en serie para llegar a la tensión de trabajo requerida por el sistema.
- **Dimensionamiento de baterías:** Es recomendable que, cuando se hace un dimensionamiento de las baterías necesarias para cubrir una carga, se calcule que las baterías van a tener una autonomía de 2-3 días. Se hace de esta forma ya que en instalaciones solares es bastante posible encontrarse con periodos de 2-3 días sin generación de energía y por lo tanto, la batería debe entregar la potencia requerida durante estos 2-3 días. Este dimensionamiento es muy importante para no exceder la profundidad de descarga máxima de cada tipo de batería. De esta forma se consigue que la profundidad de descarga media diaria sea próxima al 20% y no superior, que el

régimen de descarga medio sea cercano a C100 (descarga de la batería en 100 horas). De esta forma se consigue alargar la vida de la batería al máximo.

- **Profundidad de descarga:** Este parámetro de las baterías va relacionado con la descarga que se hace de las baterías. La profundidad de descarga de una batería es ese porcentaje de descarga que puede soportar la batería sin sufrir daños irreversibles o disminuir su vida útil. Así pues, si para una batería se recomienda no exceder profundidades de descarga mayores al 50%, significa que no se debe descargar más de la mitad de la capacidad de la batería si se quiere conservar la batería en un mejor estado y alargar su vida útil y su rendimiento.
- **Capacidad de descarga:** Este parámetro se suele expresar en Ah y lo indican los fabricantes de baterías junto con un indicativo del tipo C10, C20, C100. Este parámetro indica que los amperios-hora se podrán extraer de la batería mientras que el régimen de descarga sea tal que implique la descarga en su totalidad en las horas que se indican a continuación de la C[5] . Así pues, si la misma batería se descarga a un régimen tal que implica una descarga completa en 10 horas (C10) los amperios/hora que se podrán extraer son bastante inferiores al valor de C100.

“Para explicar este parámetro, normalmente se utiliza un símil con corredores y velocidades. Un corredor puede correr a una velocidad moderada durante 5 horas sin descanso, en cambio, el mismo corredor sólo podrá correr a máxima velocidad durante 10 minutos.”[5]

- **Etapas de carga de una batería:** El estado en el que se encuentran las baterías no siempre es el mismo, este varía según el nivel de carga de la batería y durante este proceso tienen lugar las siguientes fases de la batería: [13]
 1. **Etapa Bulk:** En esta primera etapa se suministra corriente a la batería a intensidad máxima, de manera que el voltaje (tensión) aumenta rápidamente hasta llegar aproximadamente a 12,6 V, y después poco a poco hasta el primer límite de voltaje. Una vez alcanzado este límite la batería está cargada un 80-90%, a partir de este punto la absorción de corriente de carga se reduce rápidamente, está ahora a un potencial de 14,4-14,8 V según la batería. Si se desea cargar un banco de baterías el límite de voltaje se situaría entre un 10-20% de la intensidad nominal de la batería, es decir, entre 100-200 A para un banco de baterías de 1000 A/h. En esta etapa el regulador de carga que se sitúa entre el panel y el acumulador no juega ningún papel, pues la corriente se suministra a intensidad máxima, pero sin él la fase Bulk sería permanente y la corriente proveniente de los paneles solares podría destruir la batería por sobrecarga.
 2. **Etapa de absorción:** En esta fase la corriente de carga disminuye lentamente hasta que la batería se carga al 100%. En esta etapa se trabaja al voltaje alcanzado al final de la etapa Bulk, denominado límite de absorción. Es importante conocer los valores de los voltajes utilizados con exactitud y siempre en conformidad a las indicaciones del fabricante. La finalidad de esta etapa es recuperar el electrolito, que puede haberse visto alterado en procesos de descarga profunda, así pues en baterías que hayan sufrido una descarga profunda prolongada, la fase de absorción será más larga para asegurarse recuperar el electrolito por completo.

3. **Etapa de flotación:** En esta fase la batería ya está cargada al 100% y lo que se hace es proporcionar la corriente necesaria para compensar la autodescarga, de manera que permanezca al 100%. Se trabaja a potenciales bajos y constantes. Si pretende almacenarse la batería el voltaje de flotación no puede variar más de un 1% respecto del recomendado por el fabricante. Para baterías líquidas se recomienda proporcionar voltajes entre 12,9-14 V, aunque no es recomendable la inutilidad de la batería durante periodos largos (meses). En cambio, las baterías de gel pueden ser dejadas en fase de flotación durante periodos largos sin problemas.
4. **Etapa de ecualización:** Tiene como fin el ascenso del gas dentro del ácido (electrolito) haciendo que la disolución llegue a ser homogénea; por esto también se denomina etapa de gaseo. De esta forma se evita que en la parte inferior no haya una densidad mayor que pueda provocar la sulfatación de las placas. Tras esta etapa se consigue que todas las celdas tengan el mismo voltaje. El controlador puede realizar esta etapa cada cierto periodo de tiempo, si se pretende hacer a mano conviene llevarla a cabo si se detecta disparidad de valores en la densidad del electrolito.

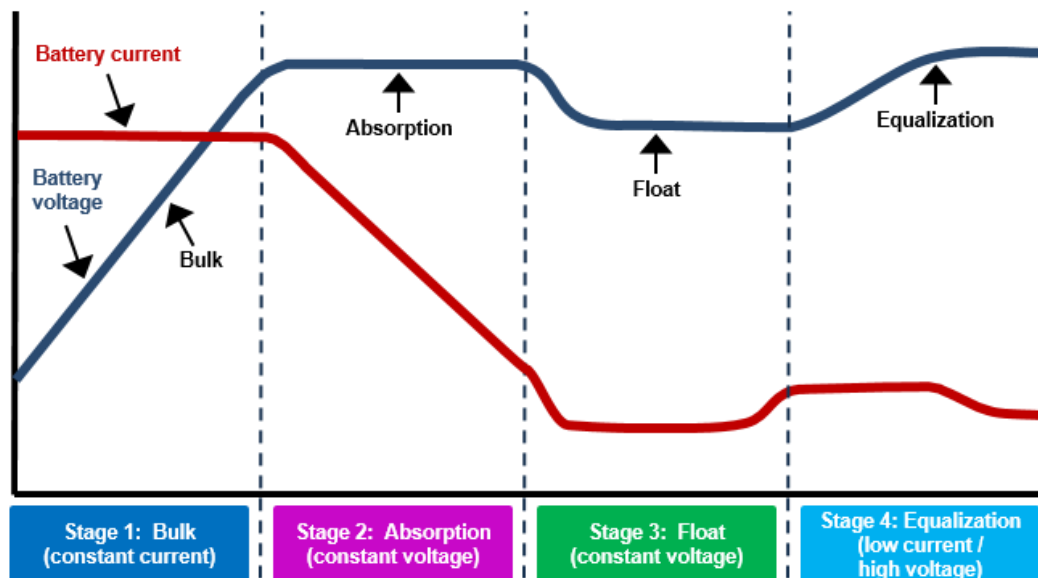


Figura 8. Etapas de carga de baterías que requieren ecualización. [36]

- **Ciclo de carga y descarga:** El número de ciclos de carga y descarga de una batería viene a indicar el número de veces que la batería se puede descargar al 100%. Esta descarga o carga de la batería no tiene porqué ser consecutiva, por ejemplo, si una batería se descarga un 70% y se pone a cargar de nuevo hasta el 100% de carga, cuando se descargue un 30% de batería se habrá completado un ciclo de carga y descarga. Cabe destacar que una vez se han completado los ciclos de carga y descarga que proporciona el fabricante, no se da la batería por inutilizable, sino que solamente se reduce su capacidad de carga total.

Una vez descritas las características principales de las baterías, se describen los principales tipos de baterías y las características principales de éstas así como las diferencias que existen entre ellas.

7.1 Baterías monoblock

Se utilizan para sistemas con consumos bajos y esporádicos. Tienen una vida útil reducida, de unos 5-10 años dependiendo del tipo y del uso, y son las más económicas del mercado.

Están formadas por un sólo bloque con dos terminales de conexión, uno positivo y otro negativo. Con tensión de salida de 6v o 12v y capacidades desde unos pocos amperios-hora hasta más de 800Ah para las baterías más potentes.[5]

Dentro de las baterías monoblock, se pueden encontrar distintos tipos dependiendo del material con el que están constituidas:

7.1.1 Baterías monoblock de plomo-ácido abiertas

Son las más económicas pero también las que tienen una vida útil menor, de unos 2-3 años, y entorno a los 400 ciclos de carga y descarga siempre que no se superen las profundidades de descarga del 20%. Se utilizan en aplicaciones solares FV de consumos bajos y esporádicos y no se recomienda mucho su compra si se quieren utilizar en instalaciones solares autónomas. Las tensiones de trabajo más comunes en estas baterías son 6V o 12V y las capacidades van de los 80 a los 250 Ah. Requieren mantenimiento para reponer el nivel del electrolito con agua destilada para asegurar que las placas de plomo están siempre cubiertas.



Ilustración 3. Batería monoblock ácido-plomo abierta POWER 250. [5]

7.1.2 Baterías Monoblock de Ciclo Profundo

Tienen más vida útil que las baterías de plomo-ácido abiertas, aproximadamente de unos 7-10 años. Se utilizan en aplicaciones donde se produzcan descargas de más del 50% de la batería ya que no producen daños en la batería. Concretamente, y a diferencia de las otras, pueden soportar profundidades de descarga de hasta el 80% sin sufrir daños, lo que las hace ideales para instalaciones solares FV, pero se deben usar sólo en los casos en los que se conoce que la profundidad de descarga va a ser profunda. Cuentan con electrodos en su interior de aleación de antimonio para su mayor actividad y resistencia y normalmente requieren de mantenimiento para controlar sus niveles internos de ácido y reponer el nivel del electrolito con agua destilada para asegurar que las placas de plomo están siempre cubiertas. Estas baterías suelen tener unas capacidades que van desde los 80 hasta los 800 Ah.



Ilustración 4. Batería monoblock ciclo profundo ROLLS. [5]

7.1.3 Baterías Monoblock AGM

Las baterías AGM son aquellas en las que el electrolito queda absorbido en una malla de fibra de vidrio entre las placas por acción capilar, lo que hace que puedan ser instaladas en cualquier posición. Las características principales de estas baterías son que tienen muy poca autodescarga, por lo que se pueden almacenar durante largos periodos de tiempo sin necesidad de recarga, que tienen un gran número de ciclos, del orden de 500 para profundidades de descarga del 50%, tienen una resistencia interna baja, por lo que aceptan corrientes de carga y descarga muy elevadas. Por último, pero no menos importante, dado que se quieren utilizar estas baterías para sistemas remotos, estas baterías AGM son denominadas también VRLA o, traducido, baterías de plomo-ácido reguladas mediante válvulas por lo que no requieren mantenimiento ni hay fugas de gases como sucede con las abiertas o las de ciclo profundo.

Al presentar una resistencia interna baja, ofrecen una muy buena respuesta a profundidades de descarga elevadas y una mejor respuesta a temperaturas altas. También se puede decir de ellas que ofrecen mayor capacidad con peso reducido. Al soportar picos de corriente elevados y al tener fijado el electrolito, estas baterías se suelen usar en medios de transporte o en lugares donde ocurran fuertes vibraciones.



Ilustración 5. Batería monoblock AGM POWER 260. [5]

7.1.4 Baterías Monoblock de GEL

Estas baterías de Gel también utilizan la tecnología VRLA como las AGM, por lo tanto, no requieren de mantenimiento ni ocurren fugas de gases. Como las AGM, tienen una vida útil parecida, ya que utilizan la misma tecnología. La diferencia con las AGM es que estas se

utilizan en aplicaciones donde se requiere una resistencia elevada a los ciclos de descarga y carga, por lo que son ideales para instalaciones solares donde normalmente los picos de consumo no son muy elevados pero se necesitan profundidades de descarga de batería moderados o elevados.

Se diferencian de las AGM porque éstas tienen una mejor respuesta a tensiones altas que a corrientes altas, por lo que es normal utilizarlas con inversores de tensión, no soportan tan altas temperaturas como las AGM y no tienen tan buena respuesta a vibraciones. No se utilizan tanto como las AGM en instalaciones solares debido a que tienen un coste más elevado y las ventajas que ofrecen no son muy críticas para este tipo de instalaciones.

Los valores para la fase de absorción de 14,4V aconsejados para los otros tipos de baterías no son válidos para las baterías de gel que tienen que ser cargadas en la fase de absorción con unos 14,2V y están absolutamente prohibidas las ecualizaciones ya que llevarían la tensión de la batería hasta los 15,6V generando burbujas dentro del electrolito gelificado que podrían dañar la batería permanentemente.

Por lo tanto, es imprescindible poseer un regulador solar de carga capaz de soportar el tipo de batería GEL y que los valores de tensión de absorción sean correctos para este tipo de baterías.



Ilustración 6. Batería monoblock AGM POWER 260. [5]

7.2 Baterías Estacionarias

Las baterías estacionarias son, principalmente, baterías compuestas por elementos de 2V y con capacidades entre los 200 y los 4000 Ah conectados en serie hasta alcanzar la tensión de trabajo del sistema, por ejemplo, si el sistema requiere una tensión de trabajo de 12V, se conectan 6 vasos de 2V en serie. Se utilizan en instalaciones con usos permanentes y cuando el sistema a alimentar requiera alimentación de forma continuada. Están diseñadas para consumos medio-altos con profundidades de descarga y picos de corriente moderados.

Tienen una larga vida útil, de unos 20 años, siempre y cuando se respeten unas profundidades de descarga entorno al 20% de la capacidad máxima. Esto implica hasta 8000 ciclos de carga y descarga cuando se respeta la profundidad de descarga del 20%.

Un aspecto a tener en cuenta, es que, como ya se ha comentado, las baterías estacionarias normalmente están compuestas por varios elementos o vasos de 2V. Esto permite dividir el peso de la batería en varios elementos con menor peso. Esta apreciación es bastante importante cuando se usan para sistemas remotos ya que facilita el desplazamiento de la batería hasta la ubicación del sistema.

Dentro de las baterías estacionarias, se pueden distinguir dos tipos de baterías dependiendo de la tecnología que utilizan. Se van a describir los dos principales tipos de baterías estacionarias según su tecnología:

7.2.1 Baterías estacionarias de Plomo-Ácido abiertas

También denominadas **OPzS** o, traducido, batería estacionaria abierta de placa de plomo tubular con electrolito líquido, son las baterías con la tecnología que ofrece mejor relación calidad-precio para instalaciones solares FV. Esto es debido a que la gran demanda de este tipo de baterías y la maduración de la tecnología han hecho que se encuentren en el mercado gran variedad de fabricantes y, por lo tanto, la competencia hace bajar los precios de éstas en gran medida.

Tienen una vida útil de unos 15 años, que es mucho mayor que las baterías del mismo tipo pero monoblock. Por ese motivo, se dice que tienen una relación calidad-precio mayor. En cuanto a mantenimiento y características de este tipo de batería, requiere el mismo mantenimiento y ecualizaciones que las mismas baterías de este tipo en formato monoblock, la única diferencia es que estas baterías estacionarias están divididas en elementos o vasos de 2V mientras que las monoblock son un solo elemento. Así pues, habrá que hacerles el mismo mantenimiento, ecualizaciones periódicas y aplicar las mismas tensiones y corrientes de carga que a las baterías monoblock de tipo ácido-plomo abiertas.



Ilustración 7. Batería estacionaria Hoppecke Power VL. [5]

7.2.2 Baterías estacionarias de GEL

Parecidas a las baterías monoblock con la misma tecnología, estas baterías, como las estacionarias de Plomo-Ácido abiertas, se componen de elementos o vasos de 2V conectados en serie para alcanzar la tensión de trabajo del sistema. Así pues, como las batería monoblock de tipo GEL, estas también utilizan la tecnología VRLA por lo que no necesitan mantenimiento ni ecualizaciones.

Estas baterías estacionarias son las que tienen mayor vida útil, unos 20 años con 8000 ciclos de carga y descarga si no se supera el 20% de profundidad de descarga. Son ideales, entonces, para instalaciones con alimentación continua de cargas y con consumos medio-altos pero sin picos de corriente excesiva. Su elevado precio en el mercado debido a la falta de fabricantes y a la aparición de mucha competencia en las baterías estacionarias de Plomo-Ácido abiertas,

hacen que la relación calidad-precio no sea tan elevada como las estacionarias de Plomo-Ácido abiertas pero si mayor a las baterías monoblock. Se encuentran dos tipos de este tipo de baterías según la tecnología de los elementos o vasos de 2V. Por un lado se encuentran las baterías que utilizan los elementos OPzS, ya descritos anteriormente, y por otro lado se encuentran las baterías que utilizan la tecnología PVV o Batería Estacionaria con placa positiva tubular, aunque no hay diferencia a nivel de características entre una u otra tecnología.



Ilustración 8. Batería estacionaria GEL de BAE Solar. [5]

7.3 Baterías de Ion-Litio

Las baterías de litio o de ion-litio tienen las mejores prestaciones del mercado, no tienen efecto memoria y son capaces de utilizar el 100% de la capacidad de la batería, por lo que no tienen problemas con las descargas profundas. Soportan elevadas tasas de carga y descarga de corriente y son las más eficientes del mercado. Tienen hasta 3 veces más densidad energética que las baterías anteriormente descritas y son más rápidas en cargarse y entregando la energía.

Emplean como electrolito una sal de litio para conseguir los iones necesarios para las reacciones electroquímicas para almacenar o entregar energía. Su alta degradación y sensibilidad a altas temperaturas con riesgo de explosión o inflamación, obliga a incluir en la batería de litio sistemas de seguridad que encaren estas baterías. Una de las principales características de las baterías de litio es su elevada tensión de trabajo, del orden de 350V a 450V con corrientes de descarga muy pequeñas, entre los 5 y 8 amperios siendo capaces de entregar hasta 5kw de forma continua y unos 7kw de pico de potencia.

“Hasta hace poco tiempo, las baterías de litio estaban reservadas a aplicaciones electrónicas con pequeños consumos, pero con la reciente aparición de la Batería de litio Tesla Powerwall se abre todo un nuevo horizonte en el mundo de las baterías para instalaciones solares FV. La batería de Litio Tesla de 6,4kWh con una tensión de 350V - 450V, es capaz de almacenar la energía necesaria para abastecer los consumos de una instalación con consumo moderado durante varios días y utilizada junto con paneles solares cambiarán la forma de entender el almacenamiento de energía. Otros fabricantes de baterías de litio son Victron con su batería de 24V y 180Ah con 4,75kWh y Fronius con baterías de litio desde 4,5kWh hasta los 12kWh.”[5]

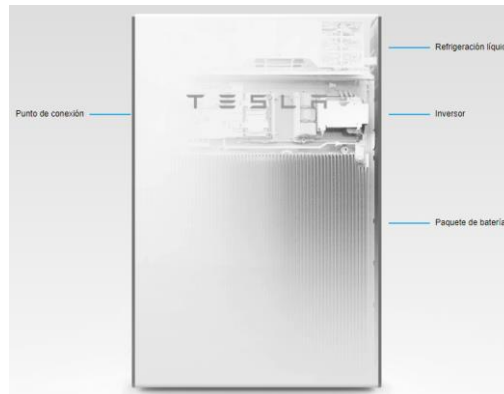


Ilustración 9. Interior batería de Litio de Tesla. [37]

7.4 Consejos para instalación y mantenimiento de baterías

Como consejos finales en el momento de elegir una batería u otra, se recomienda al usuario que, al elegir un sistema de baterías, tenga en cuenta el uso futuro que se le va a dar al sistema de baterías, ya que cambiarlo o expandirlo es costoso y complicado y, según qué tipo de batería se adquiriera, la inversión es suficientemente elevada como para no poder permitirse no poder reutilizar el sistema de baterías en caso que aumenten los requerimientos del sistema.

También es muy importante respetar las corrientes de carga y los valores de tensión que proporciona el fabricante para un buen mantenimiento de las baterías ya que tensiones de absorción elevadas producirán mayores gasificaciones en las baterías de plomo-ácido abiertas y posibles daños en las baterías tipo GEL y, por el otro lado, valores de tensión de absorción muy bajos o un mal diseño de la instalación que no permita realizar cargas completas a la batería producen elevada sulfatación en las placas.

Las ecualizaciones en las baterías de tipo Ácido-Plomo, se deben hacer una vez cada semana aproximadamente en baterías viejas y una vez al mes para las baterías nuevas, y no se deben hacer nunca ecualizaciones para baterías tipo GEL.

No superar una temperatura ambiente de 55 °C ya que, entonces se pueden dañar las baterías y alterar su rendimiento. Y, finalmente, remarcar que la tensión de flotación de las baterías viene informada por el fabricante en la etiqueta correspondiente y que mantener la batería continuamente por encima de esta tensión de flotación provoca mayor gasificación y acorta su vida útil.

También referente a la temperatura ambiente en la que se encuentran las baterías, Para temperaturas de servicio de 10°C hasta 30°C, no es necesario efectuar una corrección de la tensión de carga dependiente de la temperatura. En cambio, cuando el rango de temperatura es inferior a 10°C y/o superior a 30°C, debe adaptarse la tensión de carga a la temperatura. El factor de corrección de temperatura es de (-0,004 V/celda por cada °C). Si la temperatura es permanentemente superior a 40°C, el factor es (-0,003 V/celda por cada °C).[5]

8 Otros componentes

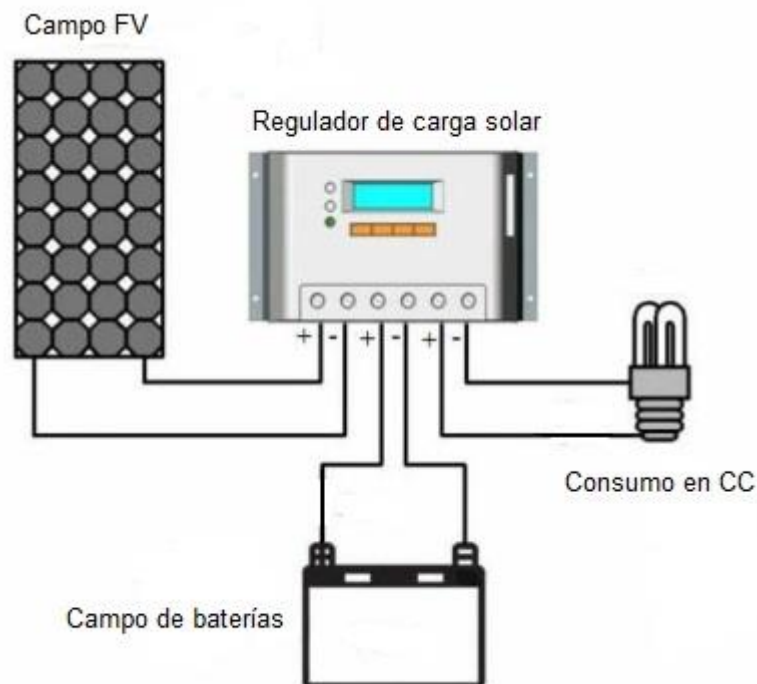
En este apartado del proyecto, se describen los demás elementos necesarios en cualquier instalación de generación y almacenamiento de energía que no sea el propio módulo de generación de energía (placa solar o aerogenerador) o las baterías del sistema dónde se almacena esta energía y alimentan las cargas.

Existen distintos elementos necesarios en un sistema de alimentación de sistemas remotos que se deben agregar a la instalación. Algunos de estos elementos son opcionales y otros son obligatorios dependiendo del tipo de instalación que se quiera implementar.

Se describen estos elementos, cuáles usar en cada caso y qué tipos son los más adecuados según el resto de elementos del sistema.

8.1 Regulador de Carga

El regulador de carga es fundamental en cualquier instalación, tanto solar como eólica, para regular la potencia con la que se cargan las baterías desde el panel solar o el aerogenerador. Gestiona la producción de energía y protege el sistema de baterías para evitar que se sobrecarguen una vez han llegado al punto máximo de carga. Evitando que se sigan cargando las baterías una vez ya están cargadas al 100% se consigue alargar su vida útil y hacer que el sistema funcione correctamente en todas las situaciones.



Esquema 8. Conexión del regulador de carga con baterías y paneles solares FV.[10] [14]

A parte de esta tarea de protección de baterías, los reguladores de Carga son también necesarios para controlar el flujo de energía entre los paneles solares o aerogeneradores y las baterías, controlando los parámetros de intensidad y voltaje que se inyectan en la batería. Este flujo de energía depende del estado de carga de las baterías, que se ha explicado en el

apartado de baterías (**7 Baterías**), y de la energía generada por el sistema FV o eólico. Para eso es necesario que el regulador controle constantemente el estado de carga de las baterías. Hay reguladores que cuentan con una pantalla para mostrar la información sobre el sistema. Ésta funcionalidad es muy útil para poder hacer un control sobre el sistema de forma fácil, por lo que se recomienda adquirir reguladores con esta funcionalidad aunque aumente ligeramente el precio de éste.

Se recuerdan los distintos estados de carga posibles de una batería [5] :

- Fase BULK: la batería está descargada y toda la corriente producida en el campo FV es inyectada en las baterías, incrementándose la tensión en la batería a medida que ésta se va llenando.
- Fase ABSORCIÓN: cuando la tensión de la batería alcanza la tensión de absorción (en las baterías de plomo-ácido abiertas 14,4V y en las baterías AGM y en las baterías GEL 14,1V), el regulador de carga solar mantiene la tensión ligeramente por debajo de dicho valor y va reduciendo la corriente hasta que la batería está prácticamente llena.
- Fase de FLOTACIÓN: en esta fase la tensión se reduce a la tensión de flotación (generalmente 13,5 V) y la corriente inyectada se reduce hasta que la batería se llena por completo.

Toda la energía que se genere y no sea posible inyectar a la batería porque ya está llena se pierde por efecto Joule, por lo que se convierte en calor, en el regulador. Considerando eso, el regulador de carga es un dispositivo que protege la batería contra sobrecargas, llenándola según le resulte más conveniente en cada momento. Generalmente, los reguladores solares necesitan programarse para indicarle el tipo de baterías, la capacidad de las mismas y las tensiones de funcionamiento.

Para casos de reguladores de carga solar en particular, también evita que la batería se pueda descargar por la noche en el campo FV por inversión de corriente mediante un diodo tipo D.

Existe otra función que se le suele achacar al regulador de carga solar y que éste sólo realiza cuando tiene conectado un consumo en corriente continua. Se trata de la protección frente a descargas profundas.

El regulador tiene un interruptor tipo A que corta la corriente entregada por la batería al consumo sólo cuando este se realiza en continua, ya que la corriente sí que pasa por el regulador. Es por ello, que en los reguladores con pantalla informativa, cuando no hay consumo en corriente continua, la pantalla de "Consumo o LOAD" aparece el valor 0 A.

Algunos reguladores permiten el control de cargas mediante la programación de encendidos y apagados de las cargas en corriente continua conectadas al regulador. Esta opción es especialmente útil para equipos que se quieran encender cuando la radiación solar baja de un cierto umbral (atardecer) y apagarla cuando la radiación solar vuelva (amanecer). La energía nocturna se extrae de la energía inyectada durante el día en la batería.

Una vez descritas las funciones del regulador de Carga, se van a ver las principales características de un regulador o, más bien, qué parámetros hay que tener en cuenta para elegir un regulador u otro:

- **Tipo de Regulador:** Principalmente, existen dos tipos de regulador, y cada uno se debe utilizar en el sistema adecuado ya que cada uno funciona a su tensión de alimentación. Se van a describir los dos tipos principales de regulador, sus características y en qué casos usar cada uno:[5]

- **Regulador PWM:** Consiste simplemente en un diodo, por lo que el sistema de generación de energía (paneles solares o aerogeneradores) debe funcionar a la misma tensión que el sistema de baterías, eso implica que la tensión a la que se trabaja en el plano de generación de energía debe ser la misma que la tensión a la que trabaja el sistema de baterías. Por lo tanto, para usar un regulador PWM, los valores de tensión y de corriente deben ser iguales en el plano de generación de energía que en el plano de baterías. Esto hace que los módulos no trabajen en su punto de máxima potencia, sino en el que impone la batería según su estado de carga, produciendo una pérdida de potencia, que puede llegar hasta el 25-30%.

El regulador PWM es capaz de llenar por completo la batería gracias a que introduce la carga de forma gradual, a pulsos de tensión, en la fase de flotación, fase de llenado final de la batería. Así, la corriente se va introduciendo poco a poco hasta que la batería se llena de manera óptima y estable.

Así pues, el regulador PWM se encarga de dejar pasar la corriente de los paneles a la batería en la primera fase de carga, llamada bulk, posteriormente limita la corriente de carga para completar la carga de la batería en la segunda fase e carga, llamada absorción. Una vez cargada la batería reduce la corriente a un 1% o 2% para mantener la batería cargada y compensar la autodescarga en la fase de flotación. Sin este control de inyección de corriente controlado por la tensión de la batería, se podría producir una sobrecarga y dañar la batería.

El regulador solar también se encarga de bloquear la corriente desde la batería hacia los paneles solares para evitar que se descargue y cortar la salida de consumo de corriente continua cuando la tensión de la batería es baja para protegerla. Además incorporan protecciones contra sobretensión, inversión de polaridad, cortocircuito y sobredescarga.

Los reguladores PWM se usan en sistemas con placas solares FV de 12V y 36 células FV junto con baterías cuya tensión sea de 12V también, o sistemas de 24V y paneles de 72 células FV con baterías a una tensión de trabajo de 24V.

Al utilizarse en sistemas donde la tensión de trabajo es la misma tanto en el plano de generación como en el plano de baterías, estos Reguladores son más económicos y son recomendables en instalaciones con consumos medios-bajos.



Ilustración 10. Regulador de Carga PWM EPSolar. [5]

- **Regulador MPPT:** Consisten, además de en un diodo de protección, como en el caso de los reguladores PWM, en un convertidor de tensión CC-CC (de alta tensión en el campo de generación de energía a baja tensión en las baterías) y en un seguidor del punto de máxima potencia (MPPT), lo que le permite, gracias al convertidor de tensión, trabajar en distintas tensiones de trabajo entre el módulo de generación de energía y el módulo de baterías y, gracias al MPPT, adaptar la tensión del campo de generación de energía a la que se proporcione la máxima potencia.

Por tanto, en un regulador MPPT, la energía que entra y sale del regulador es la misma, al igual que en los reguladores PWM, pero la tensión y la corriente son diferentes a un lado y a otro. Con ello se consigue aumentar la tensión del plano de generación de energía y aumentar la producción en hasta un 30% respecto a los reguladores PWM.

Al poder trabajar a tensiones más elevadas en el campo FV, se reducen las pérdidas energéticas ocasionadas por bajas tensiones (como las pérdidas son proporcionales a la corriente, a menor corriente, menores pérdidas), haciendo que los reguladores MPPT sean especialmente indicados para potencias FV elevadas, dónde se busque generar el máximo de energía, ya que es capaz de modificar la tensión de trabajo de los paneles solares dependiendo de las condiciones de temperatura y radiación solar para situarla en el punto de trabajo que mayor producción tienen los paneles solares.

Así pues, los reguladores MPPT se utilizan para poder cargar baterías con paneles de 60 células. Estos paneles trabajan en su punto de máxima potencia a unos 31 voltios que no son suficientes para cargar una batería de 24v a su tensión de absorción 28,8V si no se utiliza un regulador MPPT ya que se aprovecha la capacidad de independencia de tensión para configurar el campo FV a la mayor tensión posible del regulador, así por ejemplo, si es posible configurar la tensión a unos 90 voltios, se reducirá a más de la mitad la sección de cable a utilizar para conectar los paneles al regulador, ya que se ha reducido la corriente de paso enormemente.



Ilustración 11. Regulador de Carga MPPT Tracer. [5]

- **Tensión del sistema:** Existen diferentes tipos de baterías, de plomo-ácido abiertas, AGM, GEL, ion-litio, y cada una tiene unas tensiones de carga propias que son importantes respetar para no dañar la batería. Por lo tanto, el regulador solar debe poderse configurar para el tipo de batería que se va a utilizar. Normalmente los reguladores solares PWM tienen configuraciones estándar para las baterías, plomo-ácido abiertas, AGM y GEL y, en los reguladores MPPT, puede configurarse la tensión de funcionamiento en función del sistema de baterías y del sistema de generación de energía.
Si la batería que se va a utilizar tiene unas tensiones de carga no estándar, es necesario que el regulador solar sea programable por el usuario para poder introducir las tensiones recomendadas por el fabricante.
Así pues, se pueden diferenciar los reguladores por la tensión a la que funciona el sistema de generación de energía y el sistema de baterías. Siendo los reguladores PWM configurables para trabajar a 12V y/o 24V y los reguladores MPPT a diferentes tensiones dependiendo del sistema de paneles solares, que normalmente serán de 60 células.
- **Corriente de carga:** La corriente de carga máxima permitida por el regulador suele venir indicada en el nombre del propio regulador y viene expresada en Amperios. Esta corriente máxima no debe ser superada nunca y limita el máximo número de elementos como paneles solares o aerogeneradores que se le pueden conectar.
En los reguladores PWM, el cálculo de la corriente de carga es simplemente la suma de la corriente de cada panel conectado en paralelo. En cambio, en los reguladores MPPT, se calcula dividiendo la potencia total de paneles solares por la tensión de la batería.
Hay que tener en cuenta, también, que en los reguladores PWM no se puede exceder nunca la corriente de carga máxima del regulador ya que el excedente de corriente debe ser disipado en forma de calor y normalmente los radiadores de refrigeración de los reguladores PWM son pequeños y existe el riesgo de que resulten dañados, mientras que en los reguladores MPPT, es posible exceder un poco la corriente máxima de carga del regulador ya que estos reguladores pueden modificar el punto de funcionamiento de los paneles solares reduciendo la corriente de carga al valor deseado, siempre dentro de unos márgenes y dependiendo de la calidad del regulador.
- **Pantalla con información del sistema:** Tanto en el grupo de reguladores PWM como en el grupo de reguladores MPPT, existen reguladores con pantalla para mostrar información del sistema al usuario como reguladores sin pantalla. Lo más habitual es que los reguladores MPPT cuenten con pantalla informativa, pero para los reguladores PWM, existen con y sin pantalla y el precio varía considerablemente pero la información que

presenta la opción con pantalla es imprescindible para comprobar fácilmente el buen funcionamiento de la instalación solar. La corriente de carga de los paneles y la tensión de la batería son parámetros que se deben comprobar periódicamente para conocer la instalación y para comprobar que todo está funcionando correctamente. Como se viene diciendo, es muy recomendable que el regulador informe sobre la corriente de carga de los paneles solares, de la tensión de la batería y avise en caso de algún fallo.

Aunque se recomienda encarecidamente utilizar reguladores con pantalla informativa, los reguladores solares sin pantalla digital son más económicos y suelen tener varias luces led con distintos colores donde nos indica el estado de la batería y nos avisa ante un fallo. Pero no se puede consultar la tensión de la batería ni la corriente de carga de los paneles.

8.1.1 Cuándo elegir un regulador PWM y cuándo un MPPT

La elección es sencilla si ya se disponen de paneles solares en la instalación, se van a utilizar reguladores solares PWM con paneles solares de 12v y 36 células o paneles solares de 24v y 72 células y reguladores solares MPPT con paneles solares de 60 células.

Si todavía no se dispone de los paneles solares hay que considerar los siguientes parámetros del sistema:

Con pocos paneles solares, la opción más económica son los paneles solares de 12v o 24v con reguladores PWM, con muchos paneles solares normalmente la mejor opción son los paneles solares de 60 células con reguladores solares MPPT.

Se van a utilizar, también, reguladores MPPT si la distancia entre paneles solares y el regulador es grande, normalmente con distancias superiores a 10 metros es mejor el uso de los reguladores MPPT. Y cuantos más paneles solares tenga la instalación, más conveniente es el uso de reguladores MPPT.

Si se quiere priorizar el sistema más económico, la instalación es mediana o pequeña y se utilizan paneles solares que trabajan a 12v o 24V, se van a usar reguladores PWM. Para optimizar al máximo la producción solar y se requiere una instalación solar grande es mucho mejor utilizar los paneles de 60 células con reguladores MPPT. [5]

8.2 Cargador Baterías Solares

Los cargadores de baterías solares son un elemento opcional en una instalación solar, puesto que un sistema de generación y almacenamiento de energía puede funcionar sin un cargador de baterías. Sin embargo, su uso puede ser muy útil en según qué situaciones e instalaciones.

Los cargadores de baterías solares, consisten en un grupo electrógeno que permite cargar las baterías del sistema en los casos en que se necesite cargar las baterías y no se posible mediante el sistema de generación de energía. Así pues, un cargador de baterías solares nos permite solucionar problemas puntuales de carga de baterías, aunque es importante tener en cuenta algunos aspectos antes de utilizarlo o adquirirlo.



Ilustración 12. Cargador de baterías Victro Smart Blue con Bluetooth. [5]

Un cargador de baterías solares, permite cargar las baterías en algún caso puntual, como puede ser un consumo excepcionalmente alto o en un periodo de tiempo en el cual los paneles solares no producen la energía esperada, ya sea por días nublados, lluvia o momentos de invierno dónde no se recibe la radiación solar esperada.

Aun así, es importante conocer el estado del sistema y si en algún momento se debe utilizar el cargador solar más habitualmente de lo esperado, es posible que se deba a un mal dimensionamiento del sistema de generación de energía o de baterías, o a algún problema con el sistema de baterías.

Otra de las ventajas que proporciona contar con un cargador de baterías en el sistema, es que, entonces, no es necesario sobredimensionar la instalación solar para los peores casos, ya que, en esos peores casos, se puede usar puntualmente el regulador solar de forma que permitiría ahorrar en este sobredimensionamiento para los peores casos.

Agregar un cargador solar al sistema proporciona beneficios al usuario, pero hay que tener en cuenta una serie de indicaciones para hacer un correcto uso de éste:

- Antes de adquirir un cargador solar, se debe conocer el estado de la instalación para saber el cargador de baterías más adecuado para el sistema.
- Si el sistema requiere también un inversor, es recomendable adquirir elementos que integran un inversor con un cargador de forma interna de forma que funcionan mejor y de forma más eficiente.
- Al adquirir un cargador solar, se debe conocer la tensión de alimentación del sistema, ya que los cargadores de baterías pueden ser de 12V, 24V o 48V pero estos no se pueden utilizar indistintamente, es decir, un cargador de baterías de 12V no se puede utilizar en una batería de 24V.
- Normalmente, la corriente máxima de carga de un regulador viene informado por el fabricante y hay que tener en cuenta que la demanda de energía del cargador de baterías solares al grupo electrógeno es la multiplicación de la corriente de carga por

la tensión de la batería solar. Por ejemplo, un cargador solar de 12V con una corriente de carga de 100A demanda una potencia de 1200W.

- Para cada tipo de baterías del sistema, se debe respetar la corriente de carga máxima aceptada por éstas por lo que se debe adquirir un cargador que cumpla con las especificaciones o limitarlo para que respete los siguientes valores:
 - Para baterías de plomo-ácido abiertas, la corriente de carga debe ser en torno al 10% de la capacidad nominal de la batería expresada en C10 y nunca superior al 20%.
 - Para baterías GEL la corriente máxima de carga es del 10% de la capacidad nominal de la batería expresada en C10.
 - Para baterías AGM se puede incrementar este valor prácticamente al doble ya que la tecnología AGM permite tasas de corriente de carga muy superiores a las baterías convencionales.

8.3 Inversor

El inversor o convertidor es el equipo encargado de transformar la CC procedente de las baterías o de los paneles solares en CA que utilizan los equipos que suelen estar conectados a la red eléctrica.

Su uso en sistemas como los que se describen en este proyecto no es tan habitual, por lo que se podría considerar que son un elemento opcional en la instalación, aunque existen distintos tipos que pueden desempeñar más funciones a parte de la descrita anteriormente, por lo que se puede considerar la utilización este elemento.

Dependiendo del sistema y del uso que se le va a dar, existen dos grandes grupos de inversores solares, los que se utilizan en sistemas aislados con baterías y los que se usan en sistemas conectados a la red eléctrica. Este documento, dónde se estudian los sistemas aislados y no conectados a la red eléctrica, se centra en el primer tipo de inversores y, dentro de estos, se encuentran 3 tipos de sistema que incluyen inversor:

- Inversor solar
- Inversor/Cargador solar
- Inversor 3en1 (Inversor/Cargador/Regulador)

Se describe cada tipo y las principales características y diferencias respecto a los otros tipos.

8.3.1 Inversor solar para instalación Aislada

Su finalidad es transformar la corriente continua (DC) de las baterías en corriente alterna (AC) de 220V para alimentar los equipos que normalmente van conectados a la corriente eléctrica. Para proteger la batería, están programados para detener el suministro cuando la tensión de la batería es muy baja y evitar las sobredescargas. Además incorporan protecciones contra sobretensión, cortocircuito de salida, inversión de polaridad y excesiva temperatura.

8.3.2 Inversor/Cargador solar

Los inversores cargadores incorporan además un cargador interno capaz de cargar la batería usando una fuente de alimentación de 220V externa, como los grupos electrógenos, la red eléctrica o motores de gasolina u otros combustibles. La ventaja de los inversores/cargadores es que el sistema se independiza de las condiciones meteorológicas pudiendo funcionar incluso en los días de lluvia o nublados o cuando el consumo de las cargas es muy superior al esperado y la batería está descargada. Al incorporar el cargador interno, cuando una fuente auxiliar de energía está presente, toda la energía suministrada a la carga proviene de la fuente auxiliar y al mismo tiempo se cargan las baterías, de este modo se aprovecha la energía de la fuente auxiliar al máximo. Permiten el arranque de grupos electrógenos de forma automática, alimentar consumos muy elevados puntualmente sumando a la energía de la fuente auxiliar energía procedente de la batería (*Smart Boost Function*) y, además, permiten instalar menor número de paneles solares, ya que la energía extra necesaria en las cargas es cubierta por un grupo electrógeno y no es necesario instalar un excedente de paneles solares que producirían un sobrante de energía en el resto de situaciones, de esta forma se abaratan los costes de la instalación.

8.3.3 Inversor 3en1 (Inversor/Cargador/Regulador)

Los inversores 3 en 1 incorporan inversor de baterías, regulador de carga y cargador de baterías. Estos equipos compactos son capaces de gestionar toda la energía de la instalación y, por lo tanto, se puede visualizar en la pantalla de información toda la energía de carga procedente de los paneles solares, el estado de la batería y la energía de salida. Por su facilidad de instalación, su reducido peso y su reducido coste, estos inversores 3 en 1 son cada vez más utilizados en las instalaciones solares.



Ilustración 13. Inversor 3en1 Huber. [5]

8.4 Estructura

La estructura, tanto para paneles solares, como para los aerogeneradores, es un elemento fundamental para tratar de sacar el máximo rendimiento de los elementos de generación de

energía. Se estudian, por separado, las estructuras necesarias para un sistema de generación de energía solar (paneles solares) y para generación eólica (aerogeneradores).

8.4.1 Estructura instalación solar fotovoltaica

La estructura necesaria para una instalación solar fotovoltaica es necesaria para poder dar la inclinación necesaria al panel solar de forma que se pueda recibir el máximo de radiación solar.

Para poder determinar la inclinación óptima para un panel solar, es necesario conocer la latitud a la que se encuentra el sistema remoto. Una vez conocida la latitud a la que se encuentra el sistema a alimentar, se decide cuál es la inclinación que debe tener el panel solar para recibir el máximo de radiación durante el peor mes del periodo de uso.

Es importante, entonces, conocer la latitud a la que se encuentra la instalación pero también los meses que se va a utilizar el sistema de alimentación en caso que sea un uso estacional. En el caso que la instalación sea de uso permanente, se debe escoger la inclinación del panel solar para el peor mes del año.



Ilustración 14. Estructura para paneles solares de Monsolar. [5]

Con la información de la latitud de la ubicación, la inclinación del panel solar y los meses en los que se utiliza el sistema, se puede calcular el Factor K necesario para poder calcular la cantidad de Horas Solar Pico que va a disponer el panel solar para generar energía. Se adjunta, en esta memoria, una referencia a la tabla de Factor K que, como se puede comprobar [8], depende de la latitud y de la inclinación del panel solar e informa del factor a aplicar para calcular las Horas Solar Pico para cada mes del año. Este factor K se debe multiplicar por el factor de corrección atmosférica y por el Factor H en la localización del sistema, tal y como se explica en el apartado de energía solar (0

Energía Solar).

Además de proporcionar la inclinación necesaria al panel solar para poder extraer el máximo de energía del sol, la estructura permite fijar los paneles solares a la superficie dónde se quieran instalar y, dependiendo de cómo sea esta superficie y el nivel de sujeción o dinero que se esté dispuesto a gastar en este elemento, se puede elegir una u otra estructura.

En el caso que ocupa este TFM, las estructuras que interesan son aquellas que permiten instalar paneles solares en superficies planas o en el suelo. No se tienen en cuenta las estructuras para poder sujetar los paneles solares a las fachadas o tejados de edificios o casas puesto que este TFM está dirigido a instalaciones solares aisladas.

Se pueden elegir las estructuras para los paneles solares según 3 criterios:

- **Por tipo de panel solar:** Según el tipo de panel solar del que se dispone se va a utilizar una estructura u otra, por eso es importante conocer las dimensiones de los tres tipos principales de panel solar:
 - Estructuras para paneles solares de 12V y 36 células con medidas entre: Longitud: 1400mm y 1510mm; Ancho: 660mm y 680mm; Alto: 34mm y 35mm.
 - Estructuras para paneles solares de 24V y 72 células con medidas entre: Longitud: 1500mm y 1600mm; Ancho: 800mm y 810mm; Alto: 35mm y 40mm.
 - Estructuras para paneles de 60 células con medidas entre: Longitud: 1400mm y 1700mm; Ancho: 900mm y 990mm; Alto: 40mm y 50mm.
- **Por tipo de ubicación:** Como se ha explicado anteriormente, existen estructuras para paneles solares para diferentes ubicaciones. En este TFM se estudian simplemente las estructuras para superficies planas o ligeramente inclinadas y para suelos. No se tienen en cuenta las estructuras para fachadas o tejados de casa ya que esta herramienta está destinada a sistemas aislados en ubicaciones remotas.
- **Por orientación del panel solar:** Existen dos tipos de orientaciones para los paneles solares. Por una parte se pueden situar los paneles solares en posición horizontal y por otra parte en posición vertical. Dependiendo del espacio disponible, de la facilidad de conexión entre paneles solares, de la protección al viento, de la visibilidad de las placas solares y de otros factores más, es posible que nos interese instalar las placas solares en posición vertical o en horizontal. Económicamente resulta más barato instalar un único panel solar en horizontal con una estructura de triángulos atornillados directamente a los agujeros del marco soporte, pero cuando se instalan 3 o más paneles solares con una estructura unida, resulta más económico situarlos en posición vertical porque se utiliza menos perfil de aluminio.

8.4.2 Estructura instalación eólica

La estructura necesaria para instalar un aerogenerador y así poder obtener energía eólica consiste, principalmente, en el mástil para las hélices del aerogenerador.

Principalmente, el mástil debe ser lo suficientemente robusto para soportar el peso del aerogenerador en sí y poder soportar las inclemencias del tiempo. Por ese motivo,

normalmente están hechos con acero galvanizado de forma que pueda soportar la lluvia y las inclemencias del tiempo sin ser dañado o oxidado.

Dependiendo del peso del aerogenerador se debe utilizar un mástil u otro y, normalmente, éste va incluido en la compra del aerogenerador.

A parte del peso del aerogenerador y del material del que está hecho, la principal característica que diferencia una estructura de otra es la altura a la que permite situar el aerogenerador.

Existen mástiles que permites elevar el aerogenerador a alturas entre 2 y 10 metros y es necesario conocer las características del viento en cada altura para poder elegir a qué altura debe situarse el aerogenerador para generar el máximo de energía eólica sin ser peligroso para el propio aerogenerador.



Ilustración 15. Estructura “Torre cuatripata autosop” de Bornay. [15]

Normalmente, y a fin de poder conseguir la altura deseada, los mástiles de los aerogeneradores suelen ser uniones de piezas más pequeñas de forma que se puedan ir uniendo para crear una altura u otra. Estas piezas en las que se divide el mástil suelen ser de un metro de largo así juntando varias piezas se puede conseguir la altura necesaria.

También existen en el mercado unas estructuras llamadas Torres Cuatripata Autosoportadas que consisten en elementos en forma de torre con 4 secciones de forma que da más estabilidad a la estructura. [15]

8.5 Material Eléctrico

En este apartado se va a tratar todo el material necesario para completar la instalación. Hay distintos elementos eléctricos y electrónicos que son necesarios para interconectar los elementos principales de la instalación, como las baterías con los paneles solares pasando por un regulador de tensión. También se incluyen en este apartado los elementos de seguridad necesarios para cumplir la normativa en este tipo de sistemas.

Así pues, al elegir el material eléctrico para el sistema, hay que ceñirse a la normativa para instalaciones solares y eólicas de baja tensión, concretamente, se debe cumplir el REBT. [16]

Esta normativa se encarga de garantizar la seguridad de las instalaciones eléctricas y de las personas que las utilizan. Esta normativa marca las líneas a seguir para seleccionar los aislamientos y la sección de los conductores, las protecciones (fusibles, magnetotérmicos, diferenciales), puestas a tierra y demás elementos que conforman una instalación eléctrica. [5]



Ilustración 16. Kit Material eléctrico para cumplir REBT. [5]

En la siguiente tabla se muestra la caída de tensión máxima permitida por cada línea de corriente continua de la instalación y la caída máxima recomendada:[3]

Tabla 1. Caída de tensión máxima y recomendada permitida por cada línea de corriente.

Línea	Máxima [%]	Recomendada [%]*
Generación Energía-Regulador	3	1
Regulador-Batería	1	0,5
Batería-Inversor	1	1

*Tanto el IDAE como el AVEN recomiendan un máximo de pérdidas para el total de la instalación del 1,5%.

Por ejemplo, un tramo de 5 metros con 7 amperios de corriente a 12V con:

- Caída máxima del 3%, el cable debe tener una sección de 3,47mm²
- Caída máxima del 1%, el cable debe tener una sección de 10,42mm².

Y, si se quiere que el total de la instalación tenga solamente un 1,5% de caída, se debe tomar, para esta línea, un 0,5% de pérdidas donde el cable debe tener una sección de 20,83mm².

El cable de cobre RV-K con 1000V de aislamiento de 4mm² cuesta sobre 1,5€ el metro, mientras que el cable de 25mm² cuesta alrededor de 5€ el metro. Por lo tanto se debe considerar la compra de un tipo de cable u otro, ya que, con el paso del tiempo, el ahorro inicial de la compra de cable se puede volver en contra del propio usuario y tener problemas.

Para ver la importancia de calcular bien el material eléctrico teniendo en cuenta el tipo de sistema que se va a instalar, se propone el siguiente ejemplo de situación posible en un sistema como el de este caso:

“Para un kit solar con 2 placas solares de 12V conectadas en serie formando un conjunto de 24V y 7 amperios de carga, donde la distancia entre las placas solares y el regulador de carga sea de unos 5 metros, la sección de cable que se debe utilizar es de 10mm.

Si en cambio, en este mismo kit solar se conectan las placas solares en paralelo formando un conjunto de 12V y 14 amperios de carga, la sección de cable que se debe utilizar sería de 50mm.”[5]

Por lo que se entiende que, cuanto mayor sea la tensión de funcionamiento de la instalación, menor será la corriente de paso por los conductores y, por lo tanto, será necesario utilizar cables con secciones menores que son más económicos.

Utilizar reguladores MPPT con paneles solares de 60 células permite configurar el campo FV a tensiones de trabajo entre 60V y 100V lo que permite distancias mayores entre las placas solares y el regulador solar utilizando cables con secciones pequeñas.

A parte de calcular los cables para interconectar los elementos, también se tienen que tener en cuenta Los fusibles, seccionadores, diferenciales, interruptores magnetotérmicos y la puesta a tierra, ya que son importantes para tener una instalación segura para las personas que la utilizan así como para proteger los equipos que la forman.

En la parte de corriente continua se utilizan fusibles de CC con el amperaje necesario para dejar pasar la corriente y proteger la instalación frente a posibles cortocircuitos. La salida de alterna del inversor debe estar protegida mediante un diferencial y un interruptor magnetotérmico como mínimo.

9 Búsqueda Comercial

Una vez se han descrito y proporcionado las características a tener en cuenta de todos los elementos que conforman una instalación solar, llega el momento de adquirir los elementos en sí.

Existen muchas páginas web dónde se ofrecen los distintos elementos al usuario y se van a encontrar grandes ofertas que suponen, en teoría, un gran ahorro para el usuario.

Aun así, no todas las ofertas que se encuentran en internet van a suponer un ahorro para el usuario. En muchas ocasiones, el ahorro de comprar un elemento con unas características en lugar de otras se puede traducir en sobrecostes pasado un tiempo desde la instalación del sistema.

Este problema, en muchas ocasiones, es debido a la mala elección o configuración de los elementos del sistema ya que, como se ha descrito en varios puntos de este proyecto, en muchas ocasiones, unos elementos requieren de otros elementos para su correcto funcionamiento como es el caso de los reguladores solares con los paneles solares. Si se adquiere un sistema de paneles solares de 60 células se debe adquirir un regulador MPPT que es más costoso que un regulador PWM.

En otras ocasiones, simplemente un elemento tiene las mismas características que otro pero solamente difieren en el fabricante y, por consecuencia, en el precio del elemento. Es por ese motivo, que es importante conocer los fabricantes de los distintos elementos y conocer la reputación que estos fabricantes tienen.

En el momento de buscar un elemento en concreto en las distintas tiendas online del sector, aparecen muchos fabricantes distintos y estos ofrecen precios distintos. Es tentador el hecho de comprar el elemento más económico sin tener en cuenta el fabricante pero hay que tener en cuenta que existen unos fabricantes que parten con ventaja respecto a otros, ya sea por su experiencia en el sector, por su país de fabricación o por otros factores.

Se hace una clasificación de los distintos fabricantes para cada uno de los elementos del sistema dependiendo de las valoraciones de los usuarios que los han usado y basándose en la información que proporciona la página web Monsolar.com:

- **Kits Solares:** Tanto los kits solares básicos como los medios, están diseñados con baterías del fabricante HOPPECKE y paneles solares de los fabricantes JinkoSolar o SCL. Los reguladores de carga de estos kits son del fabricante EPSolar, VICTRON o STECA. Los inversores son de la marca VICTRON.
- **Paneles solares:** Según el tipo de panel solar, se clasifican los principales fabricantes:
 - **Células monocristalinas:** ME Energy
 - **Células policristalinas:** SCL, JinkoSolar
- **Baterías solares:** Según el tipo de batería, se clasifican los principales fabricantes por relevancia:

- **Estacionarias OPzS:** Primeras marcas: Hoppecke OPzS, Hoppecke VL-Power, BAE Secura PVS, Hawker ; Segundas marcas: Tudos, Tab.
- **Estacionarias GEL:** Primeras marcas: Hoppecke OPzV, BAE PVV.
- **Ciclo profundo:** Primeras marcas: Hoppecke, Rolls, Trojan, Victron ; Segundas marcas: Power DC.
- **Monoblock AGM y GEL:** Primeras marcas: Hoppecke, Rolls, Trojan, Victron ; Segundas marcas: Ultracell, U-Power, Tab.
- **Inversores Solares:** Primeras marcas: Victron, Huber ; Segundas marcas: Studer, OutBack Power.
- **Reguladores Solares:** Primeras marcas: Victron, EPSolar, Steca ; Segundas marcas: PowerMax, OutBack Power.

Con estos datos sobre los fabricantes no se pretende que el usuario compre estas marcas solamente por que se diga en este TFM, simplemente se informa que estas marcas han estado probadas y el rendimiento y la relación calidad-precio es la adecuada y, en el proceso de creación de la herramienta, han sido los fabricantes más utilizados. Es posible que haya otros fabricantes que también tengan un buen rendimiento, pero esta herramienta no los ha tenido en cuenta y queda a la elección del usuario la compra de primeras o segundas marcas.

10 Herramienta – Manual de usuario

En este apartado de la memoria se dispone un manual de usuario para la herramienta creada. En un primer lugar, se crea un diagrama de casos para que el usuario conozca de qué forma se tiene que mover por la herramienta para obtener los resultados esperados y, concretamente, a qué pestañas debe dirigirse en cada uno de los casos de uso.

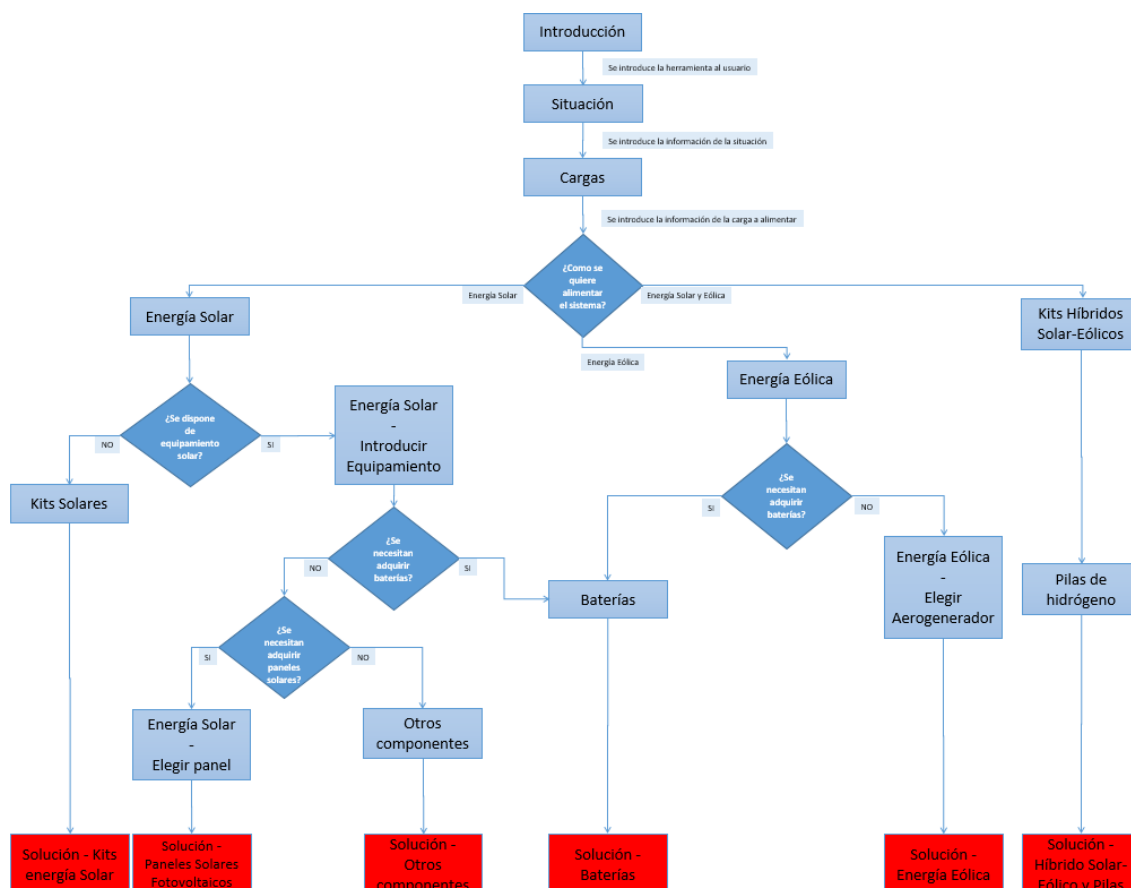


Figura 9. Diagrama de casos de uso de la herramienta.

Como se puede ver en el diagrama de casos de uso, según las necesidades del usuario, se le va a redirigir a una u otra pestaña, y, finalmente, siempre se va a terminar en la pestaña de solución para dar unos consejos y directrices al usuario acerca del equipamiento que se va a adquirir por recomendación de la aplicación.

Explicado brevemente, el diagrama de casos de uso empieza con la consecución de las tres primeras pestañas por las que tiene que pasar obligatoriamente el usuario para: entender el funcionamiento de la herramienta (10.1 **Introducción**), introducir los parámetros de la ubicación y accesibilidad del sistema remoto (10.2 **Situación**) e introducir los parámetros del sistema a alimentar (10.3 **Cargas**) y a partir de este punto debe dirigirse a las distintas pestañas dependiendo del sistema de alimentación deseado siguiendo las siguientes directrices:

Si se quiere alimentar el sistema con energía solar, se debe dirigir a la pestaña de Energía Solar (0

Energía Solar), si se quiere alimentar con energía eólica, se debe dirigir a la pestaña de Energía Eólica (**10.6 Energía Eólica**) y si se quiere alimentar con un sistema híbrido de energía solar y eólica, se debe ir a la pestaña de Híbrido Solar-Eólico (**10.7 Híbrido Solar-Eólico**).

Si se ha elegido la Energía Solar, el usuario debe informar sobre si ya tiene parte del equipamiento solar disponible y sólo quiere algunos componentes o, si no dispone de ningún equipamiento solar, en cuál caso, debe dirigirse a la pestaña de Kits Solares (**10.5 Kits Energía Solar**). En caso de que ya se disponga de material, éste debe introducirse en la pestaña de Energía Solar, apartado Equipamiento disponible (**10.4.1 Equipamiento disponible**).

Dentro de la pestaña de Energía Solar, una vez se ha introducido el equipamiento, el usuario debe indicar si necesita adquirir Baterías y, en caso de necesitarlas, debe dirigirse a la pestaña de Baterías (**10.8 Baterías**). Tanto si se adquieren baterías o no, el usuario puede seguir en la pestaña de Energía Solar e indicar si necesita adquirir Paneles Solares. En caso que necesite adquirir Paneles Solares, debe seguir el formulario de la pestaña de Energía Solar, apartado Elegir Panel Solar (**10.4.2 Elegir Panel Solar**). Para terminar con la energía solar, si el usuario necesita adquirir Otros componentes de la instalación solar como reguladores, inversores, cargadores de baterías, estructuras o material eléctrico debe dirigirse a la pestaña de Otros Componentes (**10.9 Otros Componentes**). En esta pestaña de Energía Solar, el usuario puede comprobar la energía entregada por los paneles solares seleccionados en el apartado de Cálculo energía entregada por el Panel Solar (**10.4.3 Cálculo energía entregada por el Panel Solar**).

Si se ha elegido la Energía Eólica, el usuario debe seguir el formulario de la pestaña de Energía Eólica, apartado Elegir Aerogenerador (**10.6.1 Elegir Aerogenerador**) para obtener el aerogenerador que más se adapte a sus necesidades. Si se quiere calcular la energía entregada por el Aerogenerador elegido por la herramienta, o por cualquier Aerogenerador introduciendo sus parámetros, se debe dirigir a la pestaña de Energía Eólica, apartado Cálculo energía entregada por el Aerogenerador (**10.6.2 Cálculo energía entregada por el Aerogenerador**).

Cualquiera que sea el camino que elige el usuario, la última de las pestañas a la que tiene que dirigirse es la pestaña de solución (**10.10 Solución**). En concreto, debe dirigirse al apartado correspondiente a los componentes que haya adquirido con la aplicación.

A parte de estas pestañas descritas, en la herramienta se pueden encontrar otras pestañas de apoyo a la herramienta en color amarillo. Estas pestañas consisten en las Bases de datos de la herramienta, dónde están introducidos los distintos elementos según su tipo. En los formularios dónde el usuario introduce los distintos parámetros de su instalación, se hacen llamadas a las tablas de componentes que están en las distintas pestañas de Bases de datos. También se encuentra, en este sector de las pestañas, otra pestaña con la tabla de factor K a modo de ayuda para que el usuario pueda calcular las HSP de la instalación.

Una vez descrito el diagrama de casos de uso y la navegación por las pestañas que debe seguir el usuario según sus necesidades, se explican, brevemente y con imágenes, los formularios que se encuentra el usuario en cada una de las pestañas. Las explicaciones de los distintos parámetros que debe introducir el usuario se encuentran en la misma herramienta, tanto en el panel de información de la izquierda de cada pestaña como con comentarios en el mismo formulario.

1

10.1 Introducción

Introducción

Esta herramienta tiene como objetivo ayudar al usuario a elegir un sistema de generación de energía que permita alimentar un sistema de bajo consumo en una situación remota de forma autónoma.

En esta primera pestaña de introducción, se presenta la herramienta y el funcionamiento a través de sus distintas pestañas, así como el tipo de celdas que se encuentran en la herramienta y cómo el usuario debe interactuar con ellas. También se puede ver el diagrama de casos de uso de la herramienta para que sea fácil para el usuario poder moverse por las pestañas dependiendo de sus elecciones o necesidades.

Este documento se divide en 10 pestañas que debe utilizar el usuario para obtener una solución a su sistema de alimentación para sistemas de bajo consumo en situación remota. Son las siguientes:

- 1.- Introducción
- 2.- Situación
- 3.- Cargas
- 4.- Energía Solar
- 5.- Kits Energía Solar
- 6.- Energía Eólica
- 7.- Híbrido Solar-Eólico
- 8.- Baterías
- 9.- Otros componentes
- 10.- Solución

Las otras pestañas de la herramienta, las que empiezan por "BBDO", es dónde se van a almacenar los distintos componentes según el tipo y en un momento inicial no deben ser modificados por el usuario. La pestaña Solución se encuentra con color rojo debido a que es la pestaña dónde se muestran los resultados al usuario para el sistema a implementar.

Estas pestañas de BBDO pueden ser modificadas por el usuario en caso que se quiera ampliar la lista de componentes o se quiere modificar algún parámetro de alguno de los ya dispuestos.

La primera pestaña de Situación requerirá información sobre la situación, localización y accesibilidad del sistema remoto.

En la pestaña de Cargas se va a definir la energía necesaria para alimentar el sistema del usuario, esta pestaña va a contener la información eléctrica y de consumo del sistema que se va a alimentar dividiéndolo según los elementos que compongan el sistema.

Las pestañas de Energía Solar, Kits Energía Solar, Energía Eólica y Híbrido Solar-Eólico, se van a utilizar según las preferencias del usuario para alimentar su sistema remoto. Esta herramienta está pensada para que se utilice solamente uno de los sistemas de

Las celdas de esta herramienta Excel tienen distintos formatos. Cada formato requiere una interacción distinta con el usuario. Los distintos formatos son los siguientes:

- Explicación sobre la información requerida por el usuario
- Introducir la información en estas casillas
- Unidades en las que se expresa la información
- Información requerida al usuario
- Pasar por encima de estas celdas para ver el comentario
- Información devuelta por la herramienta como resultado
- Elegir una de las opciones ofrecidas en estas casillas

Diagrama de casos de uso de la herramienta:

```
graph TD
    Inicio[Introducción] --> Situación[Situación]
    Situación --> Cargas[Cargas]
    Cargas --> Decision1{¿Cargas se cubren con energía solar?}
    Decision1 -- Sí --> EnergiaSolar[Energía Solar]
    Decision1 -- No --> Decision2{¿Cargas se cubren con energía eólica?}
    Decision2 -- Sí --> EnergiaEolica[Energía Eólica]
    Decision2 -- No --> Decision3{¿Cargas se cubren con energía híbrida solar-eólica?}
    Decision3 -- Sí --> KitsHibridos[Kits Híbridos Solar-Eólicos]
    Decision3 -- No --> KitsSolares[Kits Solares]
```

Captura Herramienta 1. Pestaña Introducción.

1

Menú de todas las pestañas con la actual remarcada.

2

Formulario dónde el usuario introduce los parámetros o la información requerida.

3

Panel informativo con información sobre la pestaña actual.

4

Información ofrecida por la herramienta.

5

Navegación por pestañas de la herramienta.

10.2 Situación

Situación

Introducir la información sobre la ubicación y accesibilidad del sistema remoto a alimentar. En caso de no conocer algún campo o ser indiferente, dejar en blanco:

Peso máximo individual pieza Kg
 Peso máximo estructura Kg
 Peso máximo total Kg
 Tamaño máximo pieza cm
 Tamaño máximo estructura cm
 Tamaño máximo total cm
 Temperatura mínima ambiente °C
 Temperatura máxima ambiente °C
 Uso estacional o permanente?
 Si el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos: días

Captura Herramienta 2. Pestaña Situación.

1 Formulario dónde el usuario debe introducir la información sobre la Situación del sistema a alimentar.

2 Introducir la información sobre la ubicación y accesibilidad del sistema remoto a alimentar. En caso de no conocer algún campo o ser indiferente, dejar en blanco:

3

Peso máximo individual pieza		4	5 Kg
Peso máximo estructura			Kg
Peso máximo total			Kg
Tamaño máximo pieza			cm
Tamaño máximo estructura			cm
Tamaño máximo total			cm
Temperatura mínima ambiente			°C
Temperatura máxima ambiente			°C
Uso estacional o permanente?			
Si el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos:			días

Captura Herramienta 3. Formulario Situación.

- 2 Panel de informativo sobre la información requerida al usuario a continuación.
- 3 Información requerida sobre el sistema del usuario.
- 4 Casillas para introducir la información solicitada.
- 5 Unidades de la información requerida.

10.3 Cargas

Introducción Situación **Cargas** Energía Solar Kits Energía Solar Energía Eólica Híbrido Solar-Eólico Baterías Otros Componentes Solución

Cargas

En este apartado de la herramienta, el usuario debe indicar cuáles son las cargas que se deben alimentar por el sistema de alimentación autónomo.

Básicamente, consiste en introducir las características eléctricas y de consumo de los distintos elementos que componen el sistema remoto. Para cada uno de los elementos se solicita la siguiente información:

- 1.- Corriente que requiere el elemento.
- 2.- Tensión de Alimentación a la que se alimenta el componente.
- 3.- Tiempo de funcionamiento del componente.

Este proceso debe ser realizado con exactitud e intentando ser lo más fidedigno posible ya que de ello depende que la herramienta elija un sistema de alimentación u otro.

Para cada elemento a alimentar, se necesita conocer sus características eléctricas, que se pueden encontrar en el datasheet del propio producto, y el usuario debe introducir el tiempo de funcionamiento de éste.

Este tiempo de funcionamiento siempre debe ser el máximo posible, o el tiempo máximo que vaya a estar funcionando cada elemento en el peor de los casos para que la herramienta proponga un sistema de alimentación que permita alimentar las cargas en el peor de los casos. Por ejemplo, si se va a enviar una señal radio y esto requiere que el amplificador de Emisión se encienda durante la transmisión, el usuario deberá introducir, como tiempo de funcionamiento, el máximo tiempo que éste deba estar encendido para enviar la señal teniendo en cuenta el máximo número de reenvíos.

El tiempo de funcionamiento se encuentra expresado en segundos y el usuario deberá introducir los segundos que debe estar encendido el elemento por minuto, de forma que la herramienta pueda calcular el tiempo que estará encendido cada hora y cada día de funcionamiento. Por ejemplo, si un amplificador de recepción debe estar siempre encendido, ya que siempre va a estar escuchando el canal, el usuario deberá introducir en tiempo de funcionamiento 3600 segundos ya que son todos los segundos que va a estar encendido en una hora.

Una vez introducidos todos los elementos del sistema a alimentar, se calcula el consumo total del sistema, que no será nada más que la suma de todos los consumos por separado. Todo estos consumos serán calculados con una tensión de alimentación de 24V ya que es la tensión de alimentación que se utiliza normalmente para estos sistemas de bajo consumo.

Cabe destacar, entonces, que en las siguientes pestañas se van a proponer unos sistemas de generación de energía y de baterías que también trabajen a 12V o a 24V de forma que todo el sistema, tanto cargas como generación de energía como baterías, se vean desde el punto de vista de los 12V o 24V.

En este apartado, se han dispuesto de 8 formularios donde el usuario puede introducir componentes a alimentar. En caso que el

Introducir la información de los componentes a alimentar:

Corriente	<input type="text"/>	A
Alimentación	<input type="text"/>	V
Corriente a 24V	<input type="text"/>	0 A
Potencia	<input type="text"/>	0 W
Segundos de funcionamiento por hora	<input type="text"/>	s
Relación segundos encendido por hora	<input type="text"/>	0 s/h
Consumo	<input type="text"/>	0 W/h
Tiempo funcionamiento medio	<input type="text"/>	0 h/día
Consumo diario	<input type="text"/>	0 Wh/día

Corriente	<input type="text"/>	A
Alimentación	<input type="text"/>	V
Corriente a 24V	<input type="text"/>	0 A
Potencia	<input type="text"/>	0 W
Segundos de funcionamiento por hora	<input type="text"/>	s
Relación segundos encendido por hora	<input type="text"/>	0 s/h
Consumo	<input type="text"/>	0 W/h
Tiempo funcionamiento medio	<input type="text"/>	0 h/día
Consumo diario	<input type="text"/>	0 Wh/día

Corriente	<input type="text"/>	A
Alimentación	<input type="text"/>	V
Corriente a 24V	<input type="text"/>	0 A
Potencia	<input type="text"/>	0 W
Segundos de funcionamiento por hora	<input type="text"/>	s
Relación segundos encendido por hora	<input type="text"/>	0 s/h
Consumo	<input type="text"/>	0 W/h
Tiempo funcionamiento medio	<input type="text"/>	0 h/día
Consumo diario	<input type="text"/>	0 Wh/día

Consumo total	<input type="text"/>	0 Wh/día
---------------	----------------------	----------

Introducción Situación Cargas Energía solar Kits Energía Solar Energía Eólica Híbrido Solar-Eólico Baterías Otros Componentes **Solución** BBDD Paneles Solares BBDD Kits Solares

Captura Herramienta 4. Pestaña Cargas.

1 Formulario dónde el usuario introducir la información sobre las Cargas a alimentar por el sistema de alimentación propuesto por la herramienta.

Introducir la información de los componentes a alimentar:

2

3

4

Corriente	A
Alimentación	V
Corriente a 24V	0 A
Potencia	0 W
Segundos de funcionamiento por hora	s
Relación segundos encendido por hora	0 s/h
Consumo	0 W/h
Tiempo funcionamiento medio	0 h/dia
Consumo diario	0 Wh/dia

3

4

Corriente	A
Alimentación	V
Corriente a 24V	0 A
Potencia	0 W
Segundos de funcionamiento por hora	s
Relación segundos encendido por hora	0 s/h
Consumo	0 W/h
Tiempo funcionamiento medio	0 h/dia
Consumo diario	0 Wh/dia

3

4

Corriente	A
Alimentación	V
Corriente a 24V	0 A
Potencia	0 W
Segundos de funcionamiento por hora	s
Relación segundos encendido por hora	0 s/h
Consumo	0 W/h
Tiempo funcionamiento medio	0 h/dia
Consumo diario	0 Wh/dia

5

Consumo total	0 Wh/dia
---------------	----------

Captura Herramienta 5. Formulario Cargas.

- 2 Casilla dónde se introduce el nombre del proyecto o sistema a alimentar.
- 3 Casilla dónde se introduce el nombre del componente a alimentar.
- 4 Información sobre el componente.
- 5 Resultado o suma total del consumo de todos los componentes introducidos.

10.4 Energía Solar

1

Captura Herramienta 6. Pestaña Energía Solar.

- 1 Formulario donde el usuario debe introducir el equipamiento ya disponible.
- 2 Indicaciones sobre la navegación por las pestañas una vez elegida la Energía Solar.
- 3 Información requerida para elegir el sistema de paneles solares.
- 4 Cálculo de la energía entregada por el sistema de paneles solares.

10.4.1 Equipamiento disponible

Equipamiento disponible:

1

Paneles Solares		
Número de paneles solares		unidades
Si el equipo no corresponde con ninguno, indicar sus características:		
Fabricante		
Tipo panel solar		
Tensión nominal		V
Número de células fotovoltaicas		células
Número de paneles solares		unidades

2

Baterías		
Número de baterías		unidades
Si el equipo no corresponde con ninguno, indicar sus características:		
Fabricante		
Tipo		
Tensión nominal		V
Capacidad de carga en C100		Ah
Número de baterías solares		unidades

3

Regulador de carga		
Si el equipo no corresponde con ninguno, indicar sus características:		
Fabricante		
Tipo		
Tensión nominal		V
Corriente soportada		A
Número de baterías soportadas		unidades
Pantalla informativa sobre el estado		
Bluetooth		

4

Inversor		
Si el equipo no corresponde con ninguno, indicar sus características:		
Fabricante		
Tipo		
Tensión nominal		
Potencia Soportada		W
Corriente Cargador de baterías		A
Corriente Regulador de carga		A

5

Estructura	
Material Eléctrico	

Captura Herramienta 7. Formulario Equipamiento disponible.

- 1 Formulario para introducir los parámetros de los paneles solares ya disponibles.
- 2 Formulario para introducir los parámetros de las baterías ya disponibles.
- 3 Formulario para introducir los parámetros del regulador de carga ya disponible.
- 4 Formulario para introducir los parámetros del Inversor ya disponible.
- 5 Formulario para introducir la estructura y material eléctrico ya disponible.

10.4.2 Elegir Panel Solar

1 En caso de necesitar solamente paneles solares:

¿Preferencia por alguna fabricante?		
¿Preferencia por algún tipo de panel?		
Tensión nominal		V
Potencia Máxima entregada por el Panel Solar		Wp

2 Con la información introducida, se elige el Panel Solar que mejor se adapta a las necesidades:

Captura Herramienta 8. Formulario Elegir Panel Solar.

- 1 Información requerida para elegir el sistema de paneles solares.
- 2 Resultado del apartado, devuelve el sistema de paneles solares más adecuado para el usuario.

10.4.3 Cálculo energía entregada por el Panel Solar

1 Introducir la siguiente información para calcular las HSP en la localización:

Factor H en la localización del sistema		KWh/m2
Factor de corrección atmosférica		
Factor K		
Horas Solar Pico		0

2 Energía entregada por el sistema de paneles solares seleccionados con las Horas Solar Pico introducidas:

Intensidad		A
Tensión nominal		V
Rendimiento		%
Número de paneles solares		Unidades en paralelo
Energía diaria producida por los paneles		0 Wh/día

3 Introducir los parámetros del sistema de paneles solares para calcular la energía entregada con las HSP:

Intensidad		A
Tensión nominal		V
Rendimiento		%
Número de paneles solares		Unidades en paralelo
Energía diaria producida por los paneles		0 Wh/día

Captura Herramienta 9. Formulario Energía Panel Solar.

- 1 Información sobre la localización requerida para calcular las Horas Solar Pico en la ubicación y situación descritas.
- 2 Información sobre el sistema de paneles solares elegido por la herramienta para calcular la energía diaria producida por éste.
- 3 Información sobre el sistema de paneles solares del que dispone el usuario para calcular la energía diaria producida por éste.

10.5 Kits Energía Solar

Información introducida en apartados previos:

Datos introducidos en Situación	
Peso máximo individual pieza	0 Kg
Peso máximo estructura	0 Kg
Peso máximo total	0 Kg
Tamaño máximo pieza	0 cm
Tamaño máximo estructura	0 cm
Tamaño máximo total	0 cm
Temperatura mínima ambiente	0 ºC
Temperatura máxima ambiente	0 ºC
Uso estacional o permanente?	0
Si el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos:	0 días
Datos introducidos en Cargas	
Carga a alimentar	0 Wh/día
Datos introducidos en Energía Solar	
Horas Solar Pico	0 HSP

Con la información introducida, se elige el Kit Solar que mejor se adapta a las necesidades:

Captura Herramienta 10. Pestaña Kits Energía Solar.

1 Formulario dónde el usuario visualiza la información sobre Situación, Cargas y Energía Solar introducida en pestañas anteriores y el Kit Solar elegido por la herramienta.

Información introducida en apartados previos:

2 **Datos introducidos en Situación**

Peso máximo individual pieza	0 Kg
Peso máximo estructura	0 Kg
Peso máximo total	0 Kg
Tamaño máximo pieza	0 cm
Tamaño máximo estructura	0 cm
Tamaño máximo total	0 cm
Temperatura mínima ambiente	0 ºC
Temperatura máxima ambiente	0 ºC
Uso estacional o permanente?	0
Si el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos:	0 días

3 **Datos introducidos en Cargas**

Carga a alimentar	0 Wh/día
-------------------	----------

4 **Datos introducidos en Energía Solar**

Horas Solar Pico	0 HSP
------------------	-------

5 **Con la información introducida, se elige el Kit Solar que mejor se adapta a las necesidades:**

Captura Herramienta 11. Formulario Información Introducida Kit Solar.

- 2 Información introducida en la pestaña de Situación.
- 3 Información introducida en la pestaña de Cargas.
- 4 Información introducida en la pestaña de Energía Solar.
- 5 Resultado del apartado, devuelve el Kit Solar más adecuado para el usuario.

10.6 Energía Eólica

1

Energía Eólica

La energía eólica aparece como alternativa a la energía solar fotovoltaica, para la alimentación de sistemas remotos de bajo consumo. Esta puede utilizarse como generador de energía secundario en un sistema con energía solar fotovoltaica como primera fuente de energía o como fuente principal de energía.

En el primer caso, cuando se introduce en un sistema con generación de energía solar fotovoltaica, los aerogeneradores son el complemento perfecto para aportar energía en los momentos de menor radiación solar, en los días nublados y de lluvias y por la noche.

Existen distintos tipos de aerogeneradores en el mercado y su precio viene marcado por la capacidad de energía que pueden producir pero también por las características de los mismos en cuanto a estructura robusta y fiabilidad. Existen miniaerogeneradores en el mercado que son capaces de producir una cantidad de energía similar a la de un panel solar pero hay que tener en cuenta que cuanto menor sea el precio, menor será la calidad de éstos y, por lo tanto, habrá que tener en cuenta más costes en mantenimiento y reparación.

En los casos que se estudian en esta herramienta, la energía eólica se utiliza en localizaciones remotas donde las condiciones de luz solar hacen que no se produzca la energía necesaria para cubrir el gasto de las cargas o para cargar un sistema de baterías. Hay que estudiar dos casos, entonces en los que se pueda utilizar la energía eólica:

- En sistemas de generación que no puedan alimentarse con paneles solares fotovoltaicos, como primera fuente de energía.
- En sistemas de generación junto con paneles solares fotovoltaicos, como segunda fuente de energía.

En este apartado se va a estudiar el primero de los casos, ya que se destina un apartado especialmente para el segundo caso "Híbrido Solar-Eólico" donde se estudia más a fondo la situación en caso de necesitar la energía eólica como segunda fuente de energía después de la solar fotovoltaica.

En cada uno de los casos, se deben estudiar las condiciones meteorológicas y, en especial, del viento, para conocer qué sistema de generación eólica es mejor y suficiente para el sistema en cuestión. Para ello se deben conocer los siguientes parámetros:

- Energía requerida a alimentar.
- Condiciones meteorológicas referidas al viento de la ubicación.

Como vemos en la siguiente fórmula, para calcular la potencia que genera un aerogenerador se necesitan conocer los siguientes parámetros:

$$P_g [W] = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

donde:
 P_g es la potencia que produce el aerogenerador

Información introducida en apartados previos:

Datos introducidos en Situación

Peso máximo individual pieza	0 Kg
Peso máximo estructura	0 Kg
Peso máximo total	0 Kg
Tamaño máximo pieza	0 cm
Tamaño máximo estructura	0 cm
Tamaño máximo total	0 cm
Temperatura mínima ambiente	0 °C
Temperatura máxima ambiente	0 °C
Uso estacional o permanente?	0
Si el uso es estacional, introducir el número de días consec.	0 días

Datos introducidos en Cargas

Carga a alimentar	0 Wh/día
-------------------	----------

Para elegir un aerogenerador, introducir los siguientes parámetros:

¿Preferencia por alguna fabricante?

Voltaje de funcionamiento	0 V
Velocidad del viento máxima en la localización	0 m/s
Velocidad del viento media para el mes de menor viento	0 m/s

Con la información introducida, se elige el Kit Solar que mejor se adapta a las necesidades:

Para calcular la potencia entregada por el aerogenerador elegido, introducir los siguientes parámetros:

Límite de Betz	0
Rendimiento hélice	0
Rendimiento multiplicador	0
Rendimiento alternador	0
Rendimiento transformador	0
Densidad del aire	0 kg/m³
Diámetro aspas	0 m
Área de la sección de las aspas	0 m²
Velocidad del viento	0 m/s
Energía entregada por el aerogenerador	0 Wh/día

Captura Herramienta 12. Pestaña Energía Eólica.

- 1 Formulario dónde el usuario visualiza la información sobre Situación y Cargas introducida en pestañas anteriores, los parámetros para elegir el aerogenerador y el Cálculo de la energía entregada por el Aerogenerador.

Información introducida en apartados previos:

Datos introducidos en Situación	
Peso máximo individual pieza	0 Kg
Peso máximo estructura	0 Kg
Peso máximo total	0 Kg
Tamaño máximo pieza	0 cm
Tamaño máximo estructura	0 cm
Tamaño máximo total	0 cm
Temperatura mínima ambiente	0 ºC
Temperatura máxima ambiente	0 ºC
Uso estacional o permanente?	0
Si el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos	0 días
Datos introducidos en Cargas	
Carga a alimentar	0 Wh/día

Captura Herramienta 13. Formulario Información introducida Energía Eólica.

- 2 Información introducida en las pestañas de Situación y Cargas sobre el sistema a alimentar.

10.6.1 Elegir Aerogenerador

Para elegir un aerogenerador, introducir los siguientes parámetros:

¿Preferencia por alguna fabricante?	
Voltaje de funcionamiento	V
Velocidad del viento máxima en la localización	m/s
Velocidad del viento media para el mes de menor viento	m/s

4 Con la información introducida, se elige el aerogenerador que mejor se adapta a las necesidades:

Captura Herramienta 14. Formulario Elegir Aerogenerador.

- 3 Información requerida para elegir el Aerogenerador
- 4 Resultado del apartado, devuelve el Aerogenerador más adecuado para el usuario.

10.6.2 Cálculo energía entregada por el Aerogenerador

Para calcular la potencia entregada por el aerogenerador elegido, introducir los siguientes parámetros:

Límite de Betz		
Rendimiento hélice		
Rendimiento multiplicador		
Rendimiento alternador		
Rendimiento transformador		
Densidad del aire		Kg/m3
Diámetro aspas		m
Área de la sección de las aspas	0	m2
Velocidad del viento		m/s
Energía entregada por el aerogenerador	0	Wh/día

Captura Herramienta 15. Formulario Energía Aerogenerador.

5 Información sobre el Aerogenerador requerida para calcular la energía entregada por el Aerogenerador elegido para las condiciones descritas.

10.7 Híbrido Solar-Eólico

Introducción Situación Cargas Energía Solar Kits Energía Solar Energía Eólica Híbrido Solar-Eólico Baterías Otros Componentes Solución

3 Baterías tipo GEL de 250 Ah en C100 y tensión de trabajo a 12V.
Material eléctrico para instalación de 12V.
Estructura para fijar los paneles solares
Estructura para el aerogenerador

- Kit híbrido solar-eólico para consumos altos (3000W a 24V):
 - 6 paneles solares fotovoltaicos de 270W y 24V.
 - 1 aerogenerador de 400W (con potencia pico de 600W) y 24V.
 - 1 inversor Sen-I con regulador MPPT de 60A, Cargador de baterías de 30A y inversor de onda pura 3000W (pico de 6000W), todo con una tensión de alimentación de 24V.
 - 1 Regulador eólico de 600W y tensión de trabajo a 24V.
 - 6 Baterías tipo GEL de 250 Ah en C100 y tensión de trabajo a 24V.
 - Material eléctrico para instalación de 12V.
 - Estructura para fijar los paneles solares
 - Estructura para el aerogenerador

A modo de resumen, a la pregunta de si conviene o no disponer de una instalación híbrida solar y eólica, la respuesta es que dependerá de las condiciones de viento del lugar donde se tenga previsto instalar el kit híbrido. Condicionantes como el número de días de viento al año, la orografía del terreno y sus alrededores, así como ubicación donde se vaya a instalar, decidirán si se debe apostar también por la energía eólica. En el caso de que no se cumplan los requisitos descritos, se recomienda centrarse exclusivamente en instalar un sistema de generación de energía solar ya que el rendimiento del viento tendrá variaciones grandes en según qué zonas.

En este apartado de la herramienta, tan solo hace falta introducir los datos de la situación del sistema a alimentar, los datos de la carga a alimentar y los datos meteorológicos de la ubicación, respecto al sol (HSP) y al viento (velocidad), del sistema a alimentar para que se recomiende el kit híbrido solar-eólico necesario. Se deberán conocer tanto los parámetros necesarios para elegir un kit solar como los parámetros necesarios para elegir un aerogenerador de forma que se pueda elegir el mejor kit combinando ambas fuentes de generación de energía.

El usuario de la herramienta, debe ser consciente de las necesidades de su sistema para elegir un sistema híbrido en lugar de elegir un sistema compuesto solamente por energía solar fotovoltaica según los criterios descritos en el apartado anterior de Sistemas híbridos solar-eólicos.

Información introducida en apartados previos:

Datos introducidos en Situación	
Peso máximo individual pieza	30 Kg
Peso máximo estructura	30 Kg
Peso máximo total	60 Kg
Tamaño máximo pieza	200 cm
Tamaño máximo estructura	200 cm
Tamaño máximo total	600 cm
Temperatura mínima ambiente	-10 °C
Temperatura máxima ambiente	10 °C
Uso estacional o permanente?	Estacional
Si el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos:	90 días
Datos introducidos en Cargas	
Carga a alimentar	334,616 Wh/día
Datos introducidos en Energía Solar	
Horas Solar Pico	2,772 HSP
Datos introducidos en Energía Eólica	
Velocidad del viento	3,05 m/s
Densidad del aire	1,24 Kg/m3
Rendimiento típico Aerogenerador	0,4575588
Con la información introducida, se elige el kit híbrido solar-eólico que mejor se adapta a las necesidades:	
KIT SOLAR/EOLICO 1300 W/DIA	
En caso de necesitar Pila de hidrógeno:	
Voltaje batería a cargar	V
Capacidad de la batería a cargar	Ah
Presión de compresión	kg/cm2
Horas de consumo esperado	horas
Con la información introducida, se elige la Pila de hidrógeno y los litros de hidrógeno necesarios:	
Modelo	
Cantidad de hidrógeno	litros

Introducción Situación Cargas Energía Solar Kits Energía Solar Energía Eólica Híbrido Solar-Eólico Baterías Otros Componentes Solución Tabla Factor K BDD Paneles Solares BDD Ki

Captura Herramienta 16. Pestaña Híbrido Solar Eólico.

1 Formulario dónde el usuario visualiza la información sobre Situación, Cargas, Energía Solar y Energía Eólica introducidos en los apartados anteriores. Con esta información se calcula el Kit híbrido solar-eólico más adecuado para el usuario. Información requerida para elegir Pila de hidrógeno.

Información introducida en apartados previos:

Datos introducidos en Situación	
Peso máximo individual pieza	0 Kg
Peso máximo estructura	0 Kg
Peso máximo total	0 Kg
Tamaño máximo pieza	0 cm
Tamaño máximo estructura	0 cm
Tamaño máximo total	0 cm
Temperatura mínima ambiente	0 °C
Temperatura máxima ambiente	0 °C
Uso estacional o permanente?	0
Si el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos:	0 días
Datos introducidos en Cargas	
Carga a alimentar	0 Wh/día
Datos introducidos en Energía Solar	
Horas Solar Pico	0 HSP
Datos introducidos en Energía Eólica	
Velocidad del viento	0 m/s
Con la información introducida, se elige el Kit híbrido solar-eólico que mejor se adapta a las necesidades:	

Captura Herramienta 17. Formulario información introducida Kit Híbrido.

- 2 Información introducida en las pestañas de Situación y Cargas sobre el sistema a alimentar.
- 3 Información introducida en la pestaña de Energía Solar.
- 4 Información introducida en la pestaña de Energía Eólica.
- 5 Resultado del apartado, devuelve el Kit híbrido solar-eólico más adecuado para el usuario.

En caso de necesitar Pilas de hidrógeno:	
Voltaje batería a cargar	V
Capacidad de la batería a cargar	Ah
Presión de compresión	kg/cm ²
Horas de consumo esperado	horas
Con la información introducida, se elige la Pila de hidrógeno y los litros de hidrógeno necesarios:	
Modelo	
Cantidad de hidrógeno	litros

Captura Herramienta 18. Formulario Elegir Pila de hidrógeno.

- 6 Información requerida para elegir el Aerogenerador
- 7 Resultado del apartado, devuelve el Aerogenerador más adecuado para el usuario.

10.8 Baterías

Baterías

En este apartado de la herramienta se va a elegir una batería para el sistema de generación elegido anteriormente. Cabe destacar que las baterías son el elemento más caro y más difícil de mantener y cambiar de un sistema de generación de energía aislado. Por ello, es necesario definir bien el uso y la carga a alimentar del sistema para elegir qué tipo de batería escoger.

Antes de ver los distintos tipos de baterías, se deben conocer los parámetros por los que éstas se rigen y las características que las diferencian unas de otras. Los principales parámetros por los que se diferencian las baterías són:

- Tipo de batería: Existen muchos tipos de baterías y cada uno está diseñado para dar el máximo de sus prestaciones en unas situaciones u otras y es importante conocer bien el uso que se le va a dar a las baterías para elegir bien un tipo u otro.
- Fabricante: Otro parámetro que se puede tener en cuenta es el fabricante de las baterías. Es conocido que si el sistema en el que se van a instalar las baterías es del mismo fabricante que éstas, es posible que se adapten mejor y saquen el máximo rendimiento de ambos. También es posible que el usuario tenga predilección por una marca u otra por experiencias pasadas o conocimiento adicional sobre éstas.
- Tensión nominal: La tensión nominal a la que trabajan las baterías es conocida y es importante conocerla para comparar con la tensión a la que trabaja el sistema. En el momento de planificar una instalación solar, es normal elegir primero el sistema de baterías que se van a utilizar y que éste marque la tensión nominal del sistema. Para el uso que se le quieren dar en esta herramienta, existen baterías de 6V, 12V y 24V. Es normal que se conecten baterías de 6V o 12V en serie para crear sistemas de baterías que funcionen a 12V o 24V sin aumentar la corriente de trabajo y así poder utilizar Reguladores de tensión estándar.
- Capacidad de carga: La capacidad de carga se mide en Amperios por hora (Ah) y que se van a instalar. Una vez conocidos los parámetros principales por los que se eligen unas baterías u otras, toca centrarse en los muchos tipos de baterías para sistemas de generación de energía aislados de bajo consumo, y la principal división entre tipos de baterías es entre Monoblock o Estacionarias. Se describen los distintos tipos y sus características principales:

- Baterías Monoblock
Són las baterías más económicas, con una esperanza de vida reducida respecto a las Estacionarias y se utilizan para sistemas aislados de bajo consumo. Dentro de las Monoblock, existen distintos tipos según el material por el que están constituidas:
- Plomo-Ácido abiertas: La más económicas, con 400 ciclos de carga y descarga. Con una profundidad de descarga del 20%, de 2 a 5 años de vida útil. Para consumos bajos y muy esporádicos.
- Ciclo profundo: Igual que las baterías de Plomo-Ácido pero con placas de plomo reforzadas para soportar profundidades de descarga del 70-80% de forma continuada. Esperanza de vida superior a las anteriores, entre 5 y 15 años según el modelo.

Información introducida en apartados previos:

Datos introducidos en Situación

Datos introducidos en Situación

Peso máximo individual pieza 0 Kg

Peso máximo estructura 0 Kg

Peso máximo total 0 Kg

Tamaño máximo pieza 0 cm

Tamaño máximo estructura 0 cm

Tamaño máximo total 0 cm

Temperatura mínima ambiente 0 ºC

Temperatura máxima ambiente 0 ºC

Uso estacional o permanente? 0

Si el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos: 0 días

Datos introducidos en Cargas

Carga a alimentar 0 Wh/día

Para elegir un sistema de baterías, introducir los siguientes parámetros:

¿Preferencia por algún fabricante? 0

Tipo de batería 0

Tensión nominal sistema de baterías 0 V

Capacidad de Carga en C100 0 Ah

Energía entregada 0 Wh

Con la información introducida, se elige el sistema de baterías que mejor se adapta a las necesidades:

Captura Herramienta 19. Pestaña Baterías.

1 Formulario dónde el usuario visualiza la información sobre Situación y Cargas introducidas en los apartados anteriores. Con esta información y los parámetros que introduce el usuario, se calcula el sistema de baterías más adecuado para el usuario.

Información introducida en apartados previos:

Datos introducidos en Situación	
Datos introducidos en Situación	
Peso máximo individual pieza	0 Kg
Peso máximo estructura	0 Kg
Peso máximo total	0 Kg
Tamaño máximo pieza	0 cm
Tamaño máximo estructura	0 cm
Tamaño máximo total	0 cm
Temperatura mínima ambiente	0 °C
Temperatura máxima ambiente	0 °C
Uso estacional o permanente?	0
Sí el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos:	0 días
Datos introducidos en Cargas	
Carga a alimentar	0 Wh/dia

2

Para elegir un sistema de baterías, introducir los siguientes parámetros:	
¿Preferencia por algún fabricante?	
Tipo de batería	
Tensión nominal sistema de baterías	V
Capacidad de Carga en C100	Ah
Energía entregada	0 Wh

3

Con la información introducida, se elige el sistema de baterías que mejor se adapta a las necesidades:

4

Captura Herramienta 20. Formulario Información introducida Baterías.

- 2 Información introducida en las pestañas de Situación y Cargas sobre el sistema a alimentar.
- 3 Información requerida para elegir el sistema de baterías.
- 4 Resultado del apartado, devuelve el sistema de baterías más adecuado para el usuario.

10.9 Otros Componentes

Otros componentes

En este apartado de la herramienta se quiere orientar al usuario en el momento de elegir los otros componentes de una instalación que no son ni el generador de energía ni las baterías del sistema.

Normalmente se requieren los siguientes componentes para completar la instalación de generación y almacenamiento de energía:

- Sistema generador de energía
Pueden ser paneles solares para generación de energía solar fotovoltaica (ir al apartado de Energía Solar). Pueden ser aerogeneradores para generación de energía eólica (ir al apartado de Energía Eólica) o puede ser un híbrido entre paneles solares y aerogeneradores por lo que se producirá energía solar fotovoltaica y energía eólica (ir al apartado de Híbrido Solar-Eólico).
- Sistema de almacenamiento de energía
Suelen ser las baterías y para cada sistema de generación de energía se requiere un tipo de batería u otro (ir al apartado de Baterías). Las baterías son el elemento más costoso del sistema y son difíciles de reemplazar (por precio y por requerimientos del sistema) así que son el elemento principal del sistema y a partir de cuál se van a elegir los demás componentes de éste.
- Regulador de Carga Solar
Este es el primer componente del sistema de generación y almacenamiento de energía que se puede escoger en este apartado. Es muy importante elegir el regulador de Carga Solar adecuado y no escatimar en elegir un Regulador Solar de mayores prestaciones aunque sea a mayor precio ya que va a ser el encargado de gestionar la producción de energía y proteger las baterías para evitar que los paneles sobrecarguen las baterías cuando estén completamente cargadas alargando así su vida útil.

Existen dos grandes grupos de reguladores solares, los PWM y los MPPT. Los PWM son más económicos y funcionan para módulos fotovoltaicos de 36 o 72 células. Los MPPT son más caros y son imprescindibles cuando hay módulos fotovoltaicos de 60 células, ya que hacen funcionar al panel solar en su punto de máxima producción y evitan que la tensión de los mismos baje como para impedir la carga de las baterías.

Utilizaremos paneles solares de 12v y 36 células o paneles solares de 24v y 72 células con reguladores solares PWM para instalaciones pequeñas y medianas donde las distancias entre los equipos sean pequeñas, no haya problema de espacio para ubicar los paneles y sea más importante reducir el coste frente a maximizar la eficiencia.

Para instalaciones con distancias grandes entre los paneles solares y el regulador solar, o donde la estructura sea compleja y encarezca la instalación elegiremos paneles de 60 células y reguladores MPPT.

Para instalaciones con distancias grandes entre los paneles solares y el regulador solar, o donde no hay problema de espacio para instalar los paneles solares, ni la estructura encarezca la instalación, es decir, donde no hay ningún factor aparentemente determinante que favorezca una elección sobre la otra, valoraremos si el incremento de coste de la opción MPPT obteniendo una mayor eficiencia de producción de los paneles nos conviene en nuestro caso.

- Inversor
El inversor o convertidor es el encargado de transformar la corriente continua (CC) procedente de las baterías o de los paneles solares en corriente alterna (CA) que utilizan diversos sistemas para funcionar. Existen varios sistemas que se quieren poder cargar con energía solar pero que funcionan conectados a la red eléctrica, para estos sistemas se necesita el inversor o convertidor para que se puedan conectar a las baterías o paneles solares.

Introducir la información sobre el regulador/inversor/cargador necesario.

En caso de necesitar un sistema completo de Regulador, Inversor y Cargador, introducir los siguientes parámetros:

Preferencia por fabricante

Tipo de equipo

Tensión del sistema

Potencia máxima soportada

Corriente Cargador Solar

Tipo de Regulador Solar

Corriente máxima de carga del Regulador

En caso de necesitar solamente un Regulador de Carga Solar, introducir los siguientes parámetros:

Preferencia por fabricante

Tipo de Regulador

Tensión del sistema

Corriente del sistema

Número de baterías soportadas

Panela Informativa

Bluetooth

En caso de necesitar solamente un Inversor, con o sin cargador solar, introducir los siguientes parámetros:

¿Incluir cargador solar?

Preferencia por fabricante

Tensión del sistema

Potencia máxima soportada

Corriente Cargador Solar

En caso de necesitar la estructura para el sistema de paneles solares:

Tipo estructura

Ubicación estructura

Número de paneles solares

Tipo paneles

Orientación paneles

Dimensiones máximas pieza

Peso máximo pieza

En caso de necesitar el material eléctrico para el sistema de alimentación:

Número de paneles solares

Tensión panel solar

Con la información introducida, se elige el regulador/inversor/cargador que mejor se adapta a las necesidades:

... Energía Solar Kits Energía Solar Energía Eólica Híbrido Solar-Eólico Baterías Otros Componentes **Solución** BÉDD Paneles Solares BÉDD Kits Solares BÉDD Baterías BÉDD Aerogeneradores

Captura Herramienta 21. Pestaña Otros componentes.

1 Formulario dónde el usuario introduce los parámetros sobre los componentes necesarios, concretamente, en este apartado se puede elegir el Regulador de carga, el inversor de tensión, el cargador de baterías, la estructura para paneles solares y el material eléctrico para instalaciones solares.

Introducir la información sobre el regulador/inversor/cargador necesario:

2

En caso de necesitar un sistema completo de Regulador, Inversor y Cargador, introducir los siguientes parámetros:

Preferencia por fabricante		
Tipo de equipo	3en1	
Tensión del sistema		V
Potencia máxima soportada		W
Corriente Cargador Solar		A
Tipo de Regulador Solar		
Corriente máxima de carga del Regulador		A

3

En caso de necesitar solamente un Regulador de Carga Solar, introducir los siguientes parámetros:

Preferencia por fabricante		
Tipo de Regulador		
Tensión del sistema		V
Corriente del sistema		A
Número de baterías soportadas		unidades
Pantalla informativa		
Bluetooth		

4

En caso de necesitar solamente un Inversor, con o sin cargador solar, introducir los siguientes parámetros:

¿Incluir cargador solar?		
Preferencia por fabricante		
Tensión del sistema		V
Potencia máxima soportada		W
Corriente Cargador Solar		A

5

En caso de necesitar la estructura para el sistema de paneles solares:

Tipo estructura		
Ubicación estructura		
Número de paneles solares		paneles
Tipo paneles		
Orientación paneles		
Dimensiones máximas pieza		0 cm
Peso máximo pieza		0 Kg

6

En caso de necesitar el material eléctrico para el sistema de alimentación:

Número de paneles solares		paneles
Tensión panel solar		V

7

Con la información introducida, se elige el regulador/inversor/cargador que mejor se adapta a las necesidades:

Captura Herramienta 22. Formulario Información Otros Componentes.

- 2 Información requerida para elegir el sistema completo de Regulador de carga solar, Inversor y Cargador de batería.
- 3 Información requerida para elegir el Regulador de carga solar.
- 4 Información requerida para elegir el Inversor, con o sin cargador solar.
- 5 Información requerida para elegir la estructura para el sistema de paneles solares.
- 6 Información requerida para elegir el material eléctrico para el sistema de alimentación.
- 7 Resultado del apartado, devuelve los componentes más adecuados para el usuario en cada caso.

10.10 Solución

1 Solución - Paneles Solares Fotovoltaicos

- Tipos de paneles solares por tensión de trabajo o número de células:
 - Paneles de 12V y 36 células FV.
 - Paneles de 24V y 72 células FV.
 - Paneles de 30V y 90 células FV.
- Tipos de células fotovoltaicas:
 - Monocristalinas: mejor rendimiento teórico y más caras. Tienen un tono más oscuro.
 - Policristalinas: menor rendimiento teórico y más económicas. Tienen un tono azulado.

2 Solución - Kits energía Solar

En caso de adquirir un KIT de energía Solar, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Para cubrir un sistema que consume 10 unidades de energía, se debe dimensionar el kit para producir y almacenar 12 unidades para cubrir las pérdidas de producción.
- Se debe dimensionar el Kits Solar para el peor mes de producción solar de la campaña.
- Las baterías del Kit Solar se deben diseñar para que tengan una autonomía de 3-4 días, de esta forma se evita que se descarguen profundamente. Por ese motivo se deben dimensionar las baterías para producir almacenar 30 unidades si se consumen 10 unidades de energía.

3 Solución - Otros componentes

Tipos de Reguladores Solares:

- Reguladores Solares PWM: La tensión de trabajo de los paneles solares es la misma que la de la batería en todo momento y son más económicos. Se utilizan con placas solares de 12V y 24V y no se puede superar la máxima corriente admitida por el regulador. Para elegir un regulador solar PWM, se debe calcular un 10% más que la Imp del sistema de paneles solares por motivos de seguridad.
- Reguladores Solares MPPT: Son capaces de separar la tensión de funcionamiento del sistema de paneles solares respecto de la tensión de la batería. Esto le permite situar la tensión de las placas solares en el punto óptimo para obtener la máxima potencia en cada momento. Son bastante más caros que los PWM ya que permiten trabajar a tensiones elevadas en el campo fotovoltaico.

4 Solución - Energía Eólica

En caso de adquirir un aerogenerador para producir energía eólica, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Existen los aerogeneradores convencionales y los miniaerogeneradores. La adquisición de miniaerogeneradores supondrán unos gastos de mantenimiento por parte del usuario debido al pequeño tamaño de éste y la calidad de las piezas que los componen.
- Los aerogeneradores producen energía eléctrica a partir de la velocidad del viento, por lo que se deben conocer los parámetros del viento para calcular la energía que van a producir.

5 Solución - Híbrido Solar-Eólico

En caso de adquirir un sistema híbrido solar-eólico, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Un sistema híbrido solar-eólico consiste en un sistema de paneles solares con su regulador y/o inversor solar con o sin cargador de baterías, un aerogenerador con su regulador o controlador eólico, un sistema de baterías, las estructuras para fijar los paneles solares y el aerogenerador y el material eléctrico necesario para las conexiones entre componentes y dotar de seguridad el sistema eléctrico. De este modo, no hace falta que el usuario adquiera componentes adicionales a los añadidos al kit híbrido solar-eólico.
- Un sistema solar se puede convertir en un sistema híbrido solar-eólico incluyendo un aerogenerador con su regulador o controlador eólico. Al no ser capaz de dimensionar el sistema de baterías en el momento de adquirir el sistema de generación de energía.

6 Solución - Baterías

En caso de adquirir un sistema de Baterías, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La capacidad en Ah de una batería expresada en C100 significa que si descargamos la batería a un régimen de descarga constante tal que implique la descarga total de la batería en un tiempo de 100 horas, extraeremos los amperios hora indicados por el fabricante.
- La capacidad de la batería no es proporcional al consumo y que cuanto mayor es la tasa de corriente de descarga menor es la capacidad en Ah proporcionada por la batería.

Captura Herramienta 23. Pestaña Solución.

- 1 Solución – Paneles solares FVs. El usuario debe leer este apartado en el caso de adquirir un sistema de paneles solares.
- 2 Solución – Kits energía Solar. El usuario debe leer este apartado en el caso de adquirir un Kit de Energía Solar.
- 3 Solución – Otros Componentes. El usuario debe leer este apartado en el caso de adquirir un componente como un Regulador de carga, un Inversor, con o sin cargador de baterías, la estructura para los paneles solares o para el aerogenerador o el material eléctrico.
- 4 Solución – Energía Eólica. El usuario debe leer este apartado en el caso de adquirir un aerogenerador.
- 5 Solución – Híbridos solares-eólicos. El usuario debe leer este apartado en el caso de adquirir un Kit híbrido solar-eólico o en caso de querer añadir un aerogenerador a un sistema de generación solar.
- 6 Solución – Baterías. El usuario debe leer este apartado en el caso de adquirir un sistema de baterías.

10.11 Pestañas de apoyo a la herramienta

Existen otras pestañas en la herramienta que no se han descrito en el diagrama de casos de uso. Esto es debido a que estas pestañas no deben ser modificadas por el usuario en caso de simplemente querer utilizar la herramienta con los componentes ya introducidos.

Estas pestañas que se definen como “Pestañas de apoyo” contienen la base de datos de los distintos componentes con la información sobre éstos. En estas pestañas se encuentran las tablas con los distintos componentes dónde se aplican, como criterio, los parámetros que

11 Caso práctico - Proyecto Antártida

En este momento del TFM, dónde la herramienta ya está operativa, se considera el primer caso práctico de ésta. Este caso práctico consiste en un proyecto que está siguiendo la Universidad Ramon Llull –La Salle en la Base Antártica Española Juan Carlos I.

Este proyecto en la Antártida consiste en la colocación de unos sensores a 20Km de distancia del campamento de la Base Juan Carlos I en la isla de Livingston. Estos sensores van a recoger datos sobre temperatura, posición, campo magnético, altura, etc. Y se quieren enviar los datos de estos sensores a través de rebotes en la ionosfera de una onda radio emitida a HF (entre 3 y 30 MHz). El proyecto tiene muchas connotaciones y si se quiere profundizar más en el tema, se recomienda leer el Trabajo final de Grado de Laura Salillas, en el apartado de Solución Energética para la Antártida dónde se expone de forma más detallada el proyecto.[3]

En el caso que se ocupa en este trabajo, se considera el proyecto de la Universidad La Salle – Ramón Llull en la Antártida, como un proyecto más y, para el uso de la herramienta, sólo hace falta conocer las condiciones meteorológicas de la zona, los parámetros de situación y accesibilidad del sistema y los parámetros del sistema a alimentar.

Siguiendo las pestañas de la herramienta, se van completando las diferentes pestañas con los parámetros que se solicitan sobre la el sistema remoto a alimentar de forma que se vayan informando todos los campos y se llegue a la solución final de alimentación remota del sistema.

11.1 Situación

En el apartado de situación se van a disponer los parámetros de accesibilidad y ubicación del sistema a alimentar. Se propone la introducción de información en la herramienta y los motivos por los que se introduce esta información.

Peso máximo individual pieza	30	Kg
Peso máximo estructura	30	Kg
Peso máximo total	90	Kg
Tamaño máximo pieza	200	cm
Tamaño máximo estructura	200	cm
Tamaño máximo total	600	cm
Temperatura mínima ambiente	-10	°C
Temperatura máxima ambiente	10	°C
Uso estacional o permanente?	Estacional	
Si el uso es estacional, introducir el número de días consecutivos:	90	días

Captura Herramienta 25. Caso práctico - Información Situación.

En este caso práctico, los datos referentes a la Situación son los introducidos:

- La expedición hasta la ubicación del sistema suele ser de 3 personas y éstas disponen de trineos de nieve, por lo que, cada persona pueden transportar equipamiento con un peso máximo de 30 Kg y 2m de dimensiones máximas. Teniendo en cuenta que son 3 personas, se fija el máximo total en 90 Kg y 6m de longitud.
- La temperatura en la base Juan Carlos I, situada en la isla de Livingston, oscila durante los meses de campaña (enero-marzo) entre los 10 y los -10 °C.
- El uso que se va a hacer del sistema va a ser estacional, ya que solamente se va a encontrar equipo haciendo mediciones en el verano austral, es decir, un periodo de 3 meses contenido entre los meses de diciembre y marzo.

11.2 Cargas

Las cargas son los elementos que se deben alimentar por el sistema de alimentación propuesto. Cuando se describen las cargas a alimentar, se deben introducir los parámetros eléctricos del componente a alimentar en cuestión y el tiempo de funcionamiento que éste va a tener. Para poder hacer los cálculos más fácilmente, la energía requerida por todos los elementos va a ser calculada a una tensión de 24 V. De esta forma, se va a contar con un sistema trabajando a 24V en su totalidad y se van a facilitar los cálculos. También informar que, el tiempo de funcionamiento que se introduce en el apartado “Tiempo de funcionamiento” es el tiempo que va a estar encendido el componente cada hora. Por ese motivo, si un componente debe estar encendido siempre, se va a introducir un “Tiempo de funcionamiento” de 3600 segundos, ya que es el 100% de segundos sobre una hora.

Proyecto Antártico		
Amplificador Emisión		
Corriente	3	A
Alimentación	24	V
Corriente a 24V	3	A
Potencia	72	W
Segundos de funcionamiento por hora	30	s
Relación segundos encendido por hora	0,008333	s/h
Consumo	0,6	W/h
Tiempo funcionamiento medio	0,2	h/día
Consumo diario	14,4	Wh/día
Ventiladores		
Corriente	0,16	A
Alimentación	24	V
Corriente a 24V	0,16	A
Potencia	3,84	W
Segundos de funcionamiento por hora	360	s
Relación segundos encendido por hora	0,1	s/h
Consumo	0,384	W/h
Tiempo funcionamiento medio	2,4	h/día
Consumo diario	9,216	Wh/día
Amplificador Recepción		
Corriente	0,06	A
Alimentación	16	V
Corriente a 24V	0,04	A
Potencia	0,96	W
Segundos de funcionamiento por hora	3600	s
Relación segundos encendido por hora	1	s/h
Consumo	0,96	W/h
Tiempo funcionamiento medio	24	h/día
Consumo diario	23,04	Wh/día
FPGA + Raspberry		
Corriente	2,4	A
Alimentación	5	V
Corriente a 24V	0,5	A
Potencia	12	W
Segundos de funcionamiento por hora	3600	s
Relación segundos encendido por hora	1	s/h
Consumo	12	W/h
Tiempo funcionamiento medio	24	h/día
Consumo diario	288	Wh/día
Consumo total	334,656	Wh/día

Captura Herramienta 26. Caso práctico - Información Cargas.

Figura 5. Información introducida para el caso práctico de la Antártida en Cargas.

Se observan los componentes a alimentar:

- **Amplificador Emisión:** Funciona a 24 V y solamente debe funcionar en el momento de emitir la información vía radio a HF. Por ese motivo, y teniendo en cuenta los reenvíos necesarios en caso de no recibir la información correctamente, se calcula su tiempo de funcionamiento en 30 segundos cada hora. El consumo diario de este elemento asciende hasta los 14,4 Wh cada día.
- **Ventiladores:** Funcionan a 24V y solamente deben encenderse en los casos que se produzca un recalentamiento del sistema. Estas ocasiones se estima que pueden ser alrededor del 10% del tiempo total, por lo que se considera un tiempo de funcionamiento de 360 segundos cada hora. Este tiempo de funcionamiento se puede modificar una vez se haya puesto en marcha el sistema y se conozcan datos reales

sobre el tiempo de funcionamiento. El consumo diario de este elemento asciende hasta los 9,216 Wh cada día.

- **Amplificador de Recepción:** Funciona a 16V por lo que se hace la conversión para calcular su consumo visto desde el punto de vista de un sistema de 24V. El tiempo de funcionamiento del amplificador de recepción es de la totalidad del tiempo, ya que siempre debe estar encendido para recibir los mensajes vía radio en cualquier momento. Por ese motivo, el tiempo de funcionamiento será de 3600 segundos cada hora, es decir, todos los segundos. El consumo diario de este elemento asciende hasta los 23,04 Wh cada día.
- **FPGA + Raspberry:** Estos elementos funcionan a 5V, por lo que también hay que hacer una conversión a los 24V que trabaja el sistema. El tiempo de funcionamiento es de la totalidad del tiempo, por lo que se introducen los 3600 segundos que tiene cada hora. Este es el componente que más consumo aporta al sistema, de 288 Wh cada día.
- **Consumo total:** Si se suman los consumos diarios de todos los elementos a alimentar, el resultado es un consumo total del sistema de 334,656 Wh cada día. Este es el parámetro que se debe tener en cuenta al elegir el sistema de alimentación ya que es el consumo que deberá cubrir el sistema de generación de energía y las baterías.

En este punto del caso práctico se debe decidir como alimentar el sistema. En el caso que se describe, como se quiere probar el funcionamiento de la herramienta, se van a dar las soluciones con equipamiento para los 3 sistemas de generación de energía: energía solar, energía eólica y sistema híbrido de energía solar-eólica. También se considera que en el caso que se describe no se dispone de equipamiento previo, por lo que, si se tiene que adquirir un sistema de alimentación, éste deberá ser completo.

11.3 Alimentación con energía solar

El primero de los casos va a ser alimentar las cargas descritas solamente con paneles solares. Para ello, el usuario se dirige a la pestaña de Energía solar y debe informar, en el apartado de cálculo de la energía solar entregada, las Horas Solar Pico de las que se va a disponer en la ubicación del sistema a alimentar.

Introducir la siguiente información para calcular las HSP en la localización:	
Factor H en la localización del sistema	1,6 KWh/m2
Factor de corrección atmosférica	1,05
Factor K	1,65
Horas Solar Pico	2,772 horas

Captura Herramienta 27Caso práctico - Información HSP.

Los parámetros necesarios para calcular las HSP se calculan de la siguiente forma:

- **Factor H en la localización del sistema:** Este factor es la energía en MJ/KWh que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes. Para obtener este valor en el caso que se describe, se consulta en el libro de AEMET sobre la Base Antártica Juan Carlos I. De los valores para el factor H que proporciona el libro, se escoge el más perjudicial de entre los meses de campaña, que corresponde con el mes de marzo y tiene un valor de 1,6 KWh/m² o 5,78 MJ/m². En la herramienta se

introduce el valor en KWh/m² ya que así se pueden calcular las HSP sin tener que aplicar ningún factor de conversión.

- **Factor de corrección atmosférica:** En el caso que se describe, este factor es claramente 1,05 ya que es una zona con baja polución y contaminación y está cerca de la costa.
- **Factor K:** Este factor se calcula a partir de la latitud de la ubicación en la que se encuentra el sistema a alimentar. Es conocido que la latitud de la isla Livingston donde se encuentra la Base Antártica Juan Carlos I es de -62,62499º por lo que, con la ayuda de la tabla de factor K que también se encuentra en la herramienta, se calcula, para el caso de inclinación óptima de los paneles solares para que este factor sea lo más elevado posible para la suma de los meses de campaña, una inclinación de 45º y un factor K resultante en el mes de menor radiación solar, que se ha comprobado mediante el factor H que es el mes de marzo, de 1,65.
- **Horas Solar Pico:** Las Horas Solar Pico van a ser el resultado de multiplicar entre sí los 3 factores descritos anteriormente. En este caso, para la ubicación descrita en el mes más perjudicial de la campaña, que es el mes de marzo, se obtienen 2,772 horas de HSP.

Una vez calculadas las HSP de la ubicación en el período de tiempo descrito en Situación y como no se dispone de equipamiento previamente, el usuario se dirige a la pestaña de Kits Energía Solar dónde, a partir de los parámetros descritos anteriormente en Situación, Cargas y Energía solar se propone un kit solar que satisface las necesidades.

Con la información introducida, se elige el Kit Solar que mejor se adapta a las necesidades:

Kit Solar B3

<https://www.monsolar.com/kit-solar-basico-salida-220v-y-consumo-bajo-b3.html>

Captura Herramienta 28. Caso práctico - Kit Solar Recomendado

Este Kit Solar se compone de un panel solar de 12V y 200W de potencia máxima, una batería AGM de 12V y 120 Ah de capacidad de carga en C100, un regulador de carga LS2024B para tensiones de 12V o 24V y 20 A de corriente soportada, la estructura para los paneles solares y el material eléctrico para interconectar los componentes y dotar de seguridad el sistema.

Cabe destacar que, aunque el consumo de los componentes se haya calculado para 24V, la energía consumida es la misma que si se calculara para 12V (ya que la potencia es una relación entre la tensión y la intensidad y ésta se mantiene, por lo que si aumenta la tensión, disminuye la intensidad). Por esta razón, si se considera utilizar un sistema a 12V y los componentes trabajan a tensiones diferentes, se necesitará un convertidor DC/DC entre las tensiones del sistema y del componente a alimentar para cada uno de los componentes. Como este convertidor no pertenece al sistema de alimentación si no al sistema a alimentar, no se tiene en consideración en los kits solares.

11.4 Alimentación con energía eólica

En este caso, se va a alimentar la carga del sistema remoto solamente con energía eólica. Para ello, el usuario se dirige a la pestaña de Energía eólica, una vez introducidos los parámetros de Situación y Cargas a alimentar.

En este apartado, se requiere que el usuario introduzca los parámetros para elegir un aerogenerador que se adapte a las necesidades.

Para elegir un aerogenerador, introducir los siguientes parámetros:	
¿Preferencia por alguna fabricante?	
Voltaje de funcionamiento	24 V

Para calcular la potencia entregada por el aerogenerador elegido, introducir los siguientes parámetros:	
Límite de Betz	0,59
Rendimiento hélice	0,85
Rendimiento multiplicador	0,98
Rendimiento alternador	0,95
Rendimiento transformador	0,98
Rendimiento típico	0,45755857
Densidad del aire	1,24 Kg/m ³
Velocidad del viento	3,05 m/s
Diámetro aspas	1,5 m
Área de la sección de las aspas	1,76714587 m ²
Potencia aerogenerador	14,2236252 W
Energía entregada diariamente por el aerogenerador	341,367006 Wh/día

Captura Herramienta 29. Caso práctico - Información Energía Eólica.

Como se puede comprobar, se introduce el voltaje al que funciona el sistema, los parámetros de rendimiento típico de un aerogenerador, la velocidad del viento y la densidad del aire en la ubicación seleccionada y el diámetro mínimo de las aspas del aerogenerador para que se obtenga una energía entregada diariamente por el aerogenerador superior a la energía requerida diariamente por la carga a alimentar.

Para calcular los parámetros de Rendimiento típico y Densidad del aire, se puede utilizar el método descrito en el apartado de energía eólica (**5 Energía Eólica**). Así como para conocer como se realiza el cálculo del área de la sección de las aspas.

De este modo, se obtienen las características mínimas que debe tener el aerogenerador para producir la energía requerida y ya se puede elegir el aerogenerador que cumpla con estas características de la base de datos.

Con la información introducida, se elige el aerogenerador que mejor se adapta a las necesidades:	
Bee 800 24	https://www.monsolar.com/pdf/aerogenerador_bee800_ficha_tecnica.pdf

Captura Herramienta 30. Caso práctico - Aerogenerador recomendado.

Así pues, este será el aerogenerador con el diámetro de aspas más pequeño que produce una energía suficiente para alimentar la carga diariamente.

11.5 Alimentación con sistema híbrido solar-eólico

Por último, se estudia el caso que se quiera alimentar la carga del sistema remoto con un híbrido de energía solar y eólica. Para ello, se deberá introducir la información para calcular las HSP en la pestaña de Energía Solar y la información para calcular la energía entregada por un aerogenerador en el apartado de Energía eólica. Los parámetros de Situación y Cargas serán las mismas para todos los métodos de alimentación.

Datos introducidos en Energía Solar	
Horas Solar Pico	2,772 HSP

Datos introducidos en Energía Eólica	
Velocidad del viento	3,05 m/s
Densidad del aire	1,24 Kg/m ³
Rendimiento típico Aerogenerador	0,4575586

Captura Herramienta 31. Caso práctico - Información sistema híbrido.

Con estos parámetros, ya introducidos en los apartados de Energía Solar y Eólica, se puede calcular la energía que producen los kits híbridos solares-eólicos.

Los kits híbridos de la herramienta se clasifican según la energía que entregan, así pues, solamente se deberá elegir un kit híbrido solar-eólico que genere más energía diaria que la energía requerida por las cargas del sistema a alimentar.

Un hecho a tener en cuenta es que los kits híbridos solares-eólicos están diseñados para ser usados de forma permanente, por lo que la instalación será también permanente.

El hecho que sean sistemas permanentes hace que la potencia entregada por estos sea mayor, por eso, es posible que el kit híbrido solar-eólico entregue más energía de la necesaria. Hay que tener en cuenta que el hecho de agregar un aerogenerador a un sistema de paneles solares no tiene como finalidad producir más energía (que también) sino generar energía en cualquier situación solar ya sea de noche o esté el día nublado.

Así pues, se elige el kit híbrido solar-eólico que cumpla con las condiciones de energía consumida por la carga.

Con la información introducida, se elige el Kit híbrido solar-eólico que mejor se adapta a las necesidades:

KIT SOLAR/EÓLICO 1300 W/DÍA

<https://www.damiasolar.com/productos/kit-energia-solar/kit-hibrido-solar-eolico-1300w-uso-diario>

Captura Herramienta 32. Caso práctico - Kit Híbrido recomendado.

Estos kits híbrido solar-eólico ya contienen todos los componentes necesarios para una instalación híbrida solar-eólica por lo que no es necesario adquirir más componentes que los incluidos en el kit.

Así pues, esta sería la solución para la alimentación de la carga del Proyecto Antártico de La Salle - Ramon Llull en caso que se quiera alimentar con un sistema híbrido solar-eólico.

Y con este apartado, se han proporcionado los componentes a adquirir por el usuario para los tres tipos de sistemas de generación de energía para alimentar el sistema remoto descrito.

12 Conclusiones

En este apartado final de la memoria, se quieren extraer las conclusiones que se han obtenido durante la realización del proyecto, así como indicar las limitaciones y los puntos fuertes y débiles del trabajo realizado. También se van a proponer unas líneas de continuación del trabajo.

En primer lugar, se van a razonar las conclusiones que se han obtenido con la realización del proyecto:

- Cada vez se requieren más sistemas de alimentación autónomos para la alimentación de sistemas remotos de bajo consumo puesto que el objetivo es automatizar estos sistemas para reducir la presencia humana en labores de mantenimiento o reparación.
- Para la alimentación autónoma, las energías renovables se sitúan a la vanguardia de la tecnología de sistemas de alimentación puesto que son una fuente de energía inacabable y reducen la huella ecológica en el planeta.
- Las energías renovables más utilizadas para alimentar este tipo de sistemas remotos de bajo consumo son la energía solar, en primer lugar, y la energía eólica, en segundo, ya que son las tecnologías más maduras y evolucionadas tecnológicamente.
- Se han estudiado los parámetros, características, tipos de componentes y cálculos de energía generada de los dos principales métodos de generación de energía renovables, como son la energía solar y la energía eólica.
- Se ha comprobado, con la búsqueda comercial realizada, que existen multitud de componentes y fabricantes en el mercado, y que es necesario cuáles son los componentes necesarios y sus parámetros principales para no adquirir componentes descatalogados o que no sean compatibles con el sistema a alimentar o entre ellos.
- En el proceso de creación de la herramienta, se ha experimentado que existen muchos factores que influyen en el momento de adquirir un equipamiento u otro y que es de gran importancia el conocimiento sobre los componentes necesarios para adquirir el sistema de alimentación correspondiente para cada sistema a alimentar y para cada situación del sistema.
- Existen distintas formas viables y posibles de alimentar un mismo sistema remoto de bajo consumo y con la adquisición del conocimiento de los distintos componentes es cuándo se adquiere la capacidad de elegir cuál es la mejor según la situación y sistema a alimentar.

Ahora se van a explicar las limitaciones, los puntos fuertes y los puntos débiles del trabajo realizado:

- Limitaciones: Las principal limitación que se ha encontrado al realizar esta herramienta ha sido la gran multitud de información encontrada referente a los métodos de generación de energía y, en concreto, la información no contrastada o errónea que se encuentra en internet y que puede confundir al usuario. Otra limitación que se ha encontrado al realizar la herramienta es la dificultad para encontrar parámetros

meteorológicos a nivel mundial que deben utilizarse para la elección de unos componentes u otros.

- Puntos fuertes: La creación de una herramienta que es modificable por el usuario y es mejorable fácilmente, hace que este sea un proyecto que no termina con la entrega del mismo sino que se convierte en una herramienta moldeable por cualquier usuario. El software utilizado para crear la herramienta (Microsoft Excel) es un software ampliamente distribuido y accesible a la gran mayoría de usuarios sin la necesidad de aprender un nuevo software de programación. Se ofrece al usuario una información sobre los sistemas de alimentación disponible actualizada, clara y concisa que permite al usuario aprender los conceptos básicos sobre sistemas de alimentación con energía renovables sin la necesidad de entender las características más técnicas de éstos.
- Puntos débiles: La gran cantidad de posibles soluciones para alimentar un mismo sistema remoto de bajo consumo hacen que la herramienta indique al usuario una sola de las opciones para elegir un componente y, aunque se ha intentado que la herramienta sea lo más concreta posible con la solución, siempre existirán otras opciones, posiblemente mejores para la alimentación del sistema, que no se han tenido en cuenta ya que requerirían un estudio más concreto de la situación y del sistema a alimentar. Al querer abarcar el máximo de casos de uso posibles, se ha perdido en profundidad en la elección de un sistema idóneo para cada caso.

13 Líneas de futuro

Una de las ventajas de esta herramienta es que ofrece la posibilidad al usuario de modificarla a su criterio y añadir más componentes de todos los tipos en función de su necesidad o experiencia. Por este motivo, una de las líneas de continuación que se ofrecen al usuario es, precisamente, que añada los componentes que considere oportunos así como que modifique los parámetros de los componentes en caso que considere que se deben modificar. Cabe destacar que en la creación de la herramienta y de las bases de datos de los componentes, se han utilizado distintas referencias y es fundamental que se citen siempre las fuentes de información de dónde se han obtenido los datos para que la siguiente persona que utilice la herramienta pueda contrastar la información con la fuente.

Ésta herramienta es mejorable, y cuenta con la ventaja que la puede mejorar el propio usuario. También es una línea de futuro el hecho que se pueda hacer la herramienta lo más moldeable posible y para conseguir el mejor rendimiento de esta, es necesario llevar al máximo la granularidad en las decisiones del usuario respecto a su sistema de alimentación.

Cuántas más variables se puedan agregar a la toma de decisiones, más se acercará a la decisión óptima para el proyecto del usuario. Para ello, es importante la labor que se hace desde sitios web tanto de organizaciones, como de agencias, como de órganos estatales para informar al usuario sobre los componentes del mercado y sus regulaciones, así como la tarea que hacen algunos sitios webs para ayudar a usuarios que se adentran en este tipo de proyectos como se ha hecho en este caso.

Por ello, sería interesante poder conseguir hacer trabajar juntos estas dos fuentes de información juntamente con el mercado de componentes y de fabricantes para poder hacer una herramienta que pudiera ayudar al usuario desde la toma de decisiones al conocimiento sobre los sistemas de alimentación y a la vez dar ofrecer un mercado competente y sano.

Por ejemplo, se podría integrar en una herramienta como la desarrollada en este TFM, un buscador de componentes donde las bases de datos fueran los propios stocks de los fabricantes o de estos negocios distribuidores o vendedores de producto. Esto permitiría que el usuario pudiera realizar todo el proceso con una misma herramienta y podría recibir el producto adquirido directamente al mejor precio en su propia casa.

Claramente, en este TFM no se ha podido llegar a ese nivel de detalle o de servicio para el usuario, por lo que se ha comentado en el apartado de conclusiones, y es que existe un mercado muy amplio de productos relacionados con este tipo de sistemas de alimentación solamente en España, algo que, si uno mira en el mercado internacional, no puede llegar a abarcar. Por eso, sería interesante hacer un trabajo conjunto con organizaciones estatales, negocios de distribución y fabricantes de productos para poder acercar al usuario el producto que ha adquirido con la ayuda de esta herramienta.

14 Referencias

- [1] Página web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET): <http://www.aemet.es/es/portada>
- [2] Servicio de información meteorológica mundial: <http://wwis.aemet.es/es/home.html>
- [3] Trabajo Final de Grado “Soluciones energéticas para sistemas remotos y aislados de consumo bajo o moderado” de Laura Salillas Albareda para la Universidad La Salle – Ramón Llull.
- [4] Rodríguez, M. (7 de marzo de 2017). Revista digital: ¿Qué son las pilas de combustible? Recuperado de: <https://revistadigital.inesem.es/gestionintegrada/pilas-combustible/>
- [5] Documento “CURSO BÁSICO ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA” de Monsolar.com recuperado de: <https://www.monsolar.com/curso-energia-solar-fotovoltaica-nivel-basico.html>
- [6] Grupo Elektra. (29 de octubre de 2014). ¿Qué son las HSP?. Recuperado de: <http://www.grupoelektra.es/blog/wp-content/uploads/2014/10/como-somos-losdelektra-que-son-las-HSP.pdf>
- [7] Página web <http://www.opensolardb.org/db/extractcopypaste> con copyright “OpenSolarDB 2010 – 2013”
- [8] Tabla de Factor K, recuperado de: <https://renovablesconsaburum.files.wordpress.com/2015/12/tablas-factor-correccion-k.pdf>
- [9] Información sobre instalaciones eólicas. Recuperado de: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/instalacion-hibrida-solar-y-eolica-me-conviene_1
- [10] Gráfico obtenido de la página web de Merkasol, recuperado de: https://www.merkasol.com/WebRoot/StoreLES/Shops/62387086/4CE0/468B/B344/67C3/F088/COA8/29BB/F163/Manual_completo_Bornay_Aerogeneradores.pdf
- [11] Página web con herramienta para calcular la densidad del aire. Recuperado de: http://www.dolzgnos.com.ar/htm/densidad_del_aire.html
- [12] Página web con información sobre los distintos tipos e kits híbrido de energía solar-eólica. Recuperado de: <https://www.damiasolar.com/productos/aerogeneradores-110>
- [13] Información sobre las etapas de carga de una batería. Recuperado de: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/etapas-de-carga-de-una-bateria>
- [14] Imagen sobre esquema de instalación con regulador, paneles solares FV y baterías. Recuperado de: https://www.monsolar.com/blog/wp-content/uploads/2015/11/que_es_regulador_solar.jpg
- [15] Soporte para aerogeneradores en formato torre cuatripata autosoportada. Recuperado de: <http://solarmat.es/es/Aerogeneradores/Torres-aerogeneradores>
- [16] Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión o REBT. Recuperado de: http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx
- [17] Página web de Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía. Recuperado de: <http://www.idae.es>
- [18] Página web de la Agencia Valenciana de la Energía. Recuperado de: <http://gcee.aven.es>

- [19] Tutoriales y blogs con información para la programación de la herramienta en Microsoft Excel. Recuperado de: <https://www.thesmallman.com/blog/2016/9/15/advanced-filter-a-list-automatically>
- [20] Tutoriales y blogs con información para la programación de la herramienta en Microsoft Excel. Recuperado de: <https://www.goskills.com/Excel/Articles/Excel-VBA-advanced-filter>
- [21] Tutoriales y blogs con información para la programación de la herramienta en Microsoft Excel. Recuperado de: <https://support.office.com/en-us/article/show-or-hide-gridlines-on-a-worksheet-3ef5aacb-4539-4ad5-9945-5ed53772dc4d>
- [22] Artículo de Quintana, P. (17 de noviembre de 2015). “20 años del Observatorio del Ebro-URL en la Antártida” Recuperado de: <https://www.url.edu/es/sala-de-prensa/20-anos-del-observatorio-del-ebro-url-en-la-antartida>
- [23] Artículo “World Solar PV Energy Potential Maps” [Noviembre, 2016] mapa creado por SolarGIS © 2016 Solargis recuperado de: <https://britishbusinessenergy.co.uk/world-solar-map/>
- [24] Mapa de velocidad del viento mundial. Recuperado de: <https://globalwindatlas.info/>
- [25] Híbridos y eléctricos. Partes de la pila de combustible. Recuperado de: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/toyota-hidrogeno-y-circunstancias/20151023113435010093.html>
- [26] Almarza, J. (enero del 2010). Diseño y Fabricación de una Pila de Combustible de Hidrógeno de Baja Potencia. (Proyecto de fin de carrera). UPC - Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa, Cataluña, España. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8939/Memoria.pdf>
- [27] Blog Paneles solares fotovoltaicos monocristalinos o policristalinos. ¿Sabemos cuál comprar?” de Raul Prieto Moreno. Recuperado de: <https://energias-renovables-y-limpias.blogspot.com/2013/04/que-panel-comprar-monocristalino-o-policristalino.html>
- [28] Página Web sobre energía solar, Modern Solar 201. Recuperado de: <http://modernsolar.org/solar-power/>
- [29] Página web sobre energía solar, RevoSolar shop. Recuperado de: <http://www.revosolar.com/tienda-online-solar/es/kits-fotovoltaicas-aisladas/713-kit-solar-10-kw-aislada.html>
- [30] Página web sobre energía solar, Monsolar.com. Recuperado de: <https://www.monsolar.com/fotovoltaica-aislada/kits-solares-vivienda-aislada.html>
- [31] Página web Cabildo de Lanzarote, Área de Energía y Tecnología. Recuperado de: http://www.minieolicadelanzarote.com/tecnologia_componentes.php
- [32] Página web del departamento de Energía de Estados Unidos. Recuperado de: <https://www.energy.gov/energysaver/buying-and-making-electricity/hybrid-wind-and-solar-electric-systems>
- [33] Blog sobre ciencia, tecnología y fotografía teleobjetivo.org. Recuperado de: <https://www.teleobjetivo.org/blog/generador-eolicosolar-portatil.html>
- [34] Página web sobre sistemas híbrido y electrónicos. Noticia “Toyota, el hidrógeno y sus circunstancias” [23 OCTUBRE 2015]. Recuperado de: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/toyota-hidrogeno-y-circunstancias/20151023113435010093.html>

- [35] Artículo “Study of 1.26 kw - 24 VDC Proton Exchange Membrane Fuel Cell's (PEMFC'S) Parameters Output Behaviour : Composition & Temperature.” de Md. Siddikur Rahman, Shuva Paul, Ridown Rashid Riadh [Septiembre 2015]. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/282775099_Study_of_126_kw_-_24_VDC_Proton_Exchange_Membrane_Fuel_Cell's_PEMFC'S_Parameters_Output_Behaviour_Composition_Temperature
- [36] Noticia “Ecuación en baterías solares OPzS y ROPzS.” [20 octubre, 2015] por Emilio Oliver. Recuperado de: <http://solemesl.com/ecualizacion-en-baterias-para-solar-opzs-y-ropzs/>
- [37] Página Web de Tesla, sección de baterías solares. Recuperado de: https://www.tesla.com/es_ES/powerwall