



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo:

Análisis de sistemas aislados basados en fuentes  
renovables

English tittle:

Analysis of stand-alone off-grid renewable systems

Autor/es

Lorena Duque Torrecilla

Director/es

Rodolfo Dufo López



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. LORENA DUQUE TORRECILLA

con nº de DNI 16638777W en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
GRADO, (Título del Trabajo)

ANÁLISIS DE SISTEMAS AISLADOS BASADOS EN FUENTES RENOVABLES

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, 17 SEPTIEMBRE 2018

Fdo: \_\_\_\_\_

# Análisis de sistemas aislados basados es fuentes renovables

## Resumen

Este proyecto pretende evaluar distintas alternativas de suministro eléctrico a sistemas aislados de la red; concretamente a una granja ovina, una casa doméstica, un refugio de montaña y una casa de bajo consumo destinada al turismo.

A partir de los datos de irradiación, viento y consumos eléctricos, se pretende llegar a la solución óptima para cada tipo de sistema, evaluando los distintos casos en diferentes localidades geográficas de España.

Al tratarse de sistemas aislados, el abastecimiento energético de los mismos podrá realizarse utilizando la energía eólica, solar, grupo electrógeno y almacenamiento en las baterías.

Para ello, en primer lugar, se realiza una búsqueda de información acerca de los consumos energéticos de las instalaciones; además de datos de irradiación solar de distintas bases de datos, comparándolos.

En segundo lugar, se lleva a cabo el dimensionado del sistema fotovoltaico-baterías mediante hoja de cálculo Excel, utilizando el método del mes peor.

Posteriormente, mediante el software iHOGA, se lleva a cabo la simulación y optimización de los sistemas basados en fuentes renovables (sistemas fotovoltaicos, eólicos o diésel con baterías y sistemas híbridos). La optimización se efectúa atendiendo a la minimización de los costes totales del sistema a lo largo de su vida útil, actualizados al momento inicial de la inversión (VAN).

En último lugar, se realiza un análisis de sensibilidad a la vivienda doméstica y granja ovina, situadas en Zaragoza, sobre variables que pueden influir en un cambio del resultado final, como la variación del viento, el interés de mercado, la inflación del combustible y el precio de los componentes.

## **Tabla de contenidos**

1.	Introducción .....	1
2.	Obtención de datos .....	3
2.1.	Ubicación.....	3
2.2.	Irradiación solar.....	4
2.3.	Viento .....	6
2.4.	Consumo eléctrico.....	7
2.4.1.	Vivienda doméstica .....	7
2.4.2.	Granja ovina .....	8
2.4.3.	Casa turística de bajo consumo.....	10
2.4.4.	Refugio de montaña .....	11
3.	Dimensionado de sistemas fotovoltaico-baterías autónomos .....	12
3.1.	Dimensionado del número de paneles fotovoltaicos .....	13
3.1.1.	Número de paneles en serie .....	13
3.1.2.	Número de paneles totales .....	13
3.2.	Dimensionado de las baterías .....	14
3.3.	Dimensionado del regulador .....	15
3.4.	Dimensionado del inversor. ....	16
3.5.	Sección y longitud de cables .....	16
4.	Alternativas propuestas. Casos de estudio .....	18
4.1.	Aspectos a tener en cuenta:.....	18
4.1.1.	Datos generales.....	18
4.1.2.	Componentes .....	18
4.1.3.	Casos de estudio.....	19
5.	Análisis de sensibilidad.....	31
5.1.	Variación del viento.....	31
5.2.	Inflación del combustible .....	32
5.3.	Variación del interés de mercado .....	33
5.4.	Variación del precio de los componentes .....	33
6.	Conclusiones.....	34
	Bibliografía .....	35
	Anexos .....	37
	Anexo 1. Comparativa de los datos de irradiación solar sobre superficie horizontal.....	37
	Anexo 2. Cálculo del consumo eléctrico de una granja ovina.....	39
	Anexo 3. Cálculo del consumo eléctrico de una casa turística de bajo consumo .....	43
	Anexo 4. Cálculo del consumo eléctrico del refugio de montaña de Respumoso.....	46

Anexo 5. Dimensionado de sistemas fotovoltaicos-baterías en hoja Excel .....	48
A.5.1. Dimensionado del número de paneles fotovoltaicos .....	48
A.5.2. Cálculo de la sección de cable.....	54
Anexo 6. Ficha técnica del panel SCL 260-P1 .....	57
Anexo 7. Especificaciones del cable e inversor seleccionados para el dimensionado.....	58
Anexo 8. Componentes- Estudio iHOGA .....	60
Anexo 9. Resultados obtenidos en el estudio mediante IHOGA.....	63

## 1. Introducción

El objetivo de este proyecto es el estudio de distintas alternativas de suministro eléctrico a cuatro sistemas alejados de la red eléctrica (vivienda doméstica, granja ovina, vivienda rural destinada al turismo y un refugio de montaña), situados en diferentes localidades de la península.

A partir de los datos de consumo eléctrico de cada sistema, y de los valores medios de irradiación y viento, se obtendrá el sistema óptimo en cada localización.

Se propone la posibilidad de abastecimiento energético mediante sistemas fotovoltaicos, eólicos o diésel con baterías y sistemas híbridos, para proporcionar la energía anual demandada.

El sistema óptimo (más económico) que cumpla con los requisitos energéticos de los diferentes sistemas, podrá estar formado por los siguientes elementos:

- Paneles fotovoltaicos
- Aerogenerador
- Generador diésel o gasolina
- Baterías
- Regulador
- Inversor



Figura 1. Sistema fotovoltaico-baterías. Fuente propia

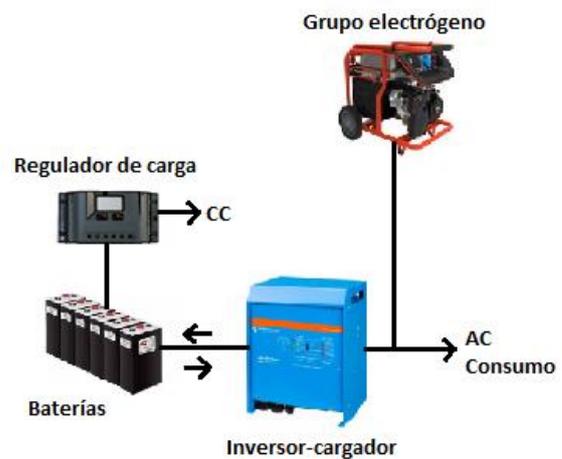


Figura 2. Sistema diésel-baterías. Fuente propia



Figura 3. Sistema eólico-baterías. Fuente propia

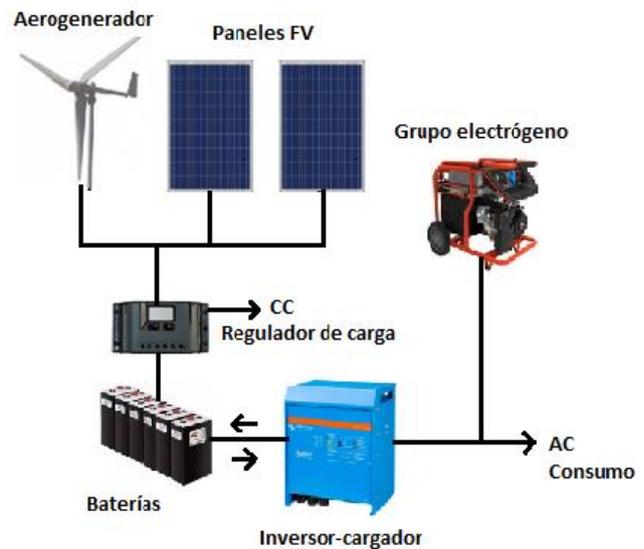


Figura 4. Sistema híbrido. Fuente propia

Por otro lado, un aspecto muy importante va a ser el cálculo de la vida útil de las baterías, ya que ésta influye en los costes de reposición de las mismas, y por tanto, en el coste total del sistema. Por este motivo se va a elegir el modelo Schiffer [1], modelo mucho más preciso que el modelo Ah [2], KiBaM [3] o Coppeti [4][5], ya que tiene en cuenta el envejecimiento de las baterías por degradación y corrosión. Este modelo dará resultados muy similares a los reales, a diferencia del resto de modelos que predicen en algunos casos una duración de baterías del orden de 2 o 3 veces superior a la duración real.

Para la consecución del objetivo del proyecto, se realizarán los siguientes pasos:

- Búsqueda de información de consumos eléctricos y datos de irradiación de distintas bases de datos.
- Predimensionado del sistema fotovoltaico-baterías de las distintas instalaciones y localizaciones mediante el método del mes peor (dimensionado del número de paneles fotovoltaicos, baterías, regulador, inversor y cálculo de la sección de cable).
- Optimización de los distintos sistemas aislados mediante el software iHOGA.
- Obtención de conclusiones acerca del tipo de sistema óptimo en función del consumo y la localización.
- Análisis de sensibilidad variando los parámetros que más afecten, como la variación del viento, el interés de mercado, la inflación del combustible y la variación del precio de los paneles fotovoltaicos, aerogeneradores y baterías.



## 2.2. Irradiación solar

Los datos de irradiación solar media diaria son indispensables para un correcto cálculo de la energía producida por los paneles fotovoltaicos. Es por ello que se ha otorgado gran importancia a este apartado, realizando una comparativa de dichos datos obtenidos a través de tres bases de datos diferentes (ADRASE [6], PVGIS [7] Y NASA [8]) para una superficie horizontal (Anexo 1).

	Irrad. media Gran Canaria kWh/m <sup>2</sup>	Irrad. media Almería kWh/m <sup>2</sup>	Irrad. media Cáceres kWh/m <sup>2</sup>	Irrad. media Madrid kWh/m <sup>2</sup>	Irrad. media Zaragoza kWh/m <sup>2</sup>	Irrad. media A Coruña kWh/m <sup>2</sup>	Irrad. media Gijón kWh/m <sup>2</sup>	Media kWh/m <sup>2</sup>
<b>ADRASE</b>	5,83	5,36	5,02	4,9	4,77	3,78	3,68	4,76
<b>PVGIS</b>	5,77	5,09	4,91	4,7	4,72	3,77	3,61	4,65
<b>NASA</b>	6,19	5,06	4,71	4,4	4,24	3,89	3,37	4,55
<b>Optimista</b>	NASA	ADRASE	ADRASE	ADRASE	ADRASE	NASA	ADRASE	ADRASE
<b>Pesimista</b>	PVGIS	NASA	NASA	NASA	NASA	PVGIS	NASA	NASA

Tabla 2. Comparativa irradiación solar sobre superficie horizontal. Fuente propia

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que, entre las tres bases de datos empleadas para la búsqueda de la irradiación solar, es la plataforma ADRASE la que proporciona estos datos de una manera más optimista, mientras que es la NASA la que lo hace de forma más pesimista.

Como se puede observar, el valor de la radiación solar depende de la latitud, pues ésta hace que varíe el ángulo de incidencia; también de la duración del periodo de luz, así como del número de horas de sol. En España los valores más elevados de radiación se producen en la mitad sur de la Península, con máximos en el Sureste, debido al elevado número de horas de sol. Los máximos de España se dan, no obstante, en Canarias, donde coinciden una latitud subtropical y un elevado número de horas de sol.

Una vez realizada esta comparativa, es necesario conocer la irradiación solar sobre la superficie inclinada de los paneles fotovoltaicos tanto para el análisis del suministro eléctrico mediante iHOGA [9], como para el dimensionado del sistema fotovoltaico a través de la hoja de cálculo Excel.

La inclinación de los paneles fotovoltaicos se elegirá con el fin de maximizar la producción anual de electricidad además de cubrir el consumo al máximo. En el caso de estudio de la casa doméstica se ha elegido una inclinación de paneles de 60° exceptuando Gran Canaria 45° y 15°, ya que al tener un consumo constante a lo largo del año se suele ajustar la inclinación para favorecer la captación en invierno. Sin embargo, para el resto de los sistemas aislados, se va a comprobar mediante el dimensionado del sistema fotovoltaico en Excel qué inclinación de panel interesa más (60° exceptuando Gran Canaria con 45°, o 30° exceptuando Gran Canaria con 15°).

En el dimensionado fotovoltaico mediante Excel, se va a emplear PVGIS para la obtención de la irradiación sobre superficie inclinada; mientras que para el análisis realizado en iHOGA, es el propio programa quien descarga los datos de irradiación que proporciona la NASA a partir de las coordenadas geográficas de la localidad a estudiar, el azimut y la inclinación de los paneles fotovoltaicos.

Por otro lado, como los paneles fotovoltaicos son más productivos cuando los rayos de sol son perpendiculares a su superficie, la mejor orientación es directamente hacia el sur (ángulo de azimut=0°).

**a. Irradiación sobre superficie inclinada calculada mediante PVGIS**

Mes	Gran Canaria kWh/m <sup>2</sup>	Almería kWh/m <sup>2</sup>	Cáceres kWh/m <sup>2</sup>	Madrid kWh/m <sup>2</sup>	Zaragoza kWh/m <sup>2</sup>	A Coruña kWh/m <sup>2</sup>	Gijón kWh/m <sup>2</sup>
Enero	5,09	4,8	3,99	3,77	3,89	2,42	3,04
Febrero	5,26	5,49	5,21	4,8	5,35	3,62	3,9
Marzo	6,03	6,05	5,75	5,48	6,2	4,72	4,86
Abril	5,58	5,56	5,33	5,11	5,41	4,51	4,6
Mayo	5,58	5,2	5,22	5,03	5,39	4,41	4,31
Junio	5,68	5,18	5,34	5,28	5,37	4,52	4,27
Julio	6,08	5,35	5,79	5,82	5,75	4,71	4,46
Agosto	6,41	5,69	6,1	6,08	5,94	5,07	4,84
Septiembre	5,95	5,76	6,05	5,82	6,01	5,32	5,21
Octubre	5,47	5,6	5,49	5,09	5,43	4,03	4,39
Noviembre	4,85	5,02	4,51	4,12	4,4	2,79	3,06
Diciembre	4,48	4,55	3,9	3,7	3,63	2,63	3,1
Media	5,54	5,35	5,22	5,01	5,23	4,06	4,17

Tabla 3. Irradiación solar para inclinación de paneles 60°, exceptuando Gran Canaria con 45°. Fuente propia

Mes	Gran Canaria kWh/m <sup>2</sup>	Almería kWh/m <sup>2</sup>	Cáceres kWh/m <sup>2</sup>	Madrid kWh/m <sup>2</sup>	Zaragoza kWh/m <sup>2</sup>	A Coruña kWh/m <sup>2</sup>	Gijón kWh/m <sup>2</sup>
Enero	4,26	4,19	3,44	3,24	3,3	2,13	2,6
Febrero	4,75	5,13	4,76	4,39	4,8	3,33	3,56
Marzo	6,01	6,29	5,87	5,57	6,2	4,75	4,87
Abril	6,18	6,51	6,12	5,83	6,1	5,05	5,14
Mayo	6,8	6,77	6,65	6,33	6,74	5,38	5,26
Junio	7,38	7,22	7,26	7,05	7,09	5,75	5,44
Julio	7,75	7,26	7,78	7,7	7,47	5,91	5,59
Agosto	7,43	6,98	7,38	7,26	7,01	5,88	5,61
Septiembre	6,14	6,25	6,42	6,14	6,28	5,51	5,39
Octubre	5,12	5,45	5,22	4,85	5,09	3,83	4,13
Noviembre	4,18	4,46	3,94	3,62	3,78	2,49	2,69
Diciembre	3,71	3,91	3,29	3,11	3,01	2,22	2,57
Media	5,81	5,87	5,68	5,42	5,57	4,35	4,40

Tabla 4. Irradiación solar para inclinación de paneles 30°, exceptuando Gran Canaria con 15°. Fuente propia.

## b. Irradiación sobre superficie inclinada calculada mediante iHOGA

Mes	Gran Canaria kWh/m <sup>2</sup>	Almería kWh/m <sup>2</sup>	Cáceres kWh/m <sup>2</sup>	Madrid kWh/m <sup>2</sup>	Zaragoza kWh/m <sup>2</sup>	A Coruña kWh/m <sup>2</sup>	Gijón kWh/m <sup>2</sup>
Enero	6,76	5,08	4,12	3,57	3,47	2,35	2,34
Febrero	7,27	5,59	4,93	4,59	5,04	3,27	3,02
Marzo	7,29	5,74	5,44	5,24	5,49	4,31	3,83
Abril	6,76	5,52	5,08	4,76	4,95	4,72	3,91
Mayo	5,96	4,9	4,85	4,6	4,7	4,74	3,96
Junio	5,61	4,88	5,07	4,89	4,75	4,72	4,01
Julio	5,73	5,14	5,45	5,18	5,01	4,84	4,17
Agosto	6,37	5,57	5,82	5,51	5,11	5,13	4,19
Septiembre	6,94	5,86	5,78	5,47	5,09	5,01	4,13
Octubre	7,1	5,54	4,62	4,3	4,25	3,74	3
Noviembre	6,83	5,04	3,94	3,45	3,5	2,61	2,25
Diciembre	6,56	4,63	3,43	2,99	2,88	2,08	1,99
Media	6,59	5,29	4,88	4,54	4,52	3,96	3,4

Tabla 5. Irradiación solar para inclinación de paneles 60°, exceptuando Gran Canaria con 45°. Fuente propia

Mes	Gran Canaria kWh/m <sup>2</sup>	Almería kWh/m <sup>2</sup>	Cáceres kWh/m <sup>2</sup>	Madrid kWh/m <sup>2</sup>	Zaragoza kWh/m <sup>2</sup>	A Coruña kWh/m <sup>2</sup>	Gijón kWh/m <sup>2</sup>
Enero	5,26	4,4	3,58	3,14	3,02	2,13	2,12
Febrero	6,22	5,17	4,55	4,24	4,55	3,1	2,9
Marzo	7,11	5,96	5,58	5,36	5,53	4,41	3,98
Abril	7,63	6,55	5,9	5,49	5,66	5,35	4,45
Mayo	7,63	6,53	6,28	5,85	5,91	5,87	4,82
Junio	7,65	6,94	7,02	6,62	6,31	6,13	5,04
Julio	7,59	7,15	7,39	6,89	6,53	6,16	5,19
Agosto	7,56	6,96	7,1	6,64	6,09	6,02	4,9
Septiembre	7,14	6,38	6,17	5,83	5,4	5,26	4,42
Octubre	6,34	5,33	4,45	4,16	4,07	3,61	2,99
Noviembre	5,45	4,46	3,53	3,12	3,12	2,38	2,1
Diciembre	4,99	3,96	2,97	2,62	2,49	1,86	1,8
Media	6,72	5,82	5,38	5	4,89	4,36	3,73

Tabla 6. Irradiación solar para inclinación de paneles 30°, exceptuando Gran Canaria con 15°. Fuente propia

### 2.3. Viento

Al igual que en el caso de la irradiación, a través de iHOGA se pueden importar los datos medios mensuales de la web de la NASA junto con el parámetro de forma Weibul, indicando previamente las coordenadas geográficas de la localidad a estudiar.

Se han descargado los datos de viento para una altura de 10 m y con una rugosidad de clase 1,5 (terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 m de altura con una distancia aproximada de 1.250 m).

Una vez obtenidos los datos medios mensuales se calculan los valores horarios a partir del parámetro de forma (b) y el factor de correlación según el método expuesto en [9].

Localidades	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Factor de forma (b)	3,1	2,2	2,8	2,4	2,1	2,3	2,3
Factor de correlación	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82

Tabla 7. Factor de forma y correlación. Fuente propia

	Gran Canaria (m/s)	Almería (m/s)	Cáceres (m/s)	Madrid (m/s)	Zaragoza (m/s)	A Coruña (m/s)	Gijón (m/s)
Enero	4,92	3,66	2,69	2,64	3,27	2,66	4,52
Febrero	5,02	3,83	2,71	2,79	3,48	2,61	4,41
Marzo	5,06	3,91	2,78	2,87	3,36	2,57	4,12
Abril	5,3	3,83	2,87	2,9	3,44	2,49	4,06
Mayo	4,95	3,62	2,7	2,64	3,08	2,23	3,35
Junio	5,48	3,47	2,71	2,56	2,97	2,13	3,23
Julio	6,48	3,3	2,74	2,57	2,94	2,12	3,28
Agosto	6,01	3,18	2,63	2,55	2,74	2,1	3,22
Septiembre	4,83	3,39	2,47	2,47	2,74	2,14	3,56
Octubre	4,34	3,46	2,73	2,65	2,88	2,36	3,81
Noviembre	4,65	3,63	2,82	2,79	3,29	2,53	4,4
Diciembre	4,81	3,63	2,81	2,65	3,18	2,62	4,53
Media anual (m/s)	5,15	3,58	2,72	2,67	3,11	2,38	3,87

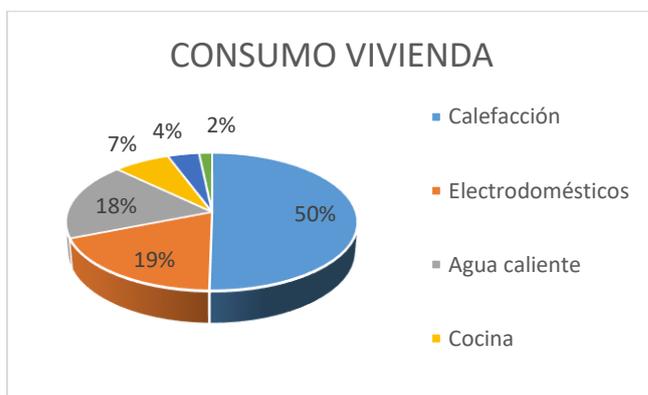
Tabla 8. Velocidades medias del viento. Fuente propia

## 2.4. Consumo eléctrico

### 2.4.1. Vivienda doméstica

En un hogar español, afirma la OCU, se consume anualmente una media de 9.922 kWh [10]; teniendo en cuenta que las viviendas unifamiliares consumen más que los pisos y bloques de viviendas, y que el consumo aumenta en las zonas frías continentales y disminuye en las atlánticas y mediterráneas.

El principal gasto es la calefacción, seguido de los electrodomésticos, el agua caliente, la cocina y la iluminación [10].



Consumo	kWh/año
Calefacción	5.172
Electrodomésticos	1.924
Agua caliente	1.877
Cocina	737
Iluminación	410
Aire acondicionado	170

Figura 6. Gasto energético de una vivienda. Fuente propia

Para este proyecto únicamente se van a tener en cuenta los consumos eléctricos de los electrodomésticos y la iluminación, ya que para el agua caliente y la calefacción se ha optado por una caldera de gas, así como la cocina que será de gas butano. Además, tratándose de una vivienda aislada, no se valorará la posibilidad de tener aire acondicionado con el fin de consumir lo menos posible; por lo tanto, el consumo anual de la casa doméstica a estudiar será de:

$$\text{Consumo eléctrico vivienda} = \text{consumo}_{\text{electrodomésticos}} + \text{consumo}_{\text{iluminación}} = 2.334 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = 6,39 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}. \quad [\text{Ec. 1}]$$

Por defecto, el programa iHOGA incorpora la demanda de una vivienda de bajo consumo (3,63 kWh/día). Como el consumo eléctrico de la vivienda es de 6,39 kWh/día, se va a usar un factor de escala de 1,76 para todos los días de la semana. El perfil de consumo medio diario de la vivienda se muestra en la Figura 7.

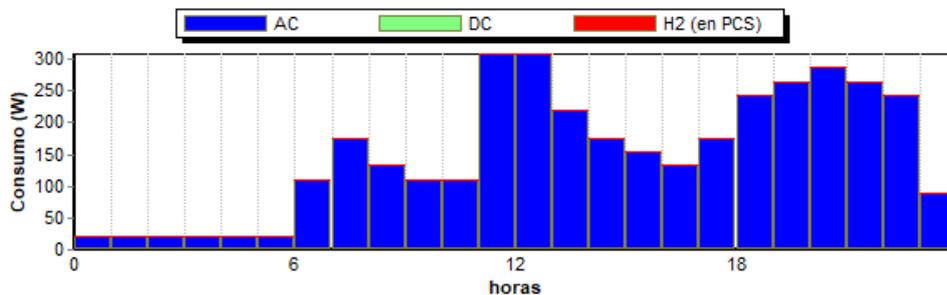


Figura 7. Perfil de consumo medio diario de una vivienda. Fuente: iHOGA

#### 2.4.2. Granja ovina

El cálculo del consumo eléctrico de este sistema aislado se ha realizado en base a datos proporcionados por un proyecto dirigido por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Pública de Navarra [11].

Esta instalación se va a encargar tanto del cuidado del ganado ovino como de la producción de productos lácteos.

Para la realización de ambas tareas, estas instalaciones normalmente están divididas en dos zonas:

- **Zona de quesería** formada a su vez por la sala de cuajo y prensado, sala de salado, cámara de maduración, sala de envasado y el almacén.
- **Zona de granja** formada por el corral, la sala de ordeño y la sala de enfriamiento.

Para un correcto análisis de la demanda energética es necesario una distinción entre los meses de producción y no producción de queso.

- **Meses de producción:** únicamente marzo, abril, mayo y junio.
- **Meses de no producción** dedicados al cuidado del ganado y almacén: enero, febrero, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Una vez diferenciadas las dos zonas de trabajo, así como los espacios de los que constan, se realiza el cálculo del consumo eléctrico teniendo en cuenta las cargas y el tiempo de funcionamiento de las mismas (iluminación, tanque frigorífico para almacenaje de leche [12] [13], cinta de alimentación, máquina de ordeño [13], cámara de refrigeración [14], bomba de transporte, cuba de cuajar [15], motor de salmuera y envasadora). El cálculo del consumo eléctrico medio diario y la tabla horaria se encuentran desarrollados en el Anexo 2.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
kWh/día	74,8	74,8	132,55	132,55	132,55	132,55	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8

Tabla 9. Consumo medio diario (kWh/día) de una granja ovina. Fuente propia



Figura 8. Perfil de consumo medio diario de una granja ovina en los meses de no producción. Fuente propia.

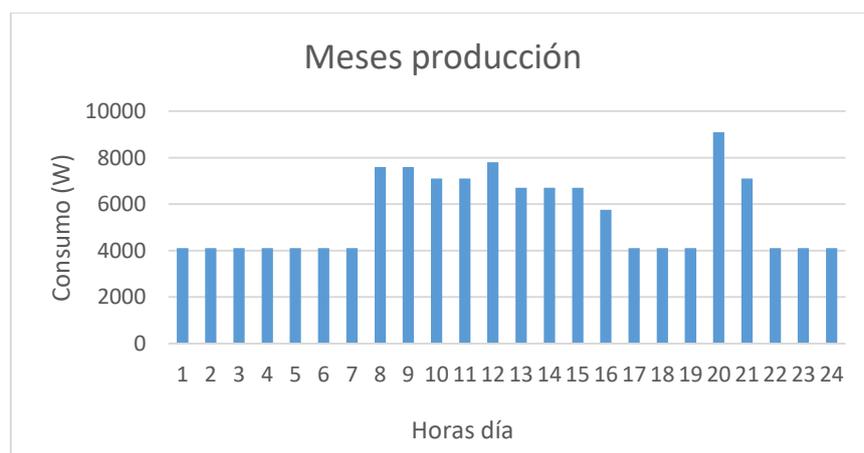


Figura 9. Perfil de consumo medio diario de una granja ovina en los meses de producción. Fuente propia.

Como se puede observar, las horas de mayor consumo en los meses de no producción corresponden a aquellas donde se realizan las labores de alimentación del ganado con una potencia pico de 5.200 W. Sin embargo, en los meses de producción la hora correspondiente al pico de consumo eléctrico tiene lugar entre las 19:00h-20:00 h (9.100 W), en la que se desempeñan las siguientes actividades: iluminación de granja y quesería, tanque frigorífico para almacenaje de leche, cámara de refrigeración, cinta de alimentación, máquina de ordeño y motor de salmuera.

### 2.4.3. Casa turística de bajo consumo

Para realizar el estudio del consumo eléctrico de esta instalación se va a considerar como modelo tipo una casa histórica con fines turísticos de bajo consumo, formada por 6 habitaciones, comedor, cocina, 3 baños, un recibidor, un pasillo y una escalera.

Para el cálculo de los consumos de la instalación se van a tener en cuenta las cargas en AC de iluminación y de los siguientes equipos: cadena musical, televisión, microondas, lavavajillas, tostadora, secador y lámparas (la cocina y nevera, al igual que ocurría con el caso de vivienda doméstica, serán de gas butano). Los datos de potencia de los distintos equipos han sido extraídos de [16]. Con todo ello, queda un consumo diario de:

$$E = E_{iluminación} + E_{equipos} = 627 \text{ Wh/día} + 5.698,2 \text{ Wh/día} = 6.325,2 \text{ Wh/día} \quad [\text{Ec. 2}]$$

Al tratarse de una casa destinada al turismo rural, va a tener demandas distintas en función de los festivos. Por este motivo, se va a estimar la demanda mensual y diaria en función de los posibles días ocupados, así como su factor de ocupación (0,6 para todos los meses del año).

Meses	Días	Días posibles ocupación	Factor ocupación	Demanda energética kWh
Enero	31	17	0,6	64,52
Febrero	28	13	0,6	49,33
Marzo	31	20	0,6	75,9
Abril	30	20	0,6	75,9
Mayo	31	13	0,6	49,33
Junio	30	13	0,6	49,33
Julio	31	21	0,6	79,7
Agosto	31	28	0,6	106,26
Septiembre	30	21	0,6	79,7
Octubre	31	13	0,6	49,33
Noviembre	30	13	0,6	49,33
Diciembre	31	17	0,6	64,52

Tabla 10. Demanda energética mensual de una vivienda turística de bajo consumo. Fuente propia

Observando la Tabla 10, se aprecian las demandas energéticas dependiendo de la estación, siendo las más elevadas las correspondientes a la temporada alta (julio, agosto y septiembre) y Semana Santa.

Se va a intentar equilibrar estas demandas sumando a los consumos de cada mes ya calculados unos adicionales correspondientes a lavado, secado y planchado (exceptuando el mes de agosto), con un total de 43,2 kWh/mes. La demanda energética mensual y diaria quedan detalladas en la Tabla 11, así como el perfil de consumo energético diario en la Figura 10. Todos los cálculos necesarios para el desarrollo de este apartado se encuentran en el Anexo 3.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
kWh/mes	107,72	92,53	119,1	119,1	92,53	92,53	122,9	106,26	122,9	92,53	92,53	107,72
kWh/día	3,47	3,3	3,84	3,97	2,98	3,08	3,96	3,43	4,1	2,98	3,08	3,47

Tabla 11. Demanda energética mensual y diaria de la casa turística. Fuente propia

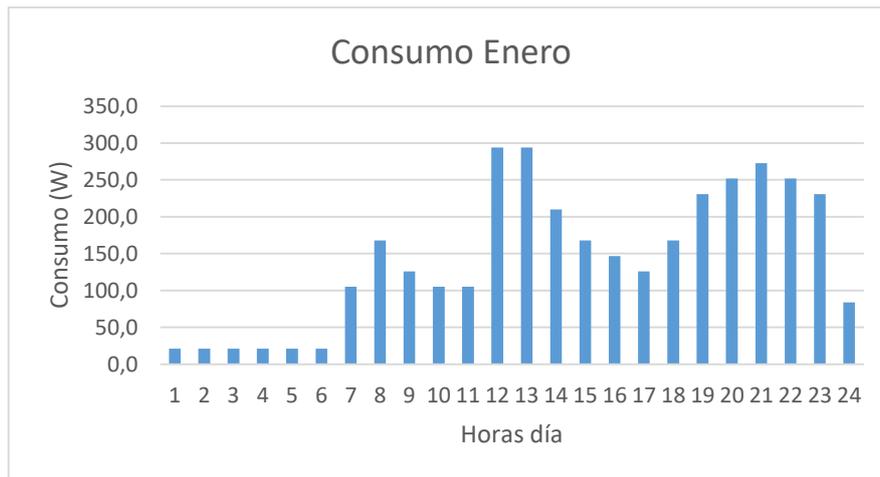


Figura 10. Perfil de consumo medio diario de enero de una casa de bajo consumo destinada al turismo. Fuente propia.

El perfil de consumo diario se ha calculado en base al perfil de consumo de una vivienda doméstica proporcionado por el programa iHOGA.

#### 2.4.4. Refugio de montaña

El refugio de montaña a estudiar va a ser el refugio de Respumoso (Pirineo Oscense), el cual está abierto todo el año y puede albergar hasta 80 personas. Consta de varias habitaciones con baño independiente, un pequeño bar, un salón y una cocina.

Gracias a los datos suministrados por el refugio, se ha obtenido la curva de demanda de energía eléctrica en temporada baja y temporada alta, siendo la demanda energética diaria en temporada baja de 36,98 kWh/día y el doble en temporada alta (Anexo 4).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
kWh/día	36,98	36,98	36,98	36,98	36,98	73,96	73,96	73,96	73,96	36,98	36,98	36,98

Tabla 12. Demanda energética diaria (kWh/día) de un refugio de montaña. Fuente propia.



Figura 11. Consumo medio diario de un refugio de montaña en temporada alta. Fuente propia.

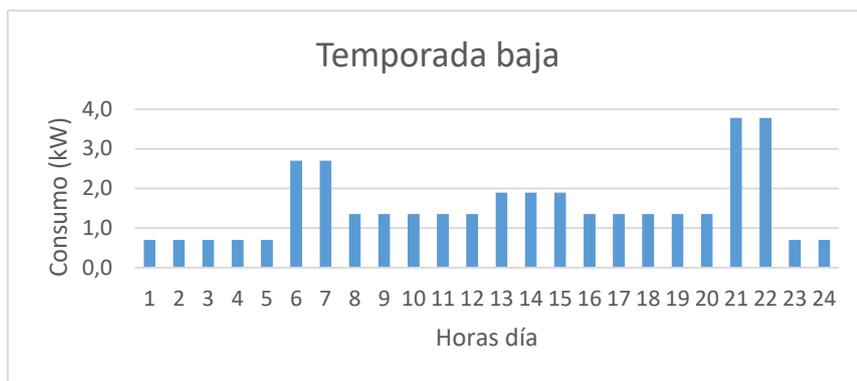


Figura 12. Consumo medio diario de un refugio de montaña en temporada baja. Fuente propia.

### 3. Dimensionado de sistemas fotovoltaico-baterías autónomos

Previo al dimensionado de los sistemas fotovoltaicos, eólicos o diésel con baterías y sistemas híbridos de los cuatro casos a estudiar mediante iHOGA, se va a realizar el dimensionado del sistema fotovoltaico-baterías mediante hoja de cálculo Excel.

Este dimensionado es importante realizarlo ya que España es uno de los países de Europa con más horas de sol, además de ser los sistemas fotovoltaicos aislados los sistemas de generación eléctrica más comunes incluso en zonas donde el acceso a la energía eléctrica convencional es posible. Este proceso servirá para hacer una evaluación previa del tamaño de la instalación necesaria, en función de la demanda energética que se desea cubrir y de la irradiación solar disponible.

El método de dimensionado utilizado va a ser el del mes peor [17], método que supone que, si la instalación es capaz de asegurar el suministro en el peor mes, también lo hará durante el resto del año. En el caso de la vivienda doméstica, al tener un consumo constante, el peor mes será el de menor irradiación (diciembre); sin embargo, para el resto de casos, el mes peor será el que presente menor relación de irradiación solar respecto del consumo energético. Además, este dimensionado se realizará como se ha dicho anteriormente, para dos posibles inclinaciones de paneles (60° y 30° exceptuando Gran Canaria 45° y 15°), concluyendo cuál de ellas es la óptima.

Para el cálculo del dimensionado se utilizarán los datos de la fuente PVGIS. Es posible que los datos de dimensionado fotovoltaico en Excel no coincidan con los calculados en iHOGA, ya que los datos de irradiación solar se han obtenido de diferentes bases de datos y se han podido elegir componentes fotovoltaicos distintos. Además, el software iHOGA tiene en cuenta factores que no se tienen en el cálculo a mano como la dependencia de la producción fotovoltaica con la temperatura, y la variabilidad de la eficiencia del inversor en función de la potencia que inyecta. Los cálculos del dimensionado están desarrollados en el Anexo 5.

### 3.1. Dimensionado del número de paneles fotovoltaicos

Teniendo en cuenta los valores de consumo medio diario de los respectivos sistemas aislados (vivienda, granja ovina, casa turística de bajo consumo y refugio de montaña), la tensión nominal de los sistemas (48 V) y el número pico de horas de sol (HPS), se calcula el número de paneles necesarios para el abastecimiento energético de ellos.

El panel elegido para el dimensionado de los cuatro sistemas es el panel fotovoltaico SCL-260P1, cuya ficha técnica se muestra en el Anexo 6.

#### 3.1.1. Número de paneles en serie

Serán necesarios 2 paneles en serie para los cuatro sistemas, ya que el panel elegido es de 24 V con una tensión de máxima potencia de 30,7 V, mientras que la tensión de los sistemas es de 48 V.

#### 3.1.2. Número de paneles totales

A continuación, se presenta el número de paneles totales necesario para cada sistema aislado dependiendo de la localidad donde estén situados, así como la inclinación óptima para cada uno de ellos. Se elegirá el número de paneles totales necesarios en el mes que presenta menor relación entre irradiación y consumo, en aquellos sistemas donde el consumo no sea constante (granja ovina, casa turística y refugio de montaña).

##### a. Vivienda

Inclinación	Localidad	Np
45°	Gran Canaria	10
15°	Gran Canaria	10
60°	Almería	8
60°	Cáceres	10
60°	Madrid	10
60°	Zaragoza	10
60°	A Coruña	14
60°	Gijón	12

Tabla 13. Número de paneles totales necesarios para el abastecimiento energético de una vivienda en el mes peor (diciembre). Fuente propia.

##### b. Granja ovina

Inclinación	15°	30°	30°	30°	30°	60°	30°
Localidad	G. Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	100	102	124	130	128	174	162
Febrero	90	82	90	96	88	118	120
Marzo	124	120	128	134	122	158	154
Abril	122	116	122	128	124	166	146
Mayo	110	110	112	118	112	170	142
Junio	102	104	104	106	106	166	138
Julio	56	58	56	56	58	90	76
Agosto	58	62	58	58	60	84	76
Septiembre	70	68	66	70	68	80	78
Octubre	84	78	82	88	84	106	102
Noviembre	102	96	108	118	112	152	158
Diciembre	114	108	128	136	140	160	164

Tabla 14. Número de paneles necesarios para el abastecimiento energético de una granja ovina. Fuente propia.

c. **Casa turística de bajo consumo**

Inclinación	45°	60°	60°	60°	60°	60°	60°
Localidad	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	4	6	6	6	6	10	8
Febrero	4	4	4	4	4	6	6
Marzo	4	4	4	4	4	6	6
Abril	4	6	6	6	6	6	6
Mayo	4	4	4	4	4	4	4
Junio	4	4	4	4	4	4	6
Julio	4	6	4	4	4	6	6
Agosto	4	4	4	4	4	4	4
Septiembre	4	4	4	4	4	6	6
Octubre	4	4	4	4	4	6	4
Noviembre	4	4	4	6	4	8	6
Diciembre	6	6	6	6	6	8	8

Tabla 15. Número de paneles necesarios para el abastecimiento energético de una vivienda turística de bajo consumo. Fuente propia.

d. **Refugio de montaña**

Inclinación	15°	30°	30°	30°	30°	60°	30°
Localidad	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	50	50	62	66	64	86	80
Febrero	44	42	44	48	44	58	60
Marzo	36	34	36	38	34	46	44
Abril	34	32	34	36	36	48	42
Mayo	32	32	32	34	32	48	40
Junio	58	58	58	60	60	92	78
Julio	54	58	54	54	56	90	76
Agosto	56	60	58	58	60	82	76
Septiembre	68	68	66	68	68	80	78
Octubre	42	40	40	44	42	52	52
Noviembre	50	48	54	58	56	76	78
Diciembre	56	54	64	68	70	80	82

Tabla 16. Número de paneles necesarios para el abastecimiento energético de un refugio de montaña. Fuente propia.

3.2. **Dimensionado de las baterías**

Para el cálculo de la capacidad nominal del banco de baterías necesario, es preciso tener en cuenta los días de autonomía para que la instalación pueda funcionar autónomamente sin necesidad de irradiación solar, la tensión de trabajo ( $V_n$ ) de la instalación, la profundidad de descarga máxima permisible (PD) y la eficiencia de carga-descarga de la batería y del inversor (E). Los valores empleados para el cálculo se muestran en la Tabla 17, así como los resultados en la Tabla 18. Los resultados obtenidos son los valores mínimos de capacidad nominal que han de tener los bancos de baterías, pudiendo no coincidir con el valor de la capacidad de las baterías que están hoy en día en comercialización. Por ello, habrá que elegir aquellas que tengan como mínimo ese valor.

$$Días_{autonomía} = \frac{E_{día} \left( \frac{Wh}{día} \right) \times días_{autonomía}}{V_n \times PD \times E} \quad [Ec. 3]$$

Días autonomía	Vn (V)	PD	Eficiencia (E)
4	48	0,8	0,7

Tabla 17. Datos necesarios para el cálculo de la Cnom del banco de baterías.

Mes	Vivienda	Granja ovina	Casa turística	Refugio montaña
Enero	950,89	11.130,95	553,57	5502,98
Febrero	950,89	11.130,95	544,64	5502,98
Marzo	950,89	19.724,70	644,35	5502,98
Abril	950,89	19.724,70	644,35	5502,98
Mayo	950,89	19.724,70	544,64	5502,98
Junio	950,89	19.724,70	544,64	11.005,95
Julio	950,89	11.130,95	666,67	11.005,95
Agosto	950,89	11.130,95	611,61	11.005,95
Septiembre	950,89	11.130,95	666,67	11.005,95
Octubre	950,89	11.130,95	544,64	5.502,98
Noviembre	950,89	11.130,95	544,64	5.502,98
Diciembre	950,89	11.130,95	553,57	5.502,98

Tabla 18. Capacidad nominal del banco de baterías (Ah) necesario para los distintos sistemas aislados. Fuente propia.

En la Tabla 18 se observan los meses que requieren una mayor capacidad de las baterías; sin embargo, es probable que en estos meses no se dé la situación de tener 4 días sucesivos de tormentas o con baja radiación solar. En este caso, se podrá escoger un banco de baterías con una capacidad menor.

El número de baterías en paralelo se calculará como el cociente entre la capacidad nominal del banco de baterías y la capacidad nominal de la batería escogida.

$$N^{\circ}baterías_{paralelo} = \frac{C_{nom}}{C_{nom_{batería}}} \quad [Ec. 4]$$

Por otro lado, si la tensión de la batería elegida es menor a la tensión del sistema (48 V), se deberán colocar tantas baterías en serie como resultado de el cociente entre ambas tensiones.

### 3.3. Dimensionado del regulador

Se debe de elegir un regulador que pueda disipar una intensidad máxima un 30 % mayor que la intensidad máxima que proporciona el campo de paneles elegidos para cada localidad.

$$I_{reg} \geq 1,3 \times Paneles_{paralelo} \times I_{pcc} \quad [Ec. 5]$$

Siendo  $I_{pcc}$  la corriente de cortocircuito del panel elegido (Anexo 6).

Localidad	Vivienda doméstica	Granja ovina	Casa turística	Refugio de montaña
Gran Canaria	57,85	717,34	34,71	393,38
Almería	46,28	694,2	34,71	393,38
Cáceres	57,85	740,48	34,71	381,81
Madrid	57,85	786,76	34,71	393,38
Zaragoza	57,85	809,9	34,71	404,95
A Coruña	80,99	1.006,59	57,85	497,51
Gijón	69,42	948,74	46,28	474,37

Tabla 19.  $I_{reg}$  (A) necesario. Fuente propia.

Al igual que con las baterías, se ha de elegir aquellos reguladores comerciales que tengan una intensidad igual o mayor que la calculada. Para la granja ovina y el refugio de montaña no existe en el mercado ningún modelo de regulador que soporte esas intensidades, por lo que se tiene que repartir la corriente en varios.

El número de ramas de paneles en paralelo por regulador ( $N_{pp\_reg}$ ) será el cociente entre la intensidad que tolera el regulador escogido y la intensidad pico del panel ( $I_{pcc}$ ). Por lo que el número de reguladores necesarios será:

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = N_{pp\text{instalación}}/N_{pp\text{reg}} \quad [\text{Ec. 6}]$$

### 3.4. Dimensionado del inversor.

La potencia de salida del inversor/inversores deberá ser la que han de entregar a los equipos AC que funcionen simultáneamente. Debido a que se dispone del perfil de consumo eléctrico de los cuatro sistemas, se va a considerar que la potencia mínima en cada caso corresponderá a la potencia pico en la franja horaria correspondiente de cada uno de ellos. Además, se va a tener en cuenta un factor de 1,25 por posibles pérdidas e incrementos futuros de la demanda punta.

$$\text{Potencia}_{\text{inversor}} = \text{Factor} \times \text{Potencia}_{AC} \quad [\text{Ec. 7}]$$

Sistema aislado	Vivienda	Granja ovina	Casa turística	Refugio de montaña
<b>Franja horaria</b>	11:00-13:00 h	19:00-20:00 h	11:00-13:00 h	20:00-22:00 h
<b>Potencia pico (W)</b>	308	9.100	347	7.600
<b>Potencia inversor/inversores (W)</b>	385	11.375	434	9.500

Tabla 20. Potencia necesaria de inversor/inversores para cada sistema aislado. Fuente propia.

### 3.5. Sección y longitud de cables

El cálculo de la sección de cable necesario se va a llevar a cabo para los cuatro tipos de sistemas aislados en la localización geográfica donde mayor número de paneles se necesite.

Se debe intentar que la longitud de los cables sea lo más corta posible, para que las pérdidas de potencia en los cables sean pequeñas.

En las instalaciones, según el IDAE [18], las caídas de tensión máxima son:

Subsistema	Caída tensión Máxima	Recomendada
Paneles – Regulador	3%	1%
Regulador – Baterías	1%	0,5%
Baterías – Inversor	1%	1%

Tabla 21. Caída máxima de tensión admisible. Fuente [19]

Para todas las instalaciones se va a utilizar un cable de tipo PV ZZ-F de cobre, fabricado especialmente para instalaciones fotovoltaicas, ya que son cables unipolares con doble aislamiento y con una gran resistencia a la intemperie. Sus especificaciones se encuentran en el Anexo 7.

Material	$\gamma_{20}$	$\gamma_{70}$	$\gamma_{90}$
Cobre	56	47	44
Aluminio	35	29	27
Temperatura	20°C	70°C	90°C

Tabla 22. Conductividad ( $m/\Omega \text{ mm}^2$ ) de cables eléctricos. Fuente propia [20]

	Distancia en metros (L)
Paneles- Regulador	10
Regulador-Baterías	2
Baterías-Inversor	2

Tabla 23. Distancias a tener en cuenta en una instalación fotovoltaica. Fuente propia

De acuerdo a la información contenida en la Tabla 22 y 23, y lo desarrollado en el Anexo 5 (apartado: cálculo de sección de cable), se obtiene la sección de cable necesaria para cada sistema según la siguiente ecuación; así como la corriente máxima admisible.

$$Sección_{cable} = \frac{2 \times L \times I_{pcc} \times Paneles_{paralelo}}{\gamma_{90} \times V_n \times Caída_{tension}} \quad [Ec. 8]$$

	Vivienda		Granja ovina		Casa turística		Refugio de montaña	
	Sección(mm <sup>2</sup> )	I.máx(A)						
Paneles-Regulador	25	88	35	110	16	70	35	110
Regulador-Baterías	16	70	25	88	10	52	25	88
Baterías-Inversor	16	70	25	88	10	52	25	88

Tabla 24. Sección de cable necesaria. Fuente propia

## **4. Alternativas propuestas. Casos de estudio**

En este apartado se va a realizar un análisis del suministro eléctrico a los cuatro sistemas aislados de la red mediante el software iHOGA, evaluando las siguientes alternativas: sistemas fotovoltaicos, eólicos o diésel con baterías, y sistemas híbridos.

Estos últimos podrán estar compuestos de paneles fotovoltaicos, aerogeneradores, baterías, reguladores de carga, inversores y generadores diésel o gasolina. Aunque sea posible la combinación de todos ellos, en algunos casos es posible que el sistema híbrido sólo incluya algunos.

### **4.1. Aspectos a tener en cuenta:**

#### **4.1.1. Datos generales**

El periodo de estudio fijado ha sido de 25 años pidiendo un préstamo del 80 % del coste inicial de la inversión a un interés del 7 % en 10 años.

Se ha escogido un 2 % tanto de interés de mercado (precio del dinero) como de inflación general esperada (O&M..), ya que actualmente son valores orientativos del Mercado Español. Además, de esta forma se realizará el análisis con una tasa de descuento general del 0 %. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis de sensibilidad variando dichos valores.

Como estrategia de control, se ha seleccionado que el software tenga en cuenta tanto la estrategia de seguimiento de demanda como la de carga cíclica (seguir hasta SOC). Con la primera estrategia, cuando la energía procedente de las energías renovables no sea suficiente para cubrir la demanda, el resto de la energía la cubrirán las baterías; y si éstas no pueden cubrir toda la demanda se pondrá en funcionamiento el generador a la potencia necesaria para cubrirla. Sin embargo, con la segunda estrategia, cuando el generador entra en funcionamiento lo hace a su potencia nominal (salvo que esto implique exceso de energía), cargando las baterías con la potencia que no necesitan las cargas hasta que el estado de carga de ellas llega al valor de la variable SOC (95 %).

Por último, se establecerá como restricción el porcentaje de energía no servida (< 0,3 %) así como los días de autonomía. En el caso de que no haya generador diésel o gasolina, la autonomía mínima de las baterías será de 4 días. En el caso de que lo haya, se considerará que la autonomía es infinita.

#### **4.1.2. Componentes**

El estudio se ha llevado a cabo considerando los componentes que se muestran en el Anexo 8, dependiendo del sistema a analizar. Además, los sistemas han sido analizados para las inclinaciones óptimas de panel obtenidas en el dimensionado fotovoltaico. Los resultados del estudio se encuentran en el Anexo 9.

### 4.1.3. Casos de estudio

#### a. Vivienda turística de bajo consumo

Evaluando las cuatro posibles alternativas de suministro eléctrico a la vivienda turística aislada de la red eléctrica, se concluye que la solución óptima (menor coste) es aquella que incorpora un sistema híbrido fotovoltaico- baterías con apoyo de grupo electrógeno.

Localidad	Paneles	Baterías	Inversor	Regulador	Generador AC
Gran Canaria	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx3p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA TAROM 440	Generador gasolina 0,5 kVA
Almería	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx3p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA TAROM 440	Generador gasolina 0,5 kVA
Cáceres	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx4p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA TAROM 440	Generador gasolina 0,5 kVA
Madrid	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx4p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA TAROM 440	Generador gasolina 0,5 kVA
Zaragoza	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx4p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA TAROM 440	Generador gasolina 0,5 kVA
A Coruña	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx4p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA TAROM 440	Generador gasolina 0,5 kVA
Gijón	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx6p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA P TAROM 4055	Generador gasolina 0,5 kVA

Tabla 25. Componentes del sistema híbrido óptimo para una vivienda turística de bajo consumo. Fuente propia

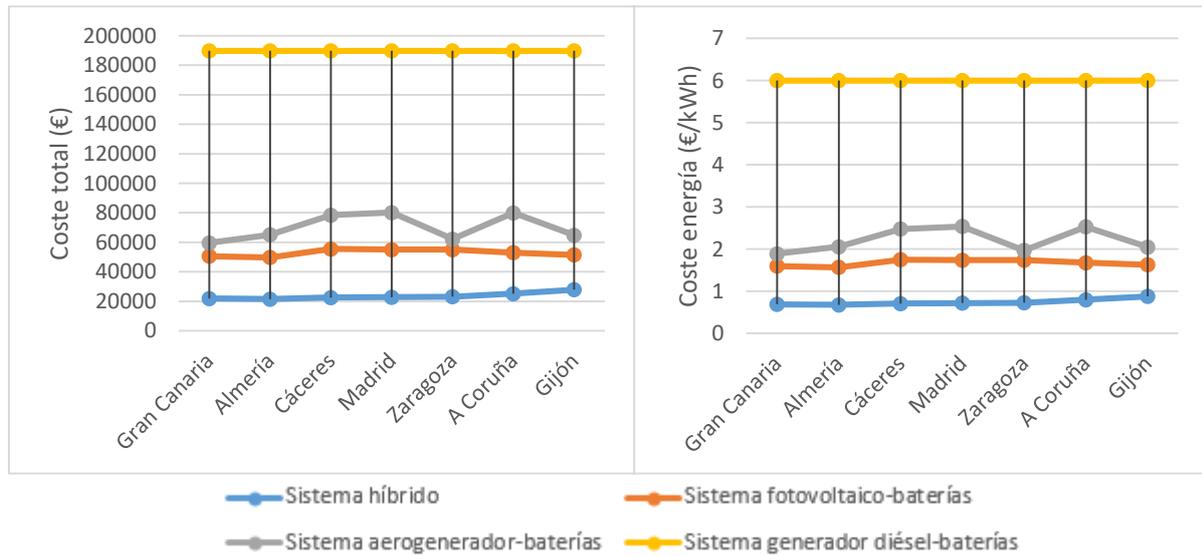


Figura 13. Coste total y coste de la energía para cuatro posibles sistemas de una vivienda turística. Fuente propia

Coste total(€)	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
<b>Híbrido</b>	21.912	21.535	22.534	22.830	23.140	25.181	27.939
Fotovoltaico	50.578	49.767	55.437	55.079	55.023	53.038	51.451
Aerogenerador	59.652	65.072	78.454	80.206	62.172	79.982	64.774
Generador AC	189.734	189.734	189.734	189.734	189.734	189.734	189.734

Tabla 26. Coste total para distintos sistemas de una casa turística. Fuente propia

Coste energía (€/kWh)	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
<b>Híbrido</b>	0,69	0,68	0,71	0,72	0,73	0,8	0,88
Fotovoltaico	1,6	1,57	1,75	1,74	1,74	1,68	1,63
Aerogenerador	1,89	2,06	2,48	2,54	1,97	2,53	2,05
Generador AC	6	6	6	6	6	6	6

Tabla 27. Coste de la energía para distintos sistemas de una casa turística. Fuente propia

El sistema generador diésel con baterías tiene un coste tan elevado debido a la gran cantidad de combustible que necesita, ya que el consumo del generador es directamente proporcional a la demanda. Concretamente para este sistema aislado se necesitarían 2.581,5 litros de gasolina/año a 1,4 €/litro. Es por ello que el generador AC se contempla como un generador complementario realizando un apoyo sobre el suministro y no como único sistema de generación.

Igualmente, el coste total y el coste de la energía del sistema fotovoltaico-baterías es mayor que el sistema híbrido debido a que éste último no necesita de baterías tan grandes, ya que si dispone del generador de gasolina, la autonomía se supone infinita. En cambio, el sistema fotovoltaico, al no incluir generador de gasolina, necesita de baterías que cumplan con la autonomía mínima de 4 días que se impuso como restricción.

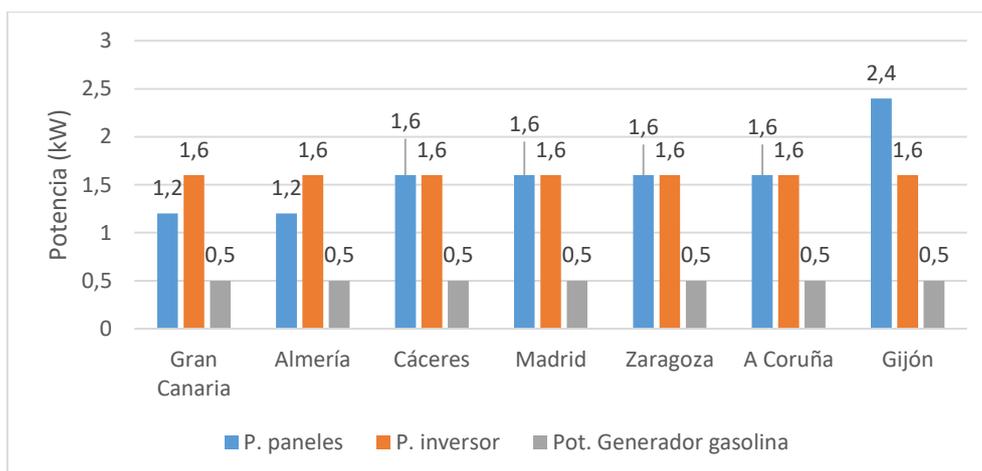


Figura 14. Potencia de los componentes que forman el sistema óptimo. Fuente propia

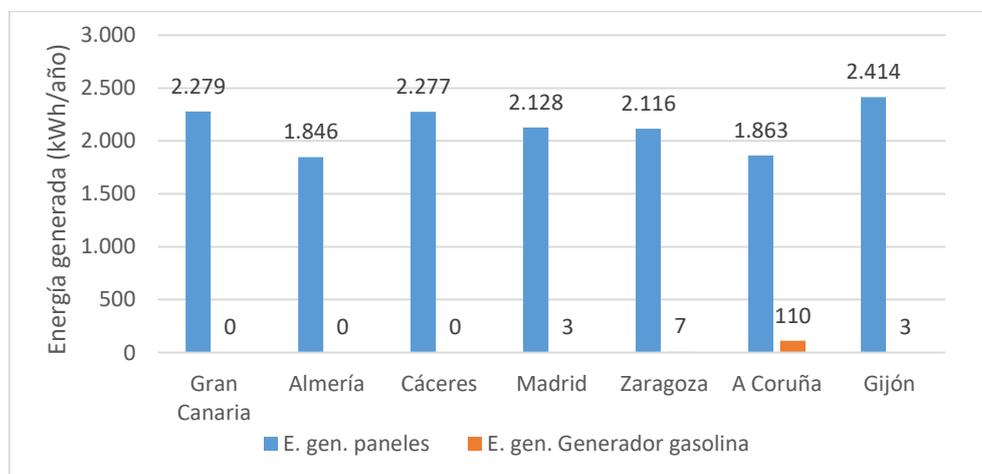


Figura 15. Energía generada por los componentes que forman el sistema óptimo. Fuente propia

Se ha obtenido como resultado para todas las localidades estudiadas una estrategia de seguimiento de la demanda, en la que como ya se ha dicho anteriormente, cuando las baterías no puedan cubrir la demanda, se pondrá en funcionamiento el generador.

En aquellas localidades donde la irradiación solar en el mes peor sea menor, se necesitará mayor potencia fotovoltaica. Por ejemplo, en Gran Canaria, con una irradiación en el mes peor de 5,61 kWh/m<sup>2</sup> sobre una superficie inclinada de paneles de 45°, la potencia fotovoltaica es de 1,2 kW. Sin embargo, en Gijón, con una irradiación de 1,99 kWh/m<sup>2</sup> sobre una superficie inclinada de 60°, la potencia fotovoltaica es 2,4 kW.

Por otro lado, se observa en las zonas con igual potencia fotovoltaica que, cuanto menor es la irradiación solar, menos energía generan los paneles. En el caso de que la energía generada por los paneles no sea suficiente para cubrir la demanda, y las baterías tampoco puedan hacer frente a ese consumo, comenzará a funcionar el generador de gasolina. Un ejemplo de ello son los casos de Cáceres, Madrid, Zaragoza y A Coruña. Con una potencia fotovoltaica de 1,6 kW, mientras que en Cáceres no es necesario el funcionamiento del generador de gasolina, en el resto de localidades sí, incrementando la energía que genera a medida que la irradiación solar disminuye.

Por último, se puede apreciar que hay zonas en las que el sistema híbrido está formado por los mismos componentes; y sin embargo, el coste entre ellos difiere. Esto se debe a la diferencia de la vida útil de las baterías.

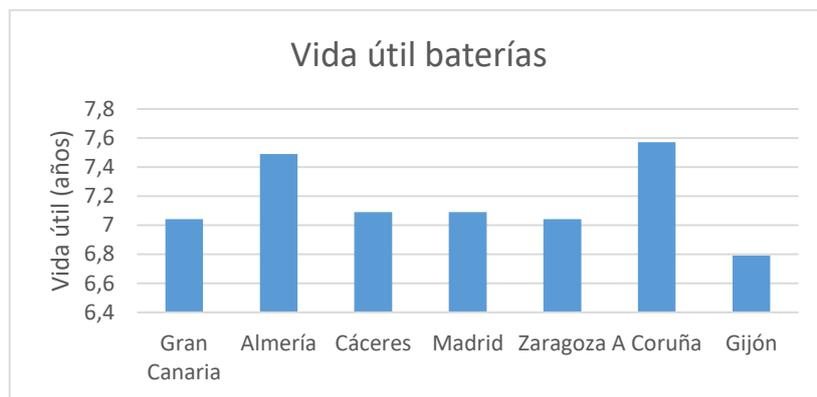


Figura 16. Vida útil de las baterías que forman el sistema híbrido óptimo. Fuente propia

En Gran Canaria, las baterías tienen una vida útil de 7,04 años. Como el período de estudio es de 25 años, es necesario reponerlas en 3 ocasiones. Pasados los 25 años, las últimas baterías compradas tendrán una vida útil de 3,16 años, pudiéndolas vender. En cambio, en Almería, la vida útil de las baterías es de 7,49 años. Esto conlleva a que se necesitarán nuevamente 3 cambios de baterías, pero éstas últimas tendrán una vida residual de 4,96 años, vendiéndolas a un precio mayor.

A continuación, se muestra la gráfica de simulación de la vivienda turística con sistema híbrido, situada en Zaragoza el día 1 de enero.

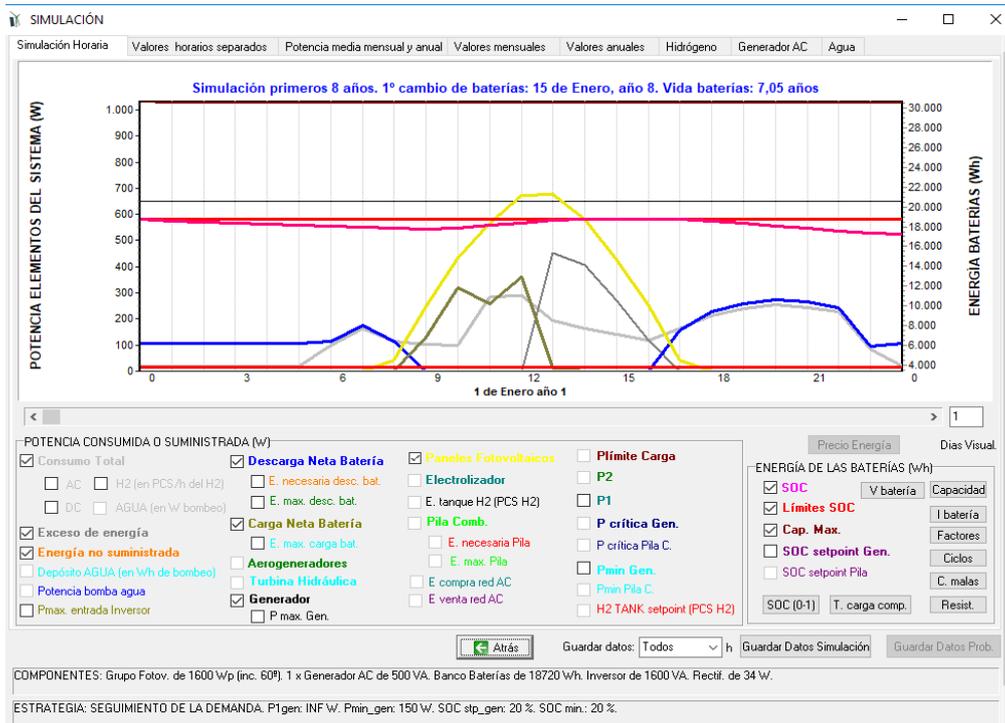


Figura 17. Simulación de la casa turística con sistema híbrido. Fuente: iHOGA

A partir del amanecer (7:00 h) comienza a haber radiación solar produciendo los paneles energía para el abastecimiento energético del hostel, y cargándose por tanto las baterías. La energía consumida durante el día se cubre únicamente con los paneles fotovoltaicos (sin el generador de gasolina de apoyo).

A las 11:00 h las baterías se han cargado completamente llegando a su estado de carga máximo. Es por ello que a partir de esa hora hay un exceso de energía no aprovechada.

Sobre las 17:00 h de la tarde, deja de haber radiación solar y son las baterías las que cubren dicho consumo. Debido al consumo prácticamente nulo que tiene el hostel durante la noche, las baterías no llegan a su SOCmin (20 %). Éstas comenzarán a cargarse cuando a las siete de la mañana del día siguiente los paneles comiencen de nuevo a generar energía.

## b. Vivienda doméstica

Al igual que en el caso de vivienda turística, el sistema óptimo vuelve a ser un sistema híbrido formado por paneles fotovoltaicos, baterías, un inversor, un regulador y un generador diésel o gasolina de apoyo.

Localidad	Paneles	Baterías	Inversor	Regulador	Generador AC
Gran Canaria	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx3p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA TAROM 440	Generador diésel 1,9 kVA
Almería	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx5p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA P TAROM 4055	Generador gasolina 0,5 kVA
Cáceres	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx6p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA P TAROM 4055	Generador diésel 1,9 kVA
Madrid	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx6p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA P TAROM 4055	Generador diésel 1,9 kVA
Zaragoza	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx6p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA P TAROM 4055	Generador diésel 1,9 kVA
A Coruña	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx10p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA P TAROM 4140	Generador diésel 1,9 kVA
Gijón	PV aSi12:Schott:ASI100 4sx10p	OPZS Hawker:TVS-5 24sx1p	STECA:XPC 1600-48	STECA P TAROM 4140	Generador diésel 1,9 kVA

Tabla 28. Componentes del sistema híbrido óptimo para una vivienda doméstica. Fuente propia

A continuación, se muestran las gráficas de coste total y coste de la energía de los cuatro posibles sistemas de suministro, así como la potencia y energía que generan los componentes del sistema híbrido que ha resultado como óptimo.

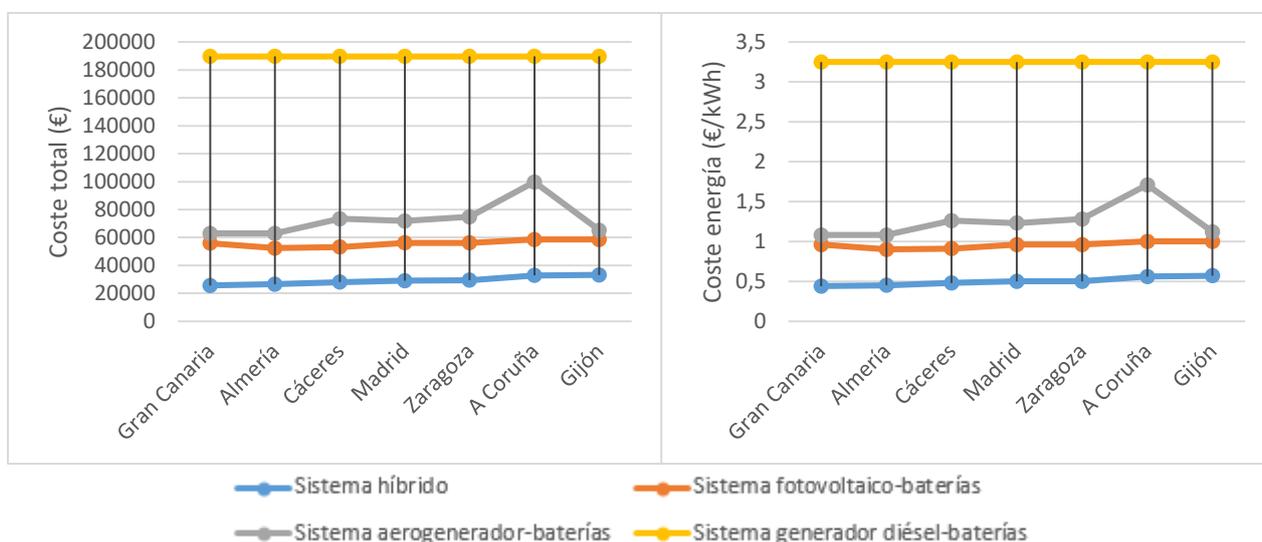


Figura 18. Coste total y coste de la energía para cuatro posibles sistemas de una vivienda doméstica. Fuente propia

Coste total(€)	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
<b>Híbrido</b>	25.630	26.465	27.927	29.054	29.335	32.738	33.117
Fotovoltaico	55.956	52.329	53.168	56.138	56.154	58.521	58.577
Aerogenerador	62.849	62.926	73.383	71.814	74.817	99.683	65.153
Generador AC	189.739	189.739	189.739	189.739	189.739	189.739	189.739

Tabla 29. Coste total para distintos sistemas de una vivienda doméstica. Fuente propia

Coste energía (€/kWh)	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
<b>Híbrido</b>	0,44	0,45	0,48	0,5	0,5	0,56	0,57
Fotovoltaico	0,96	0,9	0,91	0,96	0,96	1	1
Aerogenerador	1,08	1,08	1,26	1,23	1,28	1,71	1,12
Generador AC	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25

Tabla 30. Coste de la energía para distintos sistemas de una vivienda doméstica. Fuente propia

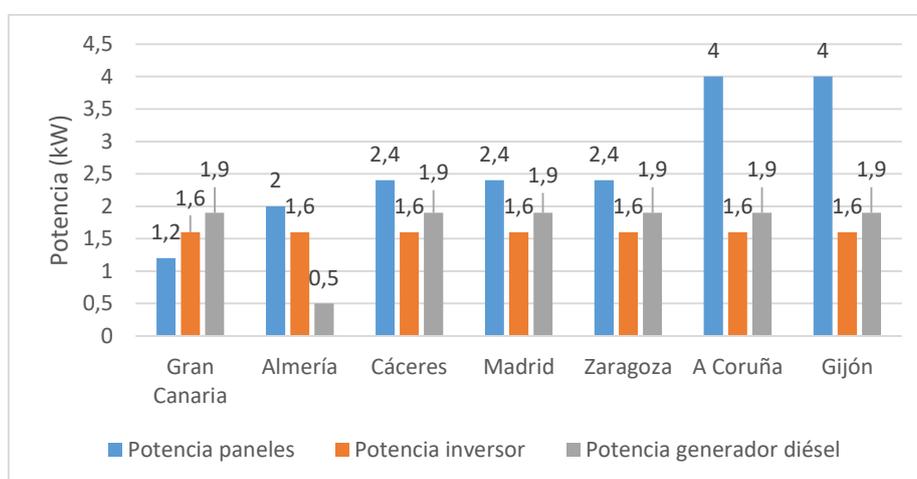


Figura 19. Potencia de los componentes que forman el sistema óptimo. Fuente propia

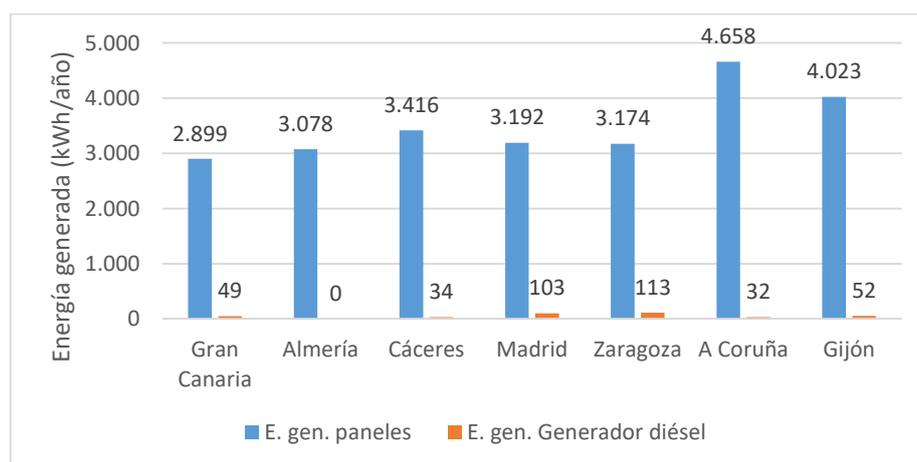


Figura 20. Energía generada por los componentes que forman el sistema óptimo. Fuente propia

La estrategia a seguir para este sistema aislado va a ser la de carga cíclica, exceptuando Almería, en la que se ha obtenido la de seguimiento de la demanda.

La gráfica de simulación de la vivienda doméstica con sistema híbrido en Zaragoza el 1 de enero, es muy similar a la de la obtenida en la casa turística.

### c. Granja ovina

El sistema óptimo es un sistema híbrido compuesto por un aerogenerador, paneles fotovoltaicos, baterías, inversores, y un generador diésel de apoyo (el regulador-cargador está incluido en el inversor). En el caso de que la granja esté situada en Cáceres, el sistema híbrido no incluirá aerogenerador.

Localidad	Paneles	Baterías	Inversor	Regulador	Generador AC	Aerogenerador
Gran Canaria	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx30p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA	AC Hummer : HWP-10
Almería	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx30p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA	AC Hummer : HWP-10
Cáceres	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx70p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA	-
Madrid	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx60p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA	AC Hummer : HWP-10
Zaragoza	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx60p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA	AC Hummer : HWP-10
A Coruña	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx70p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA	AC Hummer : HWP-10
Gijón	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx70p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA	AC Hummer : HWP-10

Tabla 31. Componentes del sistema híbrido óptimo para una granja ovina. Fuente propia

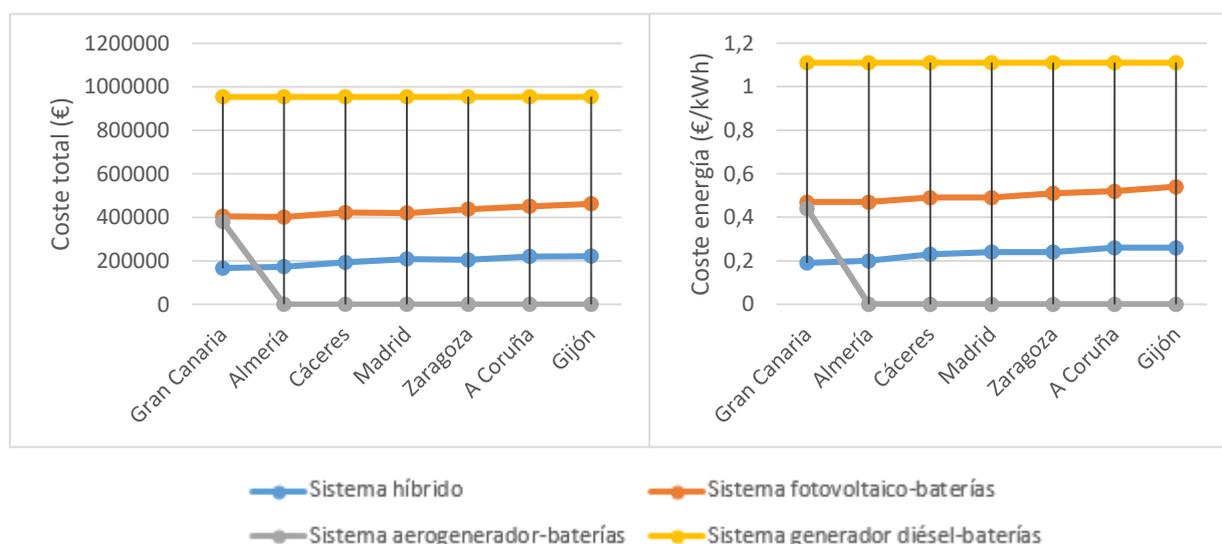


Figura 21. Coste total y coste de la energía para cuatro posibles sistemas en una granja ovina. Fuente propia

Coste total(€)	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
<b>Híbrido</b>	166.699	173.528	193.335	208.659	204.555	220.297	221.706
Fotovoltaico	405.316	401.456	422.200	419.587	437.135	450.959	462.426
Aerogenerador	380.882	-	-	-	-	-	-
Generador AC	953.719	953.719	953.719	953.719	953.719	953.719	953.719

Tabla 32. Coste total para distintos sistemas de una granja ovina. Fuente propia

Coste energía(€/kWh)	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
<b>Híbrido</b>	0,19	0,2	0,23	0,24	0,24	0,26	0,26
Fotovoltaico	0,47	0,47	0,49	0,49	0,51	0,52	0,54
Aerogenerador	0,44	-	-	-	-	-	-
Generador AC	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11

Tabla 33. Coste de la energía para distintos sistemas de una granja ovina. Fuente propia

Para este sistema aislado, el sistema que tiene un coste menor es el sistema híbrido seguido del sistema fotovoltaico. Únicamente cuando la granja ovina esté situada en Gran Canaria, se podrá utilizar un sistema aerogenerador con baterías formado por los componentes (aerogenerador, inversor, baterías) especificados en el Anexo 9.

En este caso, el coste del sistema aerogenerador-baterías sería menor que el fotovoltaico-baterías. Esto se debe a que el coste total del generador fotovoltaico es mayor que el del aerogenerador. Además, en el caso del sistema aerogenerador, la vida útil de las baterías es de 9,27 años frente a 7,32 años del sistema fotovoltaico. Esto conlleva que en el sistema aerogenerador-baterías son necesarios 3 cambios durante los 25 años de estudio, frente a 4 cambios que serían necesarios en el sistema fotovoltaico-baterías.

En el resto de localidades con vientos menores, no hay un sistema aerogenerador-baterías válido. Sin embargo, quizás sería posible con aerogeneradores y bancos de baterías muy grandes.

Se va a seguir una estrategia de seguimiento de la demanda en todas las ciudades exceptuando en Almería y Madrid que será de carga cíclica.

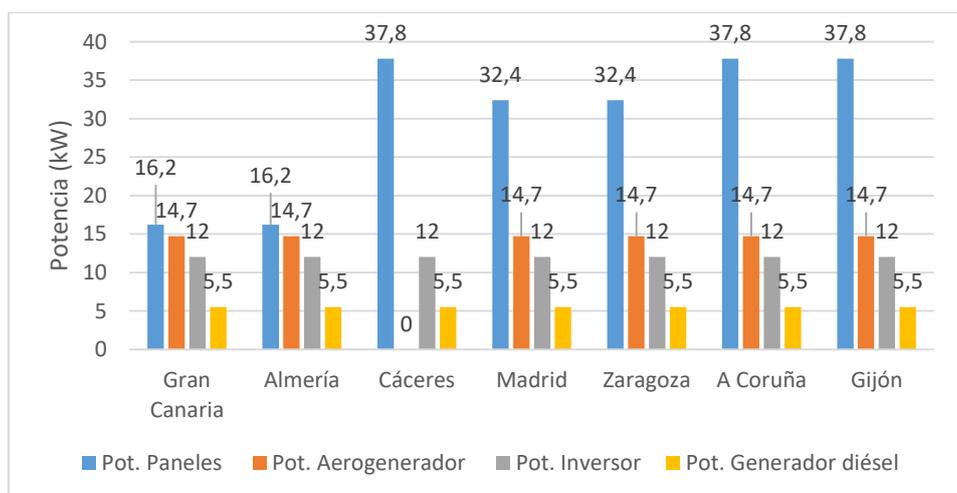


Figura 22. Potencia de los componentes que forman el sistema óptimo. Fuente propia

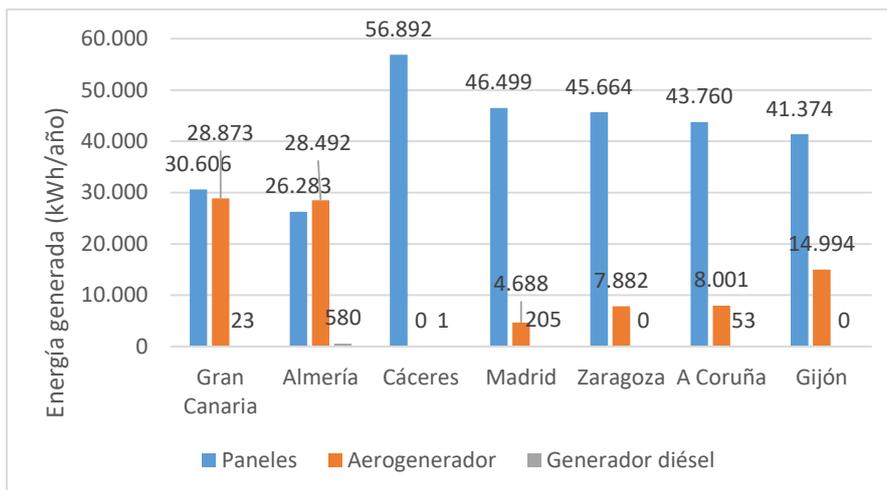


Figura 23. Energía generada por los componentes que forman el sistema óptimo. Fuente propia

Como ya se ha comentado anteriormente, sólo en Cáceres el sistema híbrido no incluye aerogenerador.

También se observa que, el sistema óptimo para Gran Canaria y Almería es el mismo. Sin embargo, la energía generada por el grupo electrógeno es de 580 kWh/año en Almería, frente a 23 kWh/año en Gran Canaria. Esto es debido a que, en Almería, el generador diésel tiene que entrar en funcionamiento con mayor frecuencia ya que la energía generada por los paneles fotovoltaicos y el aerogenerador es menor que en Gran Canaria.

Para Gijón y A Coruña se tiene el mismo sistema híbrido fotovoltaico-eólico-baterías con el apoyo de generador diésel. Sin embargo, mientras que en Gijón no es necesario el funcionamiento del grupo electrógeno, en A Coruña sí lo es. De la misma manera, en Madrid y Zaragoza, con el mismo sistema híbrido, mientras que en Zaragoza no entra en funcionamiento el generador diésel, en Madrid sí.

Al igual que en los sistemas anteriores, se presenta la gráfica de simulación de la granja ovina situada en Zaragoza el día 1 de enero.

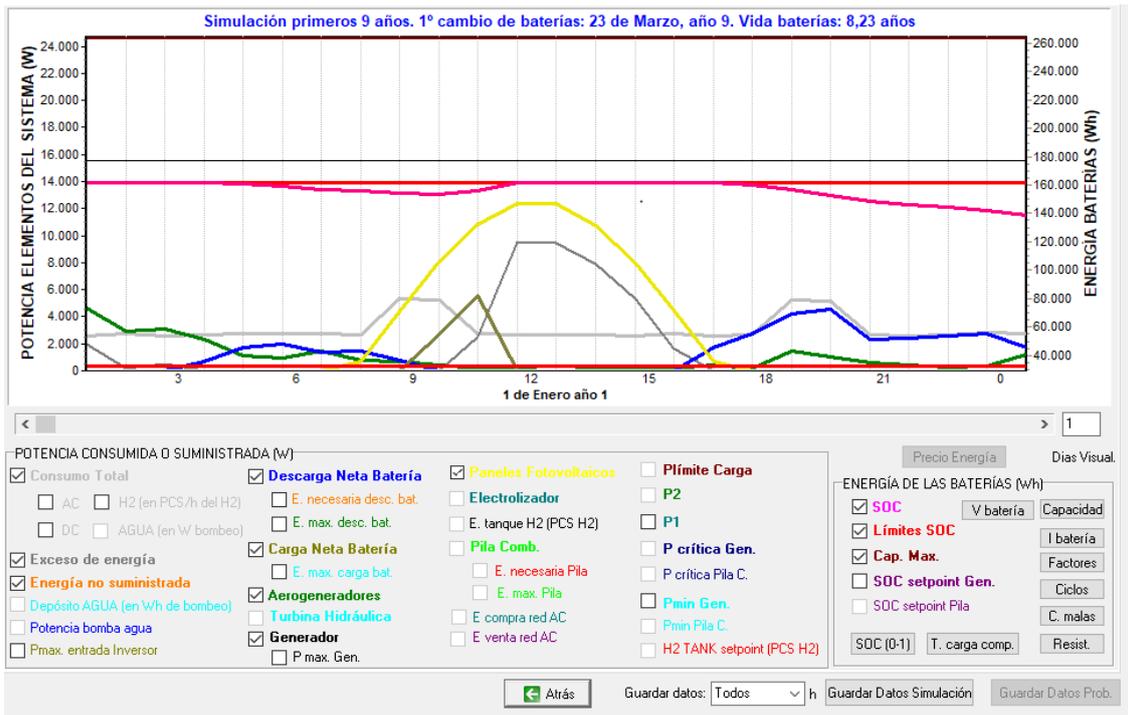


Figura 24. Simulación de la granja ovina con sistema híbrido. Fuente: iHOGA

A diferencia de la vivienda doméstica y la casa hotelera, dos fuentes renovables van a proveer la electricidad necesaria para el abastecimiento de la granja (energía solar y eólica).

En cuanto a la carga y descarga de las baterías, siguen la misma metodología que en los apartados anteriores. Sobre las 18:00 h de la tarde, los paneles fotovoltaicos dejan de producir energía y son las baterías junto con el aerogenerador los que cubren la demanda. A las 7:00 h de la mañana del día siguiente, comienza de nuevo a haber radiación solar, siendo los paneles fotovoltaicos los que se encarguen del abastecimiento energético de la granja.

En el momento en el que los paneles fotovoltaicos comiencen a generar energía, las baterías comenzarán a cargarse hasta llegar a su estado de carga máxima. En ese momento empezará a haber un exceso de energía que no va a poder ser aprovechada.

#### d. Refugio de montaña

De nuevo vuelve a ser el sistema híbrido el sistema óptimo. El sistema híbrido va a ser un sistema fotovoltaico-baterías acompañado de un generador diésel de apoyo. La estrategia a seguir será la de seguimiento de la demanda exceptuando en Gijón.

Localidad	Paneles	Baterías	Inversor	Regulador	Generador AC
Gran Canaria	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx30p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA
Almería	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA
Cáceres	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA
Madrid	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135p) 4sx40p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA
Zaragoza	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA
A Coruña	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx50p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 5,5 kVA
Gijón	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx50p	OPZS-Hawker:TZS-24 24sx1p	Inversor XANTREX:2xXW6048	Incluido en inversor	Generador gasolina 10 kVA

Tabla 34. Componentes del sistema híbrido óptimo para un refugio de montaña. Fuente propia

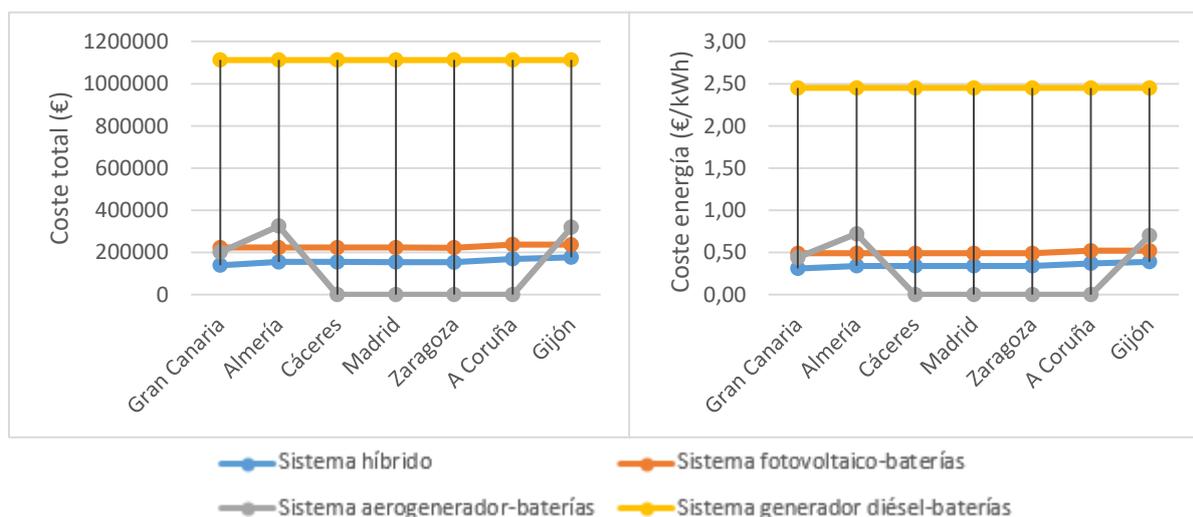


Figura 25. Coste total y coste de la energía para cuatro posibles sistemas en un refugio. Fuente propia

Coste total(€)	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
<b>Híbrido</b>	138.950	155.181	154.952	154.251	153.598	169.827	177.301
<b>Fotovoltaico</b>	222.902	223.010	222.945	222.901	222.387	237.892	237.168
<b>Aerogenerador</b>	201.023	325.470	-	-	-	-	319414
<b>Generador AC</b>	1.112.573	1.112.573	1.112.573	1.112.573	1.122.573	1.112.573	1.112.573

Tabla 35. Coste total para distintos sistemas de un refugio de montaña. Fuente propia

Coste energía(€/kWh)	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
<b>Híbrido</b>	0,31	0,34	0,34	0,34	0,34	0,37	0,39
<b>Fotovoltaico</b>	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,52	0,52
<b>Aerogenerador</b>	0,44	0,72	-	-	-	-	0,7
<b>Generador AC</b>	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45

Tabla 36. Coste de la energía para distintos sistemas de un refugio de montaña. Fuente propia

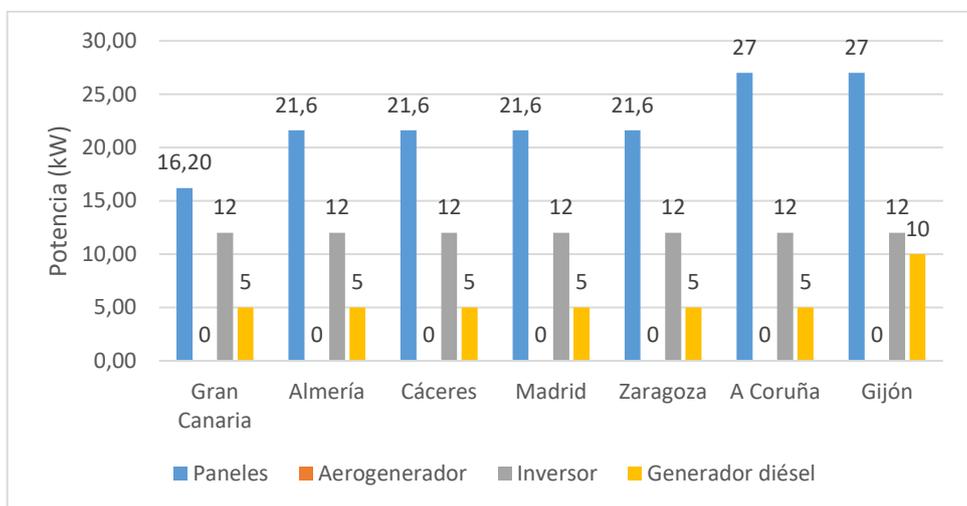


Figura 26. Potencia de los componentes que forman el sistema óptimo. Fuente propia

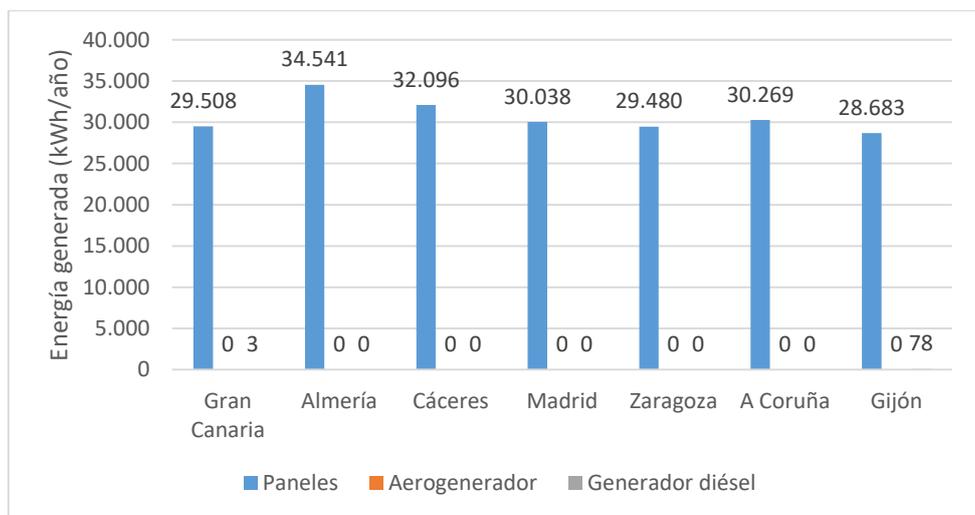


Figura 27. Energía generada por los componentes que forman el sistema óptimo. Fuente propia

La gráfica de simulación del refugio de montaña en Zaragoza el 1 de enero, vuelve a ser similar a los sistemas aislados de la vivienda y la casa hotelera, en donde son las baterías las que cubren la demanda cuando no hay irradiación solar.

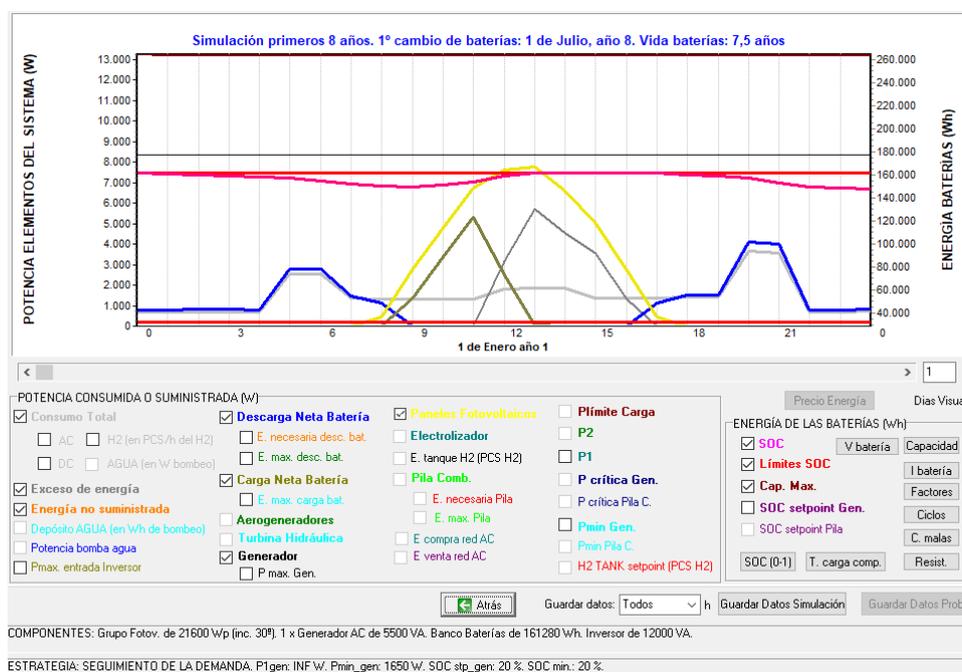


Figura 28. Simulación del refugio de montaña con sistema híbrido. Fuente: iHOGA

## 5. Análisis de sensibilidad

Debido a los numerosos casos de estudio, se ha optado por realizar un análisis de sensibilidad a la vivienda doméstica y granja ovina aislada con sistema híbrido (sistema óptimo), situadas en Zaragoza, sobre variables que pueden influir en un cambio del resultado final. Las variables estudiadas han sido la variación del viento, la inflación del combustible, la variación del interés del mercado y la variación del precio de componentes (paneles fotovoltaicos, baterías y aerogeneradores).

### 5.1. Variación del viento

El caso base ha sido analizado para las coordenadas geográficas (41° 39' 00" N). Sin embargo, estas coordenadas no corresponden a un punto geográfico concreto, sino que equivalen a una superficie en la que fácilmente puede ser variable la altitud y las condiciones orográficas. Por tanto, se ha aplicado un factor de escala de 0.5 y 2 sobre el caso base con una velocidad de viento media anual de 3,11 m/s.

Sistema	Casos	FE	Coste total (€)	Coste energía (€/kWh)
Vivienda doméstica	Caso base	1	29.335	0,5
	Caso 1	0,5	29.335	0,5
	Caso 2	2	29.335	0,5
Granja ovina	Caso base	1	204.555	0,24
	Caso 1	0,5	208.223	0,24
	Caso 2	2	167.122	0,19

Tabla 37. Coste total y coste de la energía en función del viento. Fuente propia

Para la vivienda doméstica con sistema híbrido se concluye que, independientemente de que la velocidad media anual de viento disminuya a la mitad o aumente al doble, el sistema óptimo seguirá siendo un sistema híbrido formado por un sistema fotovoltaico-baterías con un generador diésel de apoyo (Generador PV 2400 Wp, 1x generador AC de 1900 VA, banco de baterías de 18720 Wh, regulador carga de 53 A, inversor de 1600 VA, rectificador 1176 W).

Sin embargo, en la granja ovina, en caso de una reducción del viento a la mitad, el sistema óptimo dejará de ser un sistema eólico-fotovoltaico-baterías con apoyo de generador diésel para pasar a ser un sistema fotovoltaico-baterías con apoyo del grupo electrógeno. Por otro lado, un aumento del viento supone un incremento de la energía generada por el aerogenerador, necesitando menor número de paneles, lo que conlleva a una disminución del coste.

Granja ovina	Paneles	Aerogenerador	Generador diésel	Baterías	Inversor
<b>Caso base</b>	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx60p	AC Hummer : HWP-10	Generador diésel 5,5 kVA	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1	Inversor XANTREX:2xXW6048
<b>Caso 1</b>	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx80p	-	Generador diésel 5,5 kVA	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1	Inversor XANTREX:2xXW6048
<b>Caso 2</b>	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx30p	AC Hummer : HWP-10	Generador diésel 5,5 kVA	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1	Inversor XANTREX:2xXW6048

Tabla 38. Componentes del sistema óptimo (granja ovina) en función del viento. Fuente propia

## 5.2. Inflación del combustible

Se va a analizar qué sucede si la inflación del combustible, en lugar de ser un 5 % (caso base), aumenta al 7 %, 9 % o disminuye al 3 %, teniendo en cuenta la variación de los precios del gasóleo [21].

Sistema	Casos	% inflación	Coste total (€)	€/kWh
<b>Vivienda doméstica</b>	Caso base	5	29.335	0,5
	Caso 1	3	28.821	0,49
	Caso 2	7	30.100	0,52
	Caso 3	9	30.100	0,52
<b>Granja ovina</b>	Caso base	5	204.555	0,24
	Caso 1	3	204.555	0,24
	Caso 2	7	204.555	0,26
	Caso 3	9	204.555	0,26

Tabla 39. Coste total y coste de la energía en función de la inflación del combustible. Fuente propia

En el caso de la vivienda doméstica, para una inflación del combustible del 3 %, el sistema óptimo sigue siendo un sistema fotovoltaico-baterías de 2,4 kW con un generador diésel de apoyo de 1,9 kVA. El generador diésel va a seguir produciendo 113 kWh/año al igual que en el caso base, por lo que, al disminuir la inflación, el precio del combustible será menor. Por tanto, el coste disminuirá a 28.821 €.

Sin embargo, al aumentar la inflación a un 7 y 9 %, el sistema óptimo es un sistema fotovoltaico-baterías de 3,2 kW (8 ramas de paneles en paralelo en lugar de 6) con un generador gasolina de apoyo de 0,5 kVA. En ambos casos, no será necesario que el generador de gasolina entre en funcionamiento ya que serán los paneles y las baterías los que cubran la demanda en su totalidad. Por tanto, el coste total se mantendrá constante en 30.100 € independientemente de que la inflación del combustible aumente.

Por otro lado, en la granja ovina, a pesar de aumentar y disminuir la inflación del combustible, el coste permanece constante, ya que el grupo electrógeno no genera energía durante ninguna hora del año.

### 5.3. Variación del interés de mercado

Al igual que en los casos anteriores se va a evaluar cómo varía el coste total del sistema híbrido, aumentando el interés de mercado de un 2 % estipulado en el caso inicial, a un 3 y 4 %.

Sistema	Casos	% interés de mercado	% inflación general esperada	% tasa de descuento general	Coste total (€)	Coste energía (€/kWh)
Vivienda doméstica	Caso base	2	2	0	29.335	0,5
	Caso 1	3	2	0,98	26.963	0,46
	Caso 2	4	2	1,96	24.879	0,43
Granja ovina	Caso base	2	2	0	204.555	0,24
	Caso 1	3	2	0,98	190.778	0,22
	Caso 2	4	2	1,96	178.701	0,21

Tabla 40. Coste total y coste de la energía en función del interés de mercado. Fuente propia

Se comprueba que, incrementando el interés de mercado, la tasa de descuento general también lo hace, por tanto, el coste total actualizado disminuye ya que los costes de operación futuros actualizados disminuyen.

### 5.4. Variación del precio de los componentes

Durante los últimos años, los paneles fotovoltaicos se han abaratado de manera sustancial, al igual que los aerogeneradores y baterías; aunque éstos en menor medida. Hoy en día un panel fotovoltaico cuesta del orden del 80 % menos que hace sólo cinco años para dar la misma energía, y se prevé que los costes sigan bajando en otro 50 % hasta 2020 [22]. Es por ello, que se va a disminuir el precio de los componentes principales del sistema híbrido (paneles, baterías y aerogenerador) a un 80,90 y 90 % de sus precios iniciales respectivamente.

Sistema	Caso	Precio	Coste total (€)	Coste energía (€/kWh)
Vivienda doméstica	Caso inicial	1 x 1 x 1	29.335	0,5
	Caso 1	0,8 x 0,9 x 0,9	27.667	0,47
Granja ovina	Caso inicial	1 x 1 x 1	204.555	0,24
	Caso 1	0,8 x 0,9 x 0,9	181.476	0,21

Tabla 41. Coste total y de la energía en función del precio de los componentes para el caso de vivienda doméstica situada en Zaragoza. Fuente propia

La disminución del precio en los componentes equivale a una reducción considerable del coste del sistema. El sistema óptimo para ambos casos sigue siendo el mismo.

## 6. Conclusiones

El objetivo de este proyecto era encontrar una optimización para los cuatro sistemas aislados de la red eléctrica, habiendo propuesto distintos sistemas para su abastecimiento eléctrico: sistema fotovoltaico-baterías, aerogenerador-baterías, generador diésel-baterías y un sistema híbrido.

Como solución óptima para los cuatro sistemas aislados se ha obtenido un sistema híbrido fotovoltaico-baterías con apoyo de un generador diésel o gasolina. Para la granja ovina, el sistema óptimo híbrido estará formado, además, por un aerogenerador (exceptuando en Cáceres). Es decir, la presencia del generador diésel supone una reducción significativa en el coste del sistema cuando éste funciona pocas horas al año, ya que no se necesita de baterías tan grandes como las del sistema fotovoltaico para asegurar la autonomía impuesta de cuatro días. Por otro lado, el sistema aerogenerador-baterías, además de tener un coste superior al del sistema híbrido, no es válido para varias de las localidades estudiadas en los sistemas tipo granja ovina y refugio de montaña. En cuanto al sistema generador diésel-baterías, queda descartado como único sistema de generación debido a su elevado coste.

En el análisis de sensibilidad, se concluye que una disminución del precio de los componentes y un aumento del interés de mercado conlleva a una reducción significativa del coste de la inversión. En concreto, para la vivienda doméstica y granja ovina, un aumento del interés de mercado a un 4 %, supone un ahorro del 15,2 % y 12,64 % respectivamente; así como un ahorro del 5,69 % y 11,28 % al disminuir el precio de los paneles fotovoltaicos, aerogeneradores y baterías a un 80 %, 90 % y 90%. Por otro lado, un aumento de la inflación del combustible, equivale a un aumento considerable del coste en aquellos sistemas en los que el generador diésel tenga que entrar en funcionamiento para cubrir la demanda. Por ejemplo, en el caso de vivienda doméstica, al aumentar la inflación del combustible a un 7 y 9 %, el coste aumenta de 29.335 € a 30.100 €. Por último, una disminución del viento en instalaciones con sistema fotovoltaico-eólico-baterías con apoyo de generador diésel, provoca una reducción de la energía generada por el aerogenerador, necesitando uno de mayor potencia o mayor número de ramas de paneles en paralelo, aumentando el coste. Por el contrario, una reducción del mismo, se traduce en la necesidad de un menor número de paneles, disminuyendo el coste (caso sistema tipo granja ovina). Estos resultados pueden ser aplicados al resto de sistemas aislados.

## **Bibliografía**

- [1] J. Schiffer, D.U. Sauer, H. Bindner, T. Cronin, P. Lundsager, R. Kaiser, Model prediction for ranking lead-acid batteries according to expected lifetime in renewable energy systems and autonomous power-supply systems, *J. Power Sources*. 168 (2007) 66–78.  
doi:10.1016/j.jpowsour.2006.11.092.
- [2] J. Schuhmacher, INSEL – Interactive Simulation of Renewable Electrical Energy Supply Systems-, Reference Manual, (1993).
- [3] J. Manwell, J. McGowan, A Lead Acid Battery Storage Model for Hybrid Energy Systems, *Sol. Energy*. 50 (1993) 399–405.
- [4] J. Copetti, E. Lorenzo, F. Chenlo, A general battery model for PV system simulation, *Prog Photovolt*. 1 (1993) 283–292.
- [5] J. Copetti, F. Chenlo, Lead/acid batteries for photovoltaic applications. Test results and modeling, *J. Power Sources*. 47 (1994) 109–18.
- [6] <http://www.adrase.com/>
- [7] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [8] <https://power.larc.nasa.gov/>
- [9] <https://ihoga.unizar.es/>
- [10] <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/noticias/cuanta-energia-consume-una-casa-571584>
- [11] “Instalación eléctrica mediante energías renovables en una quesería de DO Idiazabal aislada de red en Salvatierra”, Daniel Santamaria Cabodevilla.
- [12] <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/5-datos-que-usted-debe-tener-claros-sobre-los-tanques-frios>
- [13] [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-05922013000300013](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922013000300013)
- [14] [http://www.adecuara.org/perfil\\_contratante/pliego\\_prescripciones\\_tecnicas\\_obrador\\_lacteos.pdf](http://www.adecuara.org/perfil_contratante/pliego_prescripciones_tecnicas_obrador_lacteos.pdf)
- [15] <http://setpar.com/pdf/Miniformatgeries.pdf>
- [16] <http://www.electrocalculator.com/tabla-agrupada.php>
- [17] "Curso interactivo de energía solar fotovoltaica". CD ROM, R. Dufo, J.L. Bernal, Prensas universitarias de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza (España), 2005.
- [18] [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_FV\\_Pliego\\_aisladas\\_de\\_red\\_09\\_d5e0a327.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_Pliego_aisladas_de_red_09_d5e0a327.pdf)
- [19] <https://www.monsolar.com>
- [20] “Nuevo método de cálculo de secciones de cables de baja tensión”, R. Dufo, Técnica Industrial 252- Marzo 2004.
- Recuperado en :<http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/11/39/a39.pdf>

[21] <http://www.cetm.es/principal/carburantes/gasoleos/datos.asp>

[22] <https://www.monsolar.com/blog/la-energia-solar-fotovoltaica-sin-primas-ya-es-rentable/>

[23] Norma ITC-BT- 19.

Recuperado en: [http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia\\_bt\\_19\\_feb09R2.pdf](http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_19_feb09R2.pdf)

## Anexos

### Anexo 1. Comparativa de los datos de irradiación solar sobre superficie horizontal.

Se han obtenido los valores de irradiación media diaria de tres fuentes:

- **Plataforma ADRASE:** permite el acceso a los mapas de radiación solar de España estimados por CIEMAT a partir del tratamiento de imágenes de satélite.
- **PVGIS:** herramienta oficial de la Unión Europea que proporciona la radiación de sol estimada en Europa, Asia, África; además de la producción que servirá para dimensionar de forma óptima las instalaciones de energía solar aislada.
- Base de datos climatológicos de la **NASA**.

#### a. Datos de irradiación sobre superficie horizontal obtenidos mediante la plataforma ADRASE:

MES	Irradiación Gran Canaria (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Almería (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Cáceres (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Madrid (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Zaragoza (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación A Coruña (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Gijón (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	3,9	3	2,2	2,1	2,1	1,4	1,7
Febrero	4,7	4	3,3	3,2	3,2	2,1	2,5
Marzo	6	5,1	5	4,8	4,6	3,3	3,5
Abril	6,6	6,2	6,1	5,9	5,8	4,9	4,5
Mayo	7,5	7,6	6,9	7	7,1	4,9	5,1
Junio	7,8	8	7,9	8	7,8	6,9	6,1
Julio	7,6	7,7	7,8	7,8	7,6	6,1	5,5
Agosto	7,2	7	7	6,9	6,6	5,6	4,9
Septiembre	6,1	5,7	5,5	5,3	5,2	4,3	4,3
Octubre	5	4,2	3,8	3,6	3,3	2,8	2,8
Noviembre	4	3,2	2,7	2,4	2,2	1,6	1,7
Diciembre	3,5	2,6	2	1,8	1,7	1,4	1,5
Media	5,83	5,36	5,02	4,9	4,77	3,78	3,68

Tabla 42. Datos de irradiación sobre superficie horizontal obtenidos mediante ADRASE. Fuente propia

**b. Datos de irradiación sobre superficie horizontal obtenidos mediante PVGIS**

MES	Irradiación Gran Canaria (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Almería (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Cáceres (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Madrid (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Zaragoza (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación A Coruña (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Gijón (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	3,71	2,63	2,13	2	1,98	1,4	1,54
Febrero	4,49	3,61	3,26	3,02	3,17	2,35	2,36
Marzo	5,85	5,16	4,73	4,48	4,84	3,81	3,73
Abril	6,43	6,03	5,64	5,36	5,52	4,6	4,56
Mayo	7,27	6,91	6,75	6,4	6,73	5,34	5
Junio	7,88	7,73	7,73	7,44	7,41	5,93	5,43
Julio	8,14	7,6	8,12	7,97	7,63	5,98	5,46
Agosto	7,49	6,7	7,02	6,85	6,57	5,49	4,93
Septiembre	5,94	5,33	5,34	5,12	5,14	4,5	4,3
Octubre	4,88	4,08	3,79	3,56	3,63	2,83	2,9
Noviembre	3,81	2,89	2,49	2,32	2,32	1,67	1,68
Diciembre	3,33	2,37	1,95	1,83	1,73	1,34	1,42
Media	5,77	5,09	4,91	4,7	4,72	3,77	3,61

Tabla 43. Datos de irradiación sobre superficie horizontal obtenidos mediante PVGIS. Fuente propia

**c. Datos de irradiación sobre superficie horizontal obtenidos mediante NASA:**

MES	Irradiación Gran Canaria (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Almería (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Cáceres (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Madrid (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Zaragoza (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación A Coruña (kWh/m <sup>2</sup> )	Irradiación Gijón (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	4,09	2,73	2,26	2,03	1,89	1,49	1,5
Febrero	5,1	3,58	3,14	2,96	3,03	2,3	2,2
Marzo	6,34	4,82	4,46	4,29	4,32	3,6	3,35
Abril	7,37	6,12	5,47	5,11	5,2	4,91	4,2
Mayo	7,88	6,8	6,42	5,95	5,97	5,88	4,86
Junio	8,13	7,61	7,58	7,09	6,7	6,44	5,26
Julio	7,96	7,65	7,77	7,2	6,77	6,33	5,33
Agosto	7,51	6,81	6,8	6,34	5,8	5,67	4,72
Septiembre	6,54	5,4	5,14	4,87	4,53	4,37	3,84
Octubre	5,37	3,91	3,32	3,13	3,03	2,72	2,4
Noviembre	4,25	2,85	2,34	2,13	2,07	1,69	1,57
Diciembre	3,72	2,38	1,87	1,7	1,59	1,28	1,25
Media	6,19	5,06	4,71	4,4	4,24	3,89	3,37

Tabla 44. Datos de irradiación sobre superficie horizontal obtenidos de la NASA. Fuente propia

## **Anexo 2. Cálculo del consumo eléctrico de una granja ovina**

Esta granja ovina destinada al cuidado del ganado y a la producción de lácteos, está dividida en dos zonas:

- **Zona de quesería:** dedicada a la elaboración del queso, desde que llega la leche recién ordeñada hasta que el queso ya es apto para ser consumido. Toda quesería debe estar formada por al menos cuatro salas, que son:
  - **Sala de cuajado y prensado:** se realiza la coagulación de la leche mediante la cuba de cuajado para, posteriormente, introducir la cuajada en moldes mediante la prensa. Para la realización de este proceso, el abastecimiento de la leche se realiza por medio de una bomba que transporta la leche hacia el tanque de enfriamiento de la granja.
  - **Sala de salado:** se realiza el desmolde de la cuajada una vez transcurrido el tiempo necesario, obteniendo así el queso. Posteriormente, se realiza el salado del queso mediante la inmersión en la salmuera.
  - **Cámara de maduración:** es donde el producto se almacena hasta que adquiere las condiciones necesarias que hacen que pueda ser consumido. Se realizan labores de limpieza y volteo de los quesos.
  - **Sala de envasado:** en esta sala se van a llevar a cabo las labores de envasado para su conservación.
  - **El almacén:** donde los quesos quedan depositados hasta estar en disposición de circular para el consumo.
- **Zona de granja:** la granja va a tener espacio para la cría y el cuidado de 250 cabezas de ganado. Está formada por:
  - **Corral:** destinado a albergar al ganado.
  - **Sala de ordeño:** donde se realiza la extracción de la leche de las glándulas mamarias de las ovejas mediante una bomba de vacío.
  - **Sala de enfriamiento:** donde se almacena la leche ordeñada a las condiciones óptimas para su posterior tratamiento en la zona de la quesería.

Hay que tener en cuenta que el consumo eléctrico no es igual para todos los meses del año, distinguiéndose los meses de producción de leche de los meses dedicados al cuidado del ganado:

- **Meses de producción:** marzo, abril, mayo y junio.
- **Meses de no producción:** enero, febrero, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

A continuación, se va a realizar el cálculo del consumo eléctrico teniendo en cuenta las cargas y el tiempo de funcionamiento de las mismas.

- Iluminación: la iluminación se lleva a cabo mediante tubos led. En la granja hay colocados tubos led con un total de 1.000 W y en la quesería de 500 W.  
En los meses de no producción del queso la iluminación (granja) está activa en el horario de 9:00 a 11:00 y de 19:00 a 21:00, para la alimentación del ganado. Mientras que, en los meses de producción, la iluminación (granja y quesería) se activa de 7:00 a 16:00 así como de 19:00 a 21:00h, ya que a la actividad de alimentación hay que añadir la de ordeño y producción de los quesos.
- Tanque frigorífico para almacenaje de leche: permite el enfriamiento y el posterior mantenimiento de la leche a 4°C. Este tanque consume una potencia de unos 1.000 W/hora y se utiliza en los meses de producción de queso durante dos horas repartidas a lo largo del día.
- Cinta de alimentación: mediante la cual llega de manera automática el alimento a los comederos. La alimentación se realiza en el horario de 9:00 a 11:00 y de 19:00 a 21:00 h tanto en los meses de producción como en los de no producción. La potencia es de 1.500 W.
- Máquina de ordeño: permite realizar el ordeño mecánico de los animales. La bomba de vacío realiza la extracción la leche y la transporta directamente al tanque de refrigeración. Se utiliza durante los meses de producción entre las 7:00- 9:00 h y de 19:00-20:00 h con una potencia de 2.000 W.
- Cámara de refrigeración: es allí donde se lleva el producto una vez se ha acabado de trabajar y se realiza la maduración hasta que es apto para el consumo, en periodos de tiempo de entre 30 a 60 días dependiendo del peso del producto. Para que se produzca una correcta maduración es necesario mantener unas condiciones de temperatura entre 6 y 14°C y una humedad del 70 %. Consume una potencia de 2.700 W en constante funcionamiento durante todo el día en periodos de 20 minutos a la hora aproximadamente.
- Bomba de transporte: compresor encargado del transporte hasta la cuba de cuajado. Durante los meses de producción se encuentra en funcionamiento cada 30 minutos entre las 11:00 y 12:00 h con una potencia de 1.100 W.
- Cuba de cuajar: depósito tipo rectangular abierto con circuito impreso de calentamiento en fondo interior para el mantenimiento de la temperatura de cuajado constante. Construido completamente en acero inoxidable y con una capacidad de 250,500 y 1000 litros. Incorpora filtro para vaciado del suero, pala para el mezclado de los fermentos y liras de corte para el queso. Potencia de 1.100 W y funcionamiento de 4 horas (11:00-15:00h).
- Motor de salmuera: consiste en un motor que hace circular salmuera por un circuito en el cual se introducen los quesos para su salado. La temperatura de la salmuera debe estar entre 10°C a 15°C y el tiempo de salado es de 24 a 48 h. El motor es de 400 W de

potencia y su funcionamiento estimado a lo largo del día es de 1 hora a lo largo del día en los meses de producción.

- **Envasadora:** envasa los productos para su conservación hasta la hora que vayan a ser comercializados y consumidos, consta con una baja potencia de 150 W, y el horario de utilización es de 15:00 a 16:00 h en los meses de producción.

Con todos estos datos, se puede construir una tabla horaria para comprobar en qué horas habrá picos de consumo eléctrico tanto para los meses de producción como los de no producción.

### MESES DE NO PRODUCCIÓN

Para estos meses hay que tener en cuenta la cámara de refrigeración, la cinta de alimentación y la iluminación de la zona de granja.

Horas	Enero	Febrero	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
00:00-01:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
01:00-02:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
02:00-03:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
03:00-04:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
04:00-05:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
05:00-06:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
06:00-07:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
07:00-08:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
08:00-09:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
09:00-10:00	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200
10:00-11:00	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200
11:00-12:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
12:00-13:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
13:00-14:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
14:00-15:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
15:00-16:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
16:00-17:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
17:00-18:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
18:00-19:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
19:00-20:00	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200
20:00-21:00	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200	5.200
21:00-22:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
22:00-23:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
23:00-00:00	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700

Tabla 45. Tabla horaria del consumo eléctrico (W) de una granja ovina en los meses de no producción. Fuente propia

## MESES DE PRODUCCIÓN

Horas	Marzo	Abril	Mayo	Junio
00:00-01:00	4.100	4.100	4.100	4.100
01:00-02:00	4.100	4.100	4.100	4.100
02:00-03:00	4.100	4.100	4.100	4.100
03:00-04:00	4.100	4.100	4.100	4.100
04:00-05:00	4.100	4.100	4.100	4.100
05:00-06:00	4.100	4.100	4.100	4.100
06:00-07:00	4.100	4.100	4.100	4.100
07:00-08:00	7.600	7.600	7.600	7.600
08:00-09:00	7.600	7.600	7.600	7.600
09:00-10:00	7.100	7.100	7.100	7.100
10:00-11:00	7.100	7.100	7.100	7.100
11:00-12:00	7.800	7.800	7.800	7.800
12:00-13:00	6.700	6.700	6.700	6.700
13:00-14:00	6.700	6.700	6.700	6.700
14:00-15:00	6.700	6.700	6.700	6.700
15:00-16:00	5.750	5.750	5.750	5.750
16:00-17:00	4.100	4.100	4.100	4.100
17:00-18:00	4.100	4.100	4.100	4.100
18:00-19:00	4.100	4.100	4.100	4.100
19:00-20:00	9.100	9.100	9.100	9.100
20:00-21:00	7.100	7.100	7.100	7.100
21:00-22:00	4.100	4.100	4.100	4.100
22:00-23:00	4.100	4.100	4.100	4.100
23:00-00:00	4.100	4.100	4.100	4.100

Tabla 46. Tabla horaria del consumo eléctrico (W) de una granja ovina en los meses de producción. Fuente propia

### Anexo 3. Cálculo del consumo eléctrico de una casa turística de bajo consumo

#### CARGAS AC (ILUMINACIÓN ESTANCIAS)

Masía	Número	Equipo usado	Número	Potencia unidad W	Potencia total W	h/día	Consumo eléctrico diario Wh/día
Habitación	6	LED	1	11	66	4	264
Cocina	1	LED	2	11	22	4	88
Comedor	1	LED	2	11	22	4	88
Recibidor	1	LED	1	11	11	1	11
Baño	3	LED	2	11	66	2	132
Pasillo	1	LED	2	11	22	1	22
Escalera	1	LED	2	11	22	1	22
<b>Total</b>							<b>627</b>

Tabla 47. Cargas AC de iluminación de una vivienda turística de bajo consumo. Fuente propia

Para la iluminación de todas las estancias se emplean bombillas Led Softone de bajo consumo (11W).



Softone Bombilla de bajo consumo

- 11 W
- Beige
- Casquillo E27

872790090518200

#### RESTO DE CARGAS AC

CASA	Número	Equipo	Número	Potencia unidad W	Potencia total W	h/día	Consumo diario Wh/día
Comedor	1	TV	1	100	100	4	400
		Cadena musical	1	40	40	2	80
Cocina	1	Microondas	1	350	350	0,5	175
		Lavavajillas	1	1.000	1.000	4	4.000
		Tostadora	1	500	500	0,5	250
Baños	3	Secador	1	522	1.566	0,2	313,2
Habitación	6	Lámpara	2	20	240	2	480
<b>Total</b>							<b>5.698,2</b>

Tabla 48. Cargas AC de los equipos de una vivienda de bajo consumo destinada al turismo. Fuente propia.

$$E_{total} = 627 + 5698,2 = 6325,2 \text{ Wh/día} \quad [Ec.9]$$

## CONSUMO ENERGÉTICO CORRESPONDIENTE A LAVADO, PLANCHADO Y SECADO

Electrodomésticos	Wh	Usos semana	Semanas	KWh/mes
Lavadora	1.000	3 horas	4	12
Secadora	2.000	3 horas	4	24
Planchado	600	3 horas	4	7,2
<b>Total</b>				<b>43,2</b>

Tabla 49. Consumos mensuales correspondientes a labores de planchado, secado y lavado. Fuente propia.

A continuación, se muestra la tabla horaria de consumo (W) de la vivienda destinada al turismo, de acuerdo al perfil de consumo proporcionado por iHOGA para una vivienda doméstica (Figura 7) y los datos de demanda energética diaria de la Tabla 11.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
00:00-1:00	21	20	23	24	18	19
1:00-2:00	21	20	23	24	18	19
2:00-3:00	21	20	23	24	18	19
3:00-4:00	21	20	23	24	18	19
4:00-5:00	21	20	23	24	18	19
5:00-6:00	21	20	23	24	18	19
6:00-7:00	105	100	116	120	90	93
7:00-8:00	168	160	186	192	144	149
8:00-9:00	126	120	139	144	108	112
9:00-10:00	105	100	116	120	90	93
10:00-11:00	105	100	116	120	90	93
11:00-12:00	294	280	325	336	252	261
12:00-13:00	294	280	325	336	252	261
13:00-14:00	210	200	232	240	180	186
14:00-15:00	168	160	186	192	144	149
15:00-16:00	147	140	163	168	126	130
16:00-17:00	126	120	139	144	108	112
17:00-18:00	168	160	186	192	144	149
18:00-19:00	231	220	256	264	198	205
19:00-20:00	252	240	279	288	216	224
20:00-21:00	273	260	302	312	234	242
21:00-22:00	252	240	279	288	216	224
22:00-23:00	231	220	256	264	198	205
23:00-24:00	84	80	93	96	72	75

Tabla 50. Tabla horaria del consumo eléctrico (W) de una vivienda de bajo consumo destinada al turismo. Fuente propia

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
00:00-1:00	24	21	25	18	19	21
1:00-2:00	24	21	25	18	19	21
2:00-3:00	24	21	25	18	19	21
3:00-4:00	24	21	25	18	19	21
4:00-5:00	24	21	25	18	19	21
5:00-6:00	24	21	25	18	19	21
6:00-7:00	120	104	124	90	93	105
7:00-8:00	192	166	198	144	149	168
8:00-9:00	144	125	149	108	112	126
9:00-10:00	120	104	124	90	93	105
10:00-11:00	120	104	124	90	93	105
11:00-12:00	336	291	347	252	261	295
12:00-13:00	336	291	347	252	261	294
13:00-14:00	240	208	248	180	186	210
14:00-15:00	192	166	198	144	149	168
15:00-16:00	168	145	174	126	130	147
16:00-17:00	144	125	149	108	112	126
17:00-18:00	192	166	198	144	149	168
18:00-19:00	264	228	273	198	205	231
19:00-20:00	288	249	298	216	224	252
20:00-21:00	311	270	322	234	242	273
21:00-22:00	288	249	298	216	224	252
22:00-23:00	264	228	273	198	205	231
23:00-24:00	96	83	99	72	75	84

Tabla 51. Tabla horaria del consumo eléctrico (W) de una vivienda de bajo consumo destinada al turismo. Fuente propia

## **Anexo 4. Cálculo del consumo eléctrico del refugio de montaña de Respumoso**

El refugio de montaña de Respumoso ha ofrecido los siguientes datos de consumo:

- 6 acumuladores de calefacción: 2.000 W/acumulador.
- 3 Frigoríficos (5,7°C): 900 W/frigorífico.
- Termo de agua caliente para la cocina: 1.500 W.
- Congelador (-19,7°C): 1.000 W.
- Lavadora y secadora: 2.000W cada una.
- Microondas :1.000W.
- Luz: 1.000 W.

El mayor consumo energético proviene de los acumuladores, los cuales se cargarán en las horas donde menos huéspedes haya, para poder usar después ese calor cuando llegue la gente al refugio.

Además de los acumuladores, hay otros consumos bastante relativos como el microondas que se enciende unos pocos minutos, la lavadora y la secadora.

Con todo esto, la demanda anual del refugio de montaña a estudiar en temporada baja es de 13.500 kWh/año=36,98 kWh/día.

	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
<b>00:00-1:00</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,4
<b>1:00-2:00</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,4
<b>2:00-3:00</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,4
<b>3:00-4:00</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,4
<b>4:00-5:00</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,4
<b>5:00-6:00</b>	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	5,4
<b>6:00-7:00</b>	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	5,4
<b>7:00-8:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>8:00-9:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>9:00-10:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>10:00-11:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>11:00-12:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>12:00-13:00</b>	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	3,8
<b>13:00-14:00</b>	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	3,8
<b>14:00-15:00</b>	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	3,8
<b>15:00-16:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>16:00-17:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>17:00-18:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>18:00-19:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>19:00-20:00</b>	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	2,7
<b>20:00-21:00</b>	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	7,6
<b>21:00-22:00</b>	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	7,6
<b>22:00-23:00</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,4
<b>23:00-24:00</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,4
<b>Total kWh</b>	<b>36,98</b>	<b>36,98</b>	<b>36,98</b>	<b>36,98</b>	<b>36,98</b>	<b>73,96</b>

*Tabla 52. Tabla horaria del consumo eléctrico (kW) de un refugio de montaña. Fuente propia*

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
00:00-1:00	1,4	1,4	1,4	0,7	0,7	0,7
1:00-2:00	1,4	1,4	1,4	0,7	0,7	0,7
2:00-3:00	1,4	1,4	1,4	0,7	0,7	0,7
3:00-4:00	1,4	1,4	1,4	0,7	0,7	0,7
4:00-5:00	1,4	1,4	1,4	0,7	0,7	0,7
5:00-6:00	5,4	5,4	5,4	2,7	2,7	2,7
6:00-7:00	5,4	5,4	5,4	2,7	2,7	2,7
7:00-8:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
8:00-9:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
9:00-10:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
10:00-11:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
11:00-12:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
12:00-13:00	3,8	3,8	3,8	1,9	1,9	1,9
13:00-14:00	3,8	3,8	3,8	1,9	1,9	1,9
14:00-15:00	3,8	3,8	3,8	1,9	1,9	1,9
15:00-16:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
16:00-17:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
17:00-18:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
18:00-19:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
19:00-20:00	2,7	2,7	2,7	1,4	1,4	1,4
20:00-21:00	7,6	7,6	7,6	3,8	3,8	3,8
21:00-22:00	7,6	7,6	7,6	3,8	3,8	3,8
22:00-23:00	1,4	1,4	1,4	0,7	0,7	0,7
23:00-24:00	1,4	1,4	1,4	0,7	0,7	0,7
<b>Total kWh</b>	<b>73,96</b>	<b>73,96</b>	<b>73,96</b>	<b>36,98</b>	<b>36,98</b>	<b>36,98</b>

Tabla 53. Tabla horaria del consumo eléctrico (kW) de un refugio de montaña. Fuente propia

## Anexo 5. Dimensionado de sistemas fotovoltaicos-baterías en hoja Excel

Para este dimensionado se toman los datos de irradiación solar de la base de datos de PVGIS para las siguientes inclinaciones:

- 60° exceptuando Gran Canaria 45°.
- 30° exceptuando Gran Canaria 15°.

### A.5.1. Dimensionado del número de paneles fotovoltaicos

Considerando:

- Edía: consumo en kWh/día de cada sistema autónomo.
- Vn: tensión nominal del sistema (48 V).
- HPSI: número de horas que, con una irradiancia de 1 kW/m<sup>2</sup> se puede llegar a recibir la misma energía (Gdm) que la que realmente llega a los paneles durante el día.

Se calcula la corriente en el mes peor (valor máximo de corriente necesaria para cada mes que deben de dar los paneles solares de forma que se cubra el consumo diario Edía.

$$I_m = \frac{E_{\text{día}}}{HPSI \times V_n} \quad [\text{Ec.10}]$$

#### a. Vivienda doméstica

Inclinación	Localidad	Im (A)
45°	Gran Canaria	36,67
15°	Gran Canaria	50,62
60°	Almería	29,26
60°	Cáceres	29,72
60°	Madrid	35,89
60°	Zaragoza	35,98
60°	A Coruña	34,13
60°	Gijón	42,94

Tabla 54. Valor de Im (A) en una vivienda doméstica. Fuente propia

#### b. Granja ovina

Inclinación 60° (Gran Canaria 45°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	306,16	324,65	390,56	413,35	400,6	643,94	512,61
Febrero	296,26	283,85	299,1	324,65	291,28	430,48	399,57
Marzo	457,95	456,44	480,25	503,92	445,4	585,05	568,2
Abril	494,88	496,67	518,1	540,4	510,44	612,3	600,32
Mayo	494,88	531,05	529,02	548	512,33	626,18	640,71
Junio	486,17	533,1	517,13	523	514,24	610,94	646,71
Julio	256,30	291,28	269,14	267,75	271,01	330,86	349,4
Agosto	243,11	273,87	255,46	256,3	262,35	307,36	321,97
Septiembre	261,9	270,54	257,58	267,75	259,29	292,92	299,1
Octubre	284,89	278,27	283,85	306,16	286,99	386,68	354,97
Noviembre	321,31	310,42	345,53	378,24	354,17	558,54	509,26
Diciembre	347,84	342,49	399,57	421,17	429,29	592,52	502,69

Tabla 55. Valor de Im (A) en una granja ovina para unas inclinaciones de 60° y 45°. Fuente propia

### Inclinación 30° (Gran Canaria 15°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	365,81	371,92	453,01	480,97	472,23	731,62	599,36
Febrero	328,08	303,77	327,39	354,98	324,66	467,97	437,74
Marzo	459,48	439,03	470,44	495,78	445,4	581,36	567,04
Abril	446,84	424,19	451,22	473,67	452,7	546,83	537,25
Mayo	406,1	407,9	415,26	436,25	409,72	513,29	525
Junio	374,19	382,48	380,37	391,7	389,49	480,26	507,63
Julio	201,08	214,65	200,3	202,39	208,62	263,68	278,78
Agosto	209,74	223,26	211,16	214,65	222,31	265,03	277,78
Septiembre	253,81	249,34	242,74	253,81	248,15	282,82	289,12
Octubre	304,37	285,94	298,54	321,31	306,16	406,88	377,33
Noviembre	372,81	349,41	395,52	430,48	412,26	625,84	579,31
Diciembre	420,04	398,56	473,66	501,08	517,72	701,96	606,36

Tabla 56. Valor de Im (A) en una granja ovina para unas inclinaciones de 30° y 15°. Fuente propia

### c. Casa turística de bajo consumo

#### Inclinación 60° (Gran Canaria 45°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	14,21	15,07	18,12	19,18	18,59	29,88	23,79
Febrero	13,08	12,53	13,2	14,33	12,86	19	17,63
Marzo	13,27	13,23	13,92	14,6	12,91	16,95	16,47
Abril	14,83	14,88	15,52	16,19	15,29	18,34	17,99
Mayo	11,13	11,94	11,9	12,35	11,52	14,08	14,41
Junio	11,3	12,39	12,02	12,16	11,95	14,2	15,03
Julio	13,57	15,43	14,25	14,18	14,35	17,52	18,5
Agosto	11,15	12,56	11,72	11,76	12,04	14,1	14,77
Septiembre	14,36	14,83	14,12	14,68	14,22	16,06	16,4
Octubre	11,35	11,09	11,31	12,2	11,44	15,41	14,15
Noviembre	13,24	12,79	14,23	15,58	14,59	23	20,97
Diciembre	16,14	15,89	18,54	19,54	19,92	27,49	23,32

Tabla 57. Valor de Im (A) en una casa hotelera para unas inclinaciones de 60° y 45°. Fuente propia

#### Inclinación 30° (Gran Canaria 15°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	16,97	17,26	21,02	22,32	21,91	33,94	27,81
Febrero	14,48	13,41	14,45	15,67	14,33	20,65	19,32
Marzo	13,32	12,72	13,63	14,37	12,91	16,85	16,43
Abril	13,39	12,71	13,52	14,19	13,56	16,38	16,1
Mayo	9,13	9,18	9,34	9,81	9,22	11,54	11,81
Junio	8,7	8,89	8,84	9,11	9,06	11,16	11,8
Julio	10,65	11,37	10,61	10,72	11,05	13,96	14,76
Agosto	9,62	10,24	9,69	9,85	10,2	12,16	12,74
Septiembre	13,92	13,67	13,31	13,92	13,61	15,51	15,85
Octubre	12,13	11,4	11,9	12,81	12,2	16,21	15,04
Noviembre	15,36	14,39	16,29	17,73	16,98	25,77	23,86
Diciembre	19,49	18,49	21,98	23,25	24,02	32,57	28,13

Tabla 58. Valor de Im (A) en una casa hotelera para unas inclinaciones de 30° y 15°. Fuente propia

#### d. Refugio de montaña

##### Inclinación 60° (Gran Canaria 45°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	151,36	160,51	193,09	204,36	198,06	318,36	253,43
Febrero	146,47	140,34	147,88	160,51	144,01	212,83	197,55
Marzo	127,77	127,35	133,99	140,59	124,27	163,23	158,53
Abril	138,07	138,57	144,55	150,77	142,41	170,83	167,49
Mayo	138,07	148,16	147,59	153,17	142,94	174,7	178,76
Junio	271,28	297,46	288,55	291,83	286,94	340,9	360,86
Julio	253,43	288,01	266,12	264,75	267,98	327,15	345,48
Agosto	240,38	270,8	252,6	253,43	259,4	303,92	318,36
Septiembre	258,97	267,51	254,69	264,75	256,38	289,64	295,75
Octubre	140,85	137,58	140,34	151,36	141,89	191,18	175,5
Noviembre	158,85	153,47	170,83	187	175,1	276,14	251,78
Diciembre	171,97	169,33	197,55	208,23	212,24	292,94	248,53

Tabla 59. Valor de  $I_m$  (A) en un refugio de montaña para unas inclinaciones de 60° y 45°. Fuente propia

##### Inclinación 30° (Gran Canaria 15°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	180,85	183,88	223,96	237,79	233,46	361,7	296,32
Febrero	162,2	150,18	161,86	175,5	160,51	231,36	216,41
Marzo	128,19	122,49	131,25	138,32	124,27	162,2	158,2
Abril	124,67	118,35	125,89	132,15	126,3	152,56	149,89
Mayo	113,3	113,8	115,86	121,71	114,31	143,21	146,47
Junio	208,79	213,42	212,24	218,56	217,33	267,98	283,25
Julio	198,82	212,24	198,06	200,11	206,27	260,72	275,65
Agosto	207,38	220,75	208,79	212,24	219,81	262,05	274,66
Septiembre	250,96	246,54	240,01	250,96	245,36	279,65	285,87
Octubre	150,48	141,37	147,59	158,85	151,36	201,16	186,55
Noviembre	184,32	172,74	195,54	212,83	203,82	309,41	286,41
Diciembre	207,66	197,04	234,17	247,73	255,96	347,04	299,78

Tabla 60. Valor de  $I_m$  (A) en un refugio de montaña para unas inclinaciones de 30° y 15°. Fuente propia

Una vez calculado  $I_m$  se calcula  $I_p$  (intensidad de pico) como:

$$I_p = I_m \times FS \quad [Ec.11]$$

Se toma como factor de seguridad (FS)=1,2 al considerar posibles pérdidas en el cableado, inversor, y sombras o suciedad en los paneles fotovoltaicos.

Se utilizan los paneles fotovoltaicos SCL-260P1 con una corriente de cortocircuito ( $I_{pcc}$ ) para condiciones estándar (STC) de 8,9 A.

El número de paneles en paralelo se calcula como:

$$N_{pp} = I_p / I_{pcc} \quad [Ec.12]$$

a. Vivienda doméstica

Inclinación	Localidad	Npp
45°	Gran Canaria	5
15°	Gran Canaria	7
60°	Almería	4
60°	Cáceres	5
60°	Madrid	5
60°	Zaragoza	5
60°	A Coruña	5
60°	Gijón	6

Tabla 61. Número de paneles en paralelo necesarios en una vivienda doméstica. Fuente propia

b. Granja ovina

Inclinación 60° (Gran Canaria 45°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	42	44	53	56	55	87	70
Febrero	40	39	41	44	40	59	54
Marzo	62	62	65	68	61	79	77
Abril	67	67	70	73	69	83	81
Mayo	67	72	72	75	70	85	87
Junio	66	72	70	71	70	83	88
Julio	35	40	37	37	37	45	48
Agosto	33	37	35	35	36	42	44
Septiembre	36	37	35	37	35	40	41
Octubre	39	38	39	42	39	53	48
Noviembre	44	42	47	51	48	76	69
Diciembre	47	47	54	57	58	80	68

Tabla 62. Número de paneles en paralelo necesarios en una granja ovina para una inclinación de 60°y 45°. Fuente propia

Inclinación 30° (Gran Canaria 15°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	50	51	62	65	64	99	81
Febrero	45	41	45	48	44	64	60
Marzo	62	60	64	67	61	79	77
Abril	61	58	61	64	62	74	73
Mayo	55	55	56	59	56	70	71
Junio	51	52	52	53	53	65	69
Julio	28	29	28	28	29	36	38
Agosto	29	31	29	29	30	36	38
Septiembre	35	34	33	35	34	39	39
Octubre	42	39	41	44	42	55	51
Noviembre	51	48	54	59	56	85	79
Diciembre	57	54	64	68	70	95	82

Tabla 63. Número de paneles en paralelo necesarios en una granja ovina para una inclinación de 30°y 15°. Fuente propia

**c. Casa turística de bajo consumo**

**Inclinación 60° (Gran Canaria 45°)**

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	2	3	3	3	3	5	4
Febrero	2	2	2	2	2	3	3
Marzo	2	2	2	2	2	3	3
Abril	2	3	3	3	3	3	3
Mayo	2	2	2	2	2	2	2
Junio	2	2	2	2	2	2	3
Julio	2	3	2	2	2	3	3
Agosto	2	2	2	2	2	2	2
Septiembre	2	2	2	2	2	3	3
Octubre	2	2	2	2	2	3	2
Noviembre	2	2	2	3	2	4	3
Diciembre	3	3	3	3	3	4	4

Tabla 64. Número de paneles en paralelo necesarios en una vivienda turística para una inclinación de 60°y 45°.  
Fuente propia

**Inclinación 30° (Gran Canaria 15°)**

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	3	3	3	4	3	5	4
Febrero	2	2	2	3	2	3	3
Marzo	2	2	2	2	2	3	3
Abril	2	2	2	2	2	3	3
Mayo	2	2	2	2	2	2	2
Junio	2	2	2	2	2	2	2
Julio	2	2	2	2	2	2	2
Agosto	2	2	2	2	2	2	2
Septiembre	2	2	2	2	2	3	3
Octubre	2	2	2	2	2	3	3
Noviembre	3	2	3	3	3	4	4
Diciembre	3	3	3	4	4	5	4

Tabla 65. Número de paneles en paralelo necesarios en una vivienda turística para una inclinación de 30°y 15°.  
Fuente propia

#### d. Refugio de montaña

##### Inclinación 60° (Gran Canaria 45°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	21	22	27	28	27	43	35
Febrero	20	19	20	22	20	29	27
Marzo	18	18	19	19	17	23	22
Abril	19	19	20	21	20	24	23
Mayo	19	20	20	21	20	24	25
Junio	37	41	39	40	39	46	49
Julio	35	39	36	36	37	45	47
Agosto	33	37	35	35	35	41	43
Septiembre	35	37	35	36	35	40	40
Octubre	19	19	19	21	20	26	24
Noviembre	22	21	24	26	24	38	34
Diciembre	24	23	27	29	29	40	34

Tabla 66. Número de paneles en paralelo necesarios en un refugio de montaña para una inclinación de 60°y 45°.  
Fuente propia

##### Inclinación 30° (Gran Canaria 15°)

	Gran Canaria	Almería	Cáceres	Madrid	Zaragoza	A Coruña	Gijón
Enero	25	25	31	33	32	49	40
Febrero	22	21	22	24	22	32	30
Marzo	18	17	18	19	17	22	22
Abril	17	16	17	18	18	21	21
Mayo	16	16	16	17	16	20	20
Junio	29	29	29	30	30	37	39
Julio	27	29	27	27	28	36	38
Agosto	28	30	29	29	30	36	38
Septiembre	34	34	33	34	34	38	39
Octubre	21	20	20	22	21	28	26
Noviembre	25	24	27	29	28	42	39
Diciembre	28	27	32	34	35	47	41

Tabla 67. Número de paneles en paralelo necesarios en un refugio de montaña para una inclinación de 30°y 15°.  
Fuente propia

Como la tensión de máxima potencia del panel escogido es de 30,7 V, y ésta es menor a la tensión del sistema (48 V) se necesitan 2 paneles en serie (Nps).

El número de paneles solares totales necesarios es:

$$Np = Nps * Npp \quad [Ec.13]$$

Los resultados obtenidos para los cuatro tipos de sistemas aislados durante los distintos meses del año, están contenidos en las tablas 13,14,15 y 16 respectivamente.

### **A.5.2. Cálculo de la sección de cable.**

Para las instalaciones de los cuatro sistemas aislados se va a utilizar un cable tipo PV ZZ-S de cobre fabricado especialmente para instalaciones fotovoltaicas, con doble aislamiento y gran resistencia a la intemperie. Los cables son no propagadores de incendios, y con emisión de humos y opacidad reducida.

Datos a tener en cuenta:

- Distancia (D) entre paneles y regulador, regulador y baterías, y baterías e inversor (Tabla 23).
- Conductividad del cobre a una temperatura de 90° ( $\gamma$ )= 44 m/ $\Omega$ mm<sup>2</sup>.
- Caídas de tensión máxima según el pliego de condiciones técnicas del IDAE para sistemas aislados.
- Intensidad máxima que circulará en cada una de las cadenas de paneles conectados en serie:

$$I = I_{pcc_{panel}} \times N_{pp} \quad [Ec.14]$$

- Tensión nominal: Vn=48 V.

#### **a. Vivienda doméstica**

##### **Paneles-regulador**

Suponiendo que entre los paneles y los reguladores hay una distancia de 10 metros, que la máxima caída de tensión ( $\Delta V$ ) según el pliego de condiciones técnicas del IDAE es del 3 % y que la intensidad que circulará como máximo será la correspondiente a las 7 ramas de paneles en paralelo (7ramas x8,9 A=62,3 A), se calcula la sección de cable necesaria:

$$Sección_{cable} = \frac{2 \times D \times I}{\gamma \times Vn \times \Delta V} = \frac{2 \times 10 \times 7 \times 8,9}{44 \times 48 \times 0,03} = 19,67 \text{ mm}^2 \quad [Ec.15]$$

Se elige la sección inmediatamente superior a la calculada, que coincida con alguna de las secciones estándar que se comercializan:

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
<b>A</b>		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
<b>A2</b>		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
<b>B</b>		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
<b>B2</b>		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR		2x XLPE o EPR				
<b>C</b>		Cables multiconductores directamente sobre la pared				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
<b>E</b>		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0.3D					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
<b>F</b>		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D						3x PVC			3x XLPE o EPR		
<b>G</b>		Cables unipolares separados mínimo D								3x PVC		3x XLPE o EPR	
		mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Cobre</b>		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Tabla 68. Intensidades admisibles (A) al aire 40°. Fuente [23]

Por lo que la sección del cable será de 25 mm<sup>2</sup>.

A continuación, se aplica el criterio de máxima intensidad admisible para la sección calculada de 25 mm<sup>2</sup>, basándome en la norma UNE 20.460-5-523 de la guía ITC-BT 19 [23].

Suponiendo cables multiconductores directamente sobre la pared (tipo C) y con dos terminales de aislamiento PVC, la intensidad máxima admisible es de 88 A > 62,3 A.

### Regulador-baterías

Suponiendo que entre los reguladores y las baterías hay una distancia de 2 metros, que la máxima caída de tensión (ΔV) es del 1 % y que la intensidad que circulará como máximo en cada uno de los strings será de 62,3 A (8,9 x 7 ramas de paneles en paralelo), se calcula la sección de cable:

$$Sección_{cable} = \frac{2 \times D \times I}{\gamma \times V_n \times \Delta V} = \frac{2 \times 2 \times 62,3}{44 \times 48 \times 0,01} = 11,8 \text{ mm}^2 \quad [Ec.16]$$

Por lo tanto, la sección del cable será de 16 mm<sup>2</sup> con una intensidad máxima admisible de 70 A > 62,3 A.

### Baterías- inversor

La distancia y la caída máxima de tensión es la misma que en caso de regulador-baterías obteniéndose los mismos valores de sección e intensidad.

### b. Granja ovina

Como ya se ha dicho anteriormente, no hay un regulador en el mercado que soporte una intensidad tan elevada, repartiéndose, por tanto, en diferentes reguladores.

Para poder realizar este apartado se va a elegir el regulador STECA P TAROM 4110 de 110 A (Anexo 7). Se podrá colocar un número de líneas en paralelo igual a:

$$N^{\circ} \text{ líneas por regulador} = \frac{110}{8,9} = 12,36 = 12 \frac{\text{líneas}}{\text{regulador}} \quad [Ec.17]$$

En A Coruña (localidad donde se necesita mayor número de paneles) hay 87 ramas de paneles en paralelo. Suponiendo que cada regulador tiene 10 ramas de paneles ( $\leq 12$ ) y que la instalación tiene un total de 90, se necesitarán:

$$N^{\circ} \text{ reguladores} = \frac{90}{10} = 9 \text{ reguladores} \quad [Ec.18]$$

Este resultado es el más óptimo para que todos los reguladores tengan el mismo número de paneles conectados, evitando que actúen como receptores.

Teniendo en cuenta las distancias de la Tabla 23 y las caídas de tensión máximas de la Tabla 21, se obtienen los siguientes resultados:

	Sección (mm <sup>2</sup> )	Sección estandarizada (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima (A)
<b>Paneles-regulador</b>	28,09	35	110
<b>Regulador-baterías</b>	16,86	25	88
<b>Baterías-inversor</b>	16,86	25	88

Tabla 69. Sección de cable necesaria en una granja ovina. Fuente propia

### c. Casa turística de bajo consumo

En este caso, se va a estudiar la sección de cable necesaria para  $N_{pp}=5$ .

	Sección (mm <sup>2</sup> )	Sección estandarizada (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima adm. (A)
<b>Paneles-regulador</b>	14,05	16	70
<b>Regulador-baterías</b>	8,43	10	52
<b>Baterías-inversor</b>	8,43	10	52

Tabla 70. Sección de cable necesaria en una vivienda destinada al turismo. Fuente propia

### d. Refugio de montaña

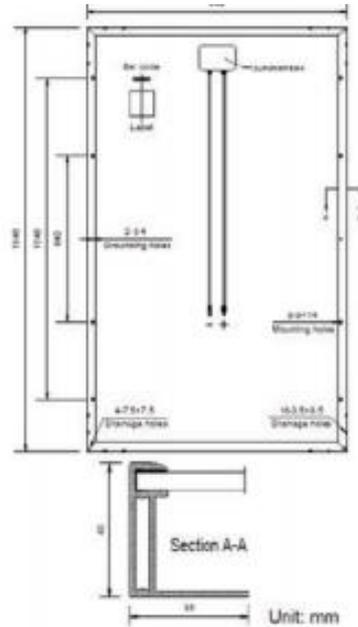
Al igual que ocurre en la granja ovina, se elegirá el regulador STECA P TAROM 4110, pudiéndose colocar un máximo de 12 ramas por regulador. En este caso, se necesitan 46 ramas de paneles en paralelo para la localidad de A Coruña. Tomando como dato que el número total de ramas de paneles es de 48 y que cada regulador tendrá 12 ramas, se necesitarán 4 reguladores.

	Sección (mm <sup>2</sup> )	Sección estandarizada (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima adm. (A)
<b>Paneles-regulador</b>	33,71	35	110
<b>Regulador-baterías</b>	20,23	25	88
<b>Baterías- inversor</b>	20,23	25	88

Tabla 71. Sección de cable necesaria en un refugio de montaña. Fuente propia

En todos los casos se cumple el criterio de intensidad máxima admisible.

## Anexo 6. Ficha técnica del panel SCL 260-P1



Características del Panel SCL-260P1	
Máxima potencia (Pmax):	260W
Voltaje a potencia máxima (Vmp):	30.7V
Intensidad a potencia máxima (Imp):	8.47A
Voltaje en circuito abierto (Voc):	38.2V
Intensidad de cortocircuito (Isc):	8.90 A
Tolerancia de potencia:	0/3%W
Células:	60 células policristalinas (6x10)
Fabricante:	Saclima
Dimensiones:	1640 x 992 x 40 mm
Peso:	18.5 Kg
Cableado:	Longitud de 900 mm
Carga máxima:	Carga de viento: 2400 Pa ; Carga de peso: 5400 Pa.
Caja de conexión:	TÜV Certificado

## Anexo 7. Especificaciones del cable e inversor seleccionados para el dimensionado

Cable PV ZZ-F de cobre



### CARACTERÍSTICAS



#### Características eléctricas

BAJA TENSIÓN 1,5/1,5 - 1kV - (1,8) kV DC



#### Norma de referencia

EN 50618/ TÜV 2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502



#### Certificaciones

Certificados

CE  
TÜV  
EN  
RoHS



E<sub>ca</sub>



#### Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 120°C.  
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).  
Temp. mínima de servicio: -40°C



#### Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.  
Libre de halógenos según UNE-EN 60754 e IEC 60754  
Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%.  
Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2.  
Reacción al fuego CPR, E<sub>ca</sub> según la norma EN 50575



#### Características mecánicas

Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior.  
Resistencia a los impactos: AG2 Medio.



#### Características químicas

Resistencia a grasas y aceites: excelente.  
Resistencia a los ataques químicos: excelente.



#### Resistencia a los rayos Ultravioleta

Resistencia a los rayos ultravioleta: EN 50618 y TÜV 2Pfg 1169-08.



#### Presencia de agua

Presencia de agua: AD8 sumergida.



#### Vida útil

Vida útil 30 años: Según UNE-EN 60216-2



#### Otros

Marcaje: metro a metro.



#### Condiciones de instalación

Al aire.  
Enterrado.



#### Aplicaciones

Instalaciones solares fotovoltaicas.

## Regulador STECA P TAROM 4110

Datos técnicos					
	2070	2140	4055	4110	4140
<b>Funcionamiento</b>					
Tensión del sistema	12 V (24 V)	12 V (24 V)	48 V	48 V	48 V
Consumo propio			14 mA		
<b>Datos de entrada CC</b>					
Tensión de circuito abierto del módulo solar (con temperatura de servicio mínima)	< 50 V	< 50 V	< 100 V	< 100 V	< 100 V
Corriente del módulo	70 A	140 A	55 A	110 A	140 A
<b>Datos de salida CC</b>					
Corriente de consumo	70 A	70 A	55 A	55 A	70 A
Tensión de reconexión (SOC / LVR)	> 50 % / 12,6 V (25,2 V)	> 50 % / 12,6 V (25,2 V)	> 50 % / 50,4 V	> 50 % / 50,4 V	> 50 % / 50,4 V
Protección contra descarga profunda < 30 % (SOC / LVD)	< 30 % / 11,1 V (22,2 V)	< 30 % / 11,1 V (22,2 V)	< 30 % / 44,4 V	< 30 % / 44,4 V	< 30 % / 44,4 V
<b>Datos de la batería</b>					
Tensión final de carga	13,7 V (27,4 V)	13,7 V (27,4 V)	54,8 V	54,8 V	54,8 V
Tensión de carga reforzada	14,4 V (28,8 V)	14,4 V (28,8 V)	57,6 V	57,6 V	57,6 V
Carga de compensación	14,7 V (29,4 V)	14,7 V (29,4 V)	58,8 V	58,8 V	58,8 V
Ajuste del tipo de batería	líquido (ajustable a través menú)				
<b>Condiciones de uso</b>					
Temperatura ambiente	-10 °C ... +60 °C				

## Anexo 8. Componentes- Estudio iHOGA

### a. Paneles solares

Sistema	Modelo	Tensión nominal (V)	Int. Cort. (A)	Potencia nominal (Wp)	Coste adquisición (€)	Coste O&M unitario (€/año)	Vida esperada (años)	Emisiones CO2 fabr. Y reciclado (kgCO2eq/kWp)
Vivienda	TAB:PV-135	12	8,73	135	247	2,47	25	800
	aSi12-Schott:ASI100	12	6,79	100	110	1,1	25	800
Vivienda turística	TAB:PV-135	12	8,73	135	247	2,47	25	800
	aSi12-Schott:ASI100	12	6,79	100	110	1,1	25	800
Granja ovina	TAB:PV-135	12	8,73	135	247	2,47	25	800
Refugio	TAB:PV-135	12	8,73	135	247	2,47	25	800

- En los casos de granja ovina y refugio de montaña, se ha multiplicado por 10 el valor de intensidad, potencia y costes para disminuir el tiempo de computación.

Tabla 72. Modelos de paneles solares considerados en el estudio con iHOGA. Fuente propia

### b. Aerogeneradores

Sistema	Modelo	Tipo	Coste adquisición (€)	Coste reemp. (€)	Coste O&M unitario (€/año)	Vida (años)	Emisiones Co2 (kg)
Vivienda	Bornay 3000	DC	7.555	6.000	151	15	1.800
	Bornay 6000	DC	12.056	10.000	224	15	3.500
Vivienda turística	Bornay 3000	DC	7.555	6.000	151	15	1.800
	Bornay 6000	DC	12.056	10.000	224	15	3.500
Granja ovina	Hummer:HWP-10	DC	14.000	9.500	280	20	4.000
	Hummer:HWP-20	DC	22.000	17.000	440	20	8.000
	Hummer:HWP-50	DC	59.000	48.000	1.180	20	20.000
Refugio	Hummer:HWP-10	DC	14.000	9.500	280	20	4.000
	Hummer:HWP-20	DC	22.000	17.000	440	20	8.000
	Hummer:HWP-50	DC	59.000	48.000	1.180	20	20.000

Tabla 73. Modelos de aerogeneradores considerados en el estudio con iHOGA. Fuente propia

### c. Baterías

Sistema	Modelo	Cnom(Ah)	Tensión nominal (V)	Coste adquisición (€)	Coste O&M unitario (€/año)	SOC min (%)	I máx (A)	Vida flot. a 20°C (años)	Eficiencia global (%)
Vivienda	OPZS-Hawker:TVS-5	390	2	164,9	1,65	20	78	18	85
	OPZS-FIAMM:LM1200	1.260	2	474	4,73	20	94,8	15	85
	OPZS-FIAMM:LM1875	2.100	2	831	8,31	20	166,2	15	85
Vivienda turística	OPZS-Hawker:TVS-5	390	2	164,9	1,65	20	78	18	85
	OPZS-FIAMM:LM1200	1.260	2	474	4,73	20	94,8	15	85
	OPZS-FIAMM:LM1875	2.100	2	831	8,31	20	166,2	15	85
Granja ovina	OPZS-Hawker :TZS-24	3.360	2	1.010	10,1	20	672	18	85
Refugio	OPZS-Hawker :TZS-24	3.360	2	1.010	10,1	20	672	18	85

Tabla 74. Modelos de baterías consideradas en el estudio con iHOGA. Fuente propia

### d. Inversor-cargador

Sistema	Modelo	Potencia (VA)	Vida (años)	Coste adq. (€)	Cargador	I. max carg. DC (A)	Eficiencia cargador (%)	VDC min (V)	VDC máx (V)	Reg. PV
Vivienda	STECA:XPC 1600-48	1.600	10	1440	OK	20	98	48	48	NO
	XANTREX:2x XW4548	8.000	10	4800	OK	192	98	44	64	MPPT
Vivienda turística	STECA:XPC 1600-48	1.600	10	1440	OK	20	98	48	48	NO
	XANTREX:2x XW4548	8.000	10	4800	OK	192	98	44	64	MPPT
Granja ovina	STECA:XPC 1600-48	1.600	10	1440	OK	20	98	48	48	NO
	XANTREX:2x XW4548	8.000	10	4800	OK	192	98	44	64	MPPT
	XANTREX:2x XW6048	12.000	10	6400	OK	262	98	44	64	MPPT
Refugio	STECA:XPC 1600-48	1.600	10	1440	OK	20	98	48	48	NO
	XANTREX:2x XW4548	8.000	10	4800	OK	192	98	44	64	MPPT
	XANTREX:2x XW6048	12.000	10	6400	OK	262	98	44	64	MPPT

Tabla 75. Modelos de inversores considerados en el estudio con iHOGA. Fuente propia

### e. Generador AC

Sistema	Modelo	Potencia nominal (kVA)	Coste adquisición (€)	Coste O&M (€/h)	Vida esperada(h)	Potencia mínima (% de Pn)	€/litro comb.	Inflación combustible anual (%)	Emisiones CO2 (kg CO2/ud.)
Vivienda	Diésel 1,9kVA	1,9	800	0,14	10.000	30	1,3	5	3,5
	Gasoline 0,5kVA	0,5	250	0,2	1.000	30	1,4	5	3,1
Vivienda turística	Diésel 1,9kVA	1,9	800	0,14	10.000	30	1,3	5	3,5
	Gasolina 0,5kVA	0,5	250	0,2	1.000	30	1,4	5	3,1
Granja ovina	Diésel 5,5 kVA	5,5	1.300	0,22	10.000	30	1,3	5	3,5
	Diésel 10 kVA	10	3.700	0,27	10.000	30	1,3	5	3,5
Refugio	Diésel 5,5 kVA	5,5	1.300	0,22	10.000	30	1,3	5	3,5
	Diésel 10 kVA	10	3.700	0,27	10.000	30	1,3	5	3,5

Tabla 76. Modelos de generadores diésel o gasolina considerados en el estudio con iHOGA. Fuente propia

## Anexo 9. Resultados obtenidos en el estudio mediante IHOGA

### SISTEMA HÍBRIDO

#### Vivienda doméstica

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
Edía medio (kWh/día)	3,4	3,4	3,4	3,4
VAN (€)	29.335	32.738	26.465	25.630
€/kWh	0,5	0,56	0,45	0,44
Potencia paneles (kW)	2,4	4	2	1,2
Potencia inversor (kW)	1,6	1,6	1,6	1,6
Potencia diésel (kW)	1,9	1,9	0,5	1,9
Paneles	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx6p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx10p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx5p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx3p
Baterías	OPZ S-Hawker:TVS-5 (Cn=390 Ah) 24x1	OPZ S-Hawker:TVS-5 (Cn=390 Ah) 24x1	OPZ S-Hawker:TVS-5 (Cn=390 Ah) 24x1	OPZ S-Hawker:TVS-5 (Cn=390 Ah) 24x1
Inversor-cargador	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
Regulador	STECA: PTAROM 4055(55 A)	STECA: PTAROM 4140(149 A)	STECA: PTAROM 4055(55 A)	STECA: TAROM 440(40 A)
Aerogeneradores	-	-	-	-
Energía total demandada (kWh/año)	2.332	2.332	2.332	2.332
Energía generada por paneles (kWh/año)	3.174	4.658	3.078	2.899
Energía generada por aerog (kWh/año)	0	0	0	0
Energía generada por generador AC (kWh/año)	113	32	0	49
Energía cargada en baterías kWh/año	1.410	1.363	1.443	1.412
Energía descargada en baterías	1.315	1.265	1.350	1.327
Horas carga batería	3.191,55	3.345,25	3.199,75	3.403,75
Horas descarga batería	5.460,77	5.194,87	5.488	5.299,62
Duración baterías (años)	8,06	7,51	7,13	7,61
Litros gasoil/año	44,9	12,8	0	19,3
Emisiones kg CO2/año	367	315	212	261
Estrategia	Carga cíclica	Carga cíclica	Seguimiento de la demanda	Carga cíclica

Tabla 77. Sistema óptimo-vivienda doméstica. Fuente propia

	Madrid	Cáceres	Gijón
Edía medio (kWh/día)	3,4	3,4	3,4
VAN (€)	29.054	27.927	33.117
€/kWh	0,5	0,48	0,57
Potencia paneles (kW)	2,4	2,4	4
Potencia inversor (kW)	1,6	1,6	1,6
Potencia diésel (kW)	1,9	1,9	1,9
Paneles	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4x6p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4x6p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4x10p
Baterías	OPZ S-Hawker:TVS-5(Cn=390 Ah) 24x1	OPZ S-Hawker:TVS-5(Cn=390 Ah) 24x1	OPZ S-Hawker:TVS-5(Cn=390 Ah) 24x1
Inversor-cargador	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
Regulador	STECA: PTAROM 4055(55 A)	STECA: PTAROM 4055(55 A)	STECA: PTAROM 4140(149 A)
Aerogeneradores	-	-	-
Energía total demandada (kWh/año)	2.332	2.332	2.332
Energía generada por paneles (kWh/año)	3.192	3.416	4.023
Energía generada por aerog (kWh/año)	0	0	0
Energía generada por generador AC (kWh/año)	103	34	52
Energía cargada en baterías kW/año	1.416	1.431	1.356
Energía descargada en baterías	1.319	1.328	1.259
Horas carga batería	3.192	3.194,12	3.354,62
Horas descarga batería	5.462,11	5.474,37	5.221,62
Duración baterías (años)	8,15	7,87	7,62
Litros gasoil/año	40,9	14	20,6
Emisiones kg CO2/año	354	262	339
Estrategia	Carga cíclica	Carga cíclica	Carga cíclica

Tabla 78. Sistema óptimo-vivienda doméstica. Fuente propia

### Casa turística

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
<b>Edía medio (kWh/día)</b>	3,4	3,4	3,4	3,4
<b>VAN (€)</b>	23.140	25.181	21.535	21.912
<b>€/kWh</b>	0,73	0,8	0,68	0,69
<b>Potencia paneles (kW)</b>	1,6	1,6	1,2	1,2
<b>Potencia inversor (kW)</b>	1,6	1,6	1,6	1,6
<b>Potencia diésel (kW)</b>	0,5	1,9	0,5	0,5
<b>Paneles</b>	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx4p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx4p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx3p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx3p
<b>Baterías</b>	OPZ S-Hawker:TVS-5 (Cn=390 Ah) 24x1			
<b>Inversor-cargador</b>	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
<b>Regulador</b>	STECA: TAROM 440(40 A)	STECA: TAROM 440(40 A)	STECA: TAROM 440(40 A)	STECA: TAROM 440 (40 A)
<b>Aerogeneradores</b>	-	-	-	-
<b>Energía total demandada (kWh/año)</b>	1.264	1.264	1.264	1.264
<b>Energía generada por paneles (kWh/año)</b>	2.116	1.863	1.846	2.279
<b>Energía generada por aerog (kWh/año)</b>	0	0	0	0
<b>Energía generada por generador AC (kWh/año)</b>	7	110	0	0
<b>Energía cargada en baterías kW/año</b>	866	877	902	882
<b>Energía descargada en baterías</b>	810	817	839	817
<b>Horas carga batería</b>	3.235,75	3.240,62	3.240,75	3.340,5
<b>Horas descarga batería</b>	5.308,62	5.385,37	5.437	5.224
<b>Duración baterías (años)</b>	7,04	7,57	7,49	7,04
<b>Litros gasoil/año</b>	7,1	42,9	0	0
<b>Emisiones kg CO2/año</b>	225	347	181	190
<b>Estrategia</b>	Seguimiento de la demanda			

Tabla 79. Sistema óptimo-vivienda turística. Fuente propia

	Madrid	Cáceres	Gijón
Edía medio (kWh/día)	3,4	3,4	3,4
VAN (€)	22.830	22.534	27.939
€/kWh	0,72	0,71	0,88
Potencia paneles (kW)	1,6	1,6	2,4
Potencia inversor (kW)	1,6	1,6	1,6
Potencia diésel (kW)	0,5	0,5	0,5
Paneles	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx4p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx4p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx6p
Baterías	OPZ S-Hawker:TVS 5 (Cn=390 Ah) 24x1	OPZ S-Hawker:TVS-5 (Cn=390 Ah) 24x1	OPZ S-Hawker: TVS-5 (Cn=390 Ah) 24x1
Inversor-cargador	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
Regulador	STECA: TAROM 440(40 A)	STECA: TAROM 440(40 A)	STECA: P TAROM 4055(55 A)
Aerogeneradores	-	-	-
Energía total demandada (kWh/año)	1.264	1.264	1.264
Energía generada por paneles (kWh/año)	2.128	2.277	2.414
Energía generada por aerog (kWh/año)	0	0	0
Energía generada por generador AC (kWh/año)	3	0	3
Energía cargada en baterías kW/año	874	887	846
Energía descargada en baterías	817	821	788
Horas carga batería	3.247,25	3.251	3.343
Horas descarga batería	5.332,12	5.330	5.191,71
Duración baterías (años)	7,09	7,09	6,79
Litros gasoil/año	3,7	0	3,4
Emisiones kg CO2/año	212	202	243
Estrategia	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 80. Sistema óptimo-vivienda turística. Fuente propia

## Granja ovina

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
Edía medio (kWh/día)	94	94	94	94
VAN (€)	204.555	220.297	173.528	166.699
€/kWh	0,24	0,26	0,2	0,19
Potencia aerogenerador (kW)	14,7	14,7	14,7	14,7
Potencia paneles (kW)	32,4	37,8	16,2	16,2
Potencia inversor (kW)	12	12	12	12
Potencia diésel (kW)	5,5	5,5	5,5	5,5
Paneles	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx60p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx70p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx30p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx30p
Baterías	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1			
Inversor-cargador	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048
Regulador	Reg carg. Bat incluido en inversor			
Aerogeneradores	AC Hummer : HWP-10(14700W a 14 m/s)			
Energía total demandada (kWh/año)	34.362	34.362	34.362	34.362
Energía generada por paneles (kWh/año)	45.664	43.760	26.283	30.606
Energía generada por aerog (kWh/año)	7.882	8.001	28.492	28.873
Energía generada por generador AC (kWh/año)	0	53	580	23
Energía cargada en baterías kW/año	17.237	17.590	10.900	10.216
Energía descargada en baterías	15.695	16.169	10.015	9.419
Horas carga batería	3.576,88	3.514,88	4.646,25	4.697,87
Horas descarga batería	4.976	5.048,55	3.647,25	3.496,25
Duración baterías (años)	8,15	8,18	7,69	7,32
Litros gasoil/año	0	19,8	190,5	8,6
Emisiones kg CO2/año	2.366	2.600	2.612	2.014
Estrategia	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Carga cíclica	Seguimiento de la demanda

Tabla 81. Sistema óptimo-granja ovina. Fuente propia

	Madrid	Cáceres	Gijón
Edía medio (kWh/día)	94	94	94
VAN (€)	208.659	193.335	221.706
€/kWh	0,24	0,23	0,26
Potencia aerogenerador (kW)	14,7	-	14,7
Potencia paneles (kW)	32,4	37,8	37,8
Potencia inversor (kW)	12	12	12
Potencia diésel (kW)	5	5,5	5,5
Paneles	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx60p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx70p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx70p
Baterías	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1
Inversor-cargador	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048
Regulador	Reg carg. Bat incluido en inversor	Reg carg. Bat incluido en inversor	Reg carg. Bat incluido en inversor
Aerogeneradores	AC Hummer : HWP-10(14700W a 14 m/s)	-	AC Hummer : HWP-10(14700W a 14 m/s)
Energía total demandada (kWh/año)	34.362	34.362	34.362
Energía generada por paneles (kWh/año)	46.499	56.892	41.374
Energía generada por aerog (kWh/año)	4.688	0	14.994
Energía generada por generador AC (kWh/año)	205	1	0
Energía cargada en baterías kW/año	18.795	21.912	14.405
Energía descargada en baterías	17.240	19.811	13.104
Horas carga batería	3395,77	3.319,77	4.013,5
Horas descarga batería	5200,66	5.270,33	4.456
Duración baterías (años)	8,01	8,07	7,93
Litros gasoil/año	68,7	0,6	0
Emisiones kg CO2/año	2.628	2.350	2.573
Estrategia	Carga cíclica	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 82. Sistema óptimo-granja ovina. Fuente propia

## Refugio de montaña

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
<b>Edía medio (kWh/día)</b>	49	49	49	49
<b>VAN (€)</b>	153.598	169.827	155.181	138.950
<b>€/kWh</b>	0,34	0,37	0,34	0,31
<b>Potencia paneles(kW)</b>	21,6	27	21,6	16,2
<b>Potencia inversor (kW)</b>	12	12	12	12
<b>Potencia diésel (kW)</b>	5,5	5,5	5,5	5,5
<b>Paneles</b>	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx50p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx30p
<b>Baterías</b>	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1			
<b>Inversor-cargador</b>	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048
<b>Regulador</b>	Reg carg. Bat incluido en inversor			
<b>Energía total demandada (kWh/año)</b>	18.163	18.163	18.163	18.163
<b>Energía generada por paneles (kWh/año)</b>	29.480	30.269	34.541	29.508
<b>Energía generada por aerog (kWh/año)</b>	0	0	0	0
<b>Energía generada por generador AC (kWh/año)</b>	0	0	0	3
<b>Energía cargada en baterías kW/año</b>	12.040	12.232	11.939	12.019
<b>Energía descargada en baterías</b>	11.125	11.311	11.024	11.108
<b>Horas carga batería</b>	3.393,25	3.330,87	3.375,87	3.524,25
<b>Horas descarga batería</b>	5.130,63	5.181	5.052	4.975,37
<b>Duración baterías (años)</b>	7,49	7,24	7,21	7,47
<b>Litros gasoil/año</b>	0	0	0	1,40
<b>Emisiones kg CO2/año</b>	1.927	2.142	1.976	16,20
<b>Estrategia</b>	Seguimiento de la demanda			

*Tabla 83. Sistema óptimo-refugio de montaña. Fuente propia*

	Madrid	Cáceres	Gijón
<b>Edía medio (kWh/día)</b>	49	49	49
<b>VAN (€)</b>	154.251	154.952	177.301
<b>€/kWh</b>	0,34	0,34	0,39
<b>Potencia paneles(kW)</b>	21,6	21,6	27
<b>Potencia inversor (kW)</b>	12	12	12
<b>Potencia diésel (kW)</b>	5,5	5,5	10
<b>Paneles</b>	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx50p
<b>Baterías</b>	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x1
<b>Inversor-cargador</b>	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048
<b>Regulador</b>	Reg carg. Bat incluido en inversor	Reg carg. Bat incluido en inversor	Reg carg. Bat incluido en inversor
<b>Energía total demandada (kWh/año)</b>	18.163	18.163	18.163
<b>Energía generada por paneles (kWh/año)</b>	30.038	32.096	28.683
<b>Energía generada por aerog. (kWh/año)</b>	0	0	0
<b>Energía generada por generador AC (kWh/año)</b>	0	0	78
<b>Energía cargada en baterías kW/año</b>	12.031	11.995	11.876
<b>Energía descargada en baterías</b>	11.117	11.078	11.040
<b>Horas carga batería</b>	3.364,87	3.350,75	3.464,71
<b>Horas descarga batería</b>	5.129	5.107	5.080,57
<b>Duración baterías (años)</b>	7,33	7,26	6,92
<b>Litros gasoil/año</b>	0	0	25,8
<b>Emisiones kg CO2/año</b>	1.954	1.966	2.268
<b>Estrategia</b>	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Carga cíclica

Tabla 84. Sistema óptimo-refugio de montaña. Fuente propia

## SISTEMA FOTOVOLTAICO-BATERÍAS

### Vivienda doméstica

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
Edía medio (kWh/día)	6,39	6,39	6,39	6,39
VAN (€)	56.154	58.521	52.329	55.956
€/kWh	0,96	1	0,9	0,96
Potencia paneles(kW)	2,8	4	2	2,16
Potencia inversor (kW)	1,6	1,6	1,6	1,6
Paneles	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx7p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx10p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx5p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx4p
Baterías	OPZ - S:FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx1p			
Inversor	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
Regulador	STECA:P TAROM 4140 (149 A)	STECA:P TAROM 4140 (149 A)	STECA:P TAROM 4055 (55 A)	STECA:P TAROM 4055 (55 A)
Energía total demandada (kWh/año)	2.332	2.332	2.332	2.332
Energía generada por paneles (kWh/año)	3.727	4.683	3.099	3.938
Energía cargada en baterías kW/año	1.415	1.381	1.469	1.424
Energía descargada en baterías	1.307	1.271	1.349	1.294
Horas carga batería	3.164,28	3.192,71	3.198,14	3.213,85
Horas descarga batería	5.382	5,208	5.484	5.237
Duración baterías (años)	6,19	6,05	6,33	6,02
Emisiones kg CO2/año	640	694	613	645
Estrategia	Seguimiento de la demanda			

Tabla 85. Sistema fotovoltaico-baterías de la vivienda doméstica. Fuente propia

	Madrid	Cáceres	Gijón
<b>Edía medio (kWh/día)</b>	6,39	6,39	6,39
<b>VAN (€)</b>	56.138	53.168	58.577
<b>€/kWh</b>	0,96	0,91	1
<b>Potencia paneles(kW)</b>	2,8	2,4	4
<b>Potencia inversor (kW)</b>	1,6	1,6	1,6
<b>Paneles</b>	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx7p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx6p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx10p
<b>Baterías</b>	OPZ -S:FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx1p	OPZ -S:FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx1p	OPZ -S:FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx1p
<b>Inversor</b>	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
<b>Regulador</b>	STECA:P TAROM 4140 (149 A)	STECA:P TAROM 4055 (55 A)	STECA:P TAROM 4140 (149 A)
<b>Energía total demandada (kWh/año)</b>	2.332	2.332	2.332
<b>Energía generada por paneles (kWh/año)</b>	3.747	3.437	4.046
<b>Energía cargada en baterías kW/año</b>	1.423	1.441	1.363
<b>Energía descargada en baterías</b>	1.311	1.334	1.265
<b>Horas carga batería</b>	3.161	3.130,57	3.245,71
<b>Horas descarga batería</b>	5.388	5.487	5.225,71
<b>Duración baterías (años)</b>	6,19	6,26	6,03
<b>Emisiones kg CO2/año</b>	643	622	689
<b>Estrategia</b>	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 86. Sistema fotovoltaico-baterías de la vivienda doméstica. Fuente propia

### Casa turística de bajo consumo

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
<b>Edía medio (kWh/día)</b>	3,4	3,4	3,4	3,4
<b>VAN (€)</b>	55.023	53.038	49.767	50.578
<b>€/kWh</b>	1,74	1,68	1,57	1,6
<b>Potencia paneles(kW)</b>	2,16	2,4	1,62	1,62
<b>Potencia inversor (kW)</b>	1,6	1,6	1,6	1,6
<b>Paneles</b>	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx4p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx6p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx3p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx3p
<b>Baterías</b>	OPZ - S:FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx1p	OPZ - S:FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx1p	OPZ - S:FIAMM:LM1200(Cn=1260 Ah) 24sx1p	OPZ - S:FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx1p
<b>Inversor</b>	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
<b>Regulador</b>	STECA:P TAROM 4055 (55 A)	STECA:P TAROM 4055 (55 A)	STECA:TAROM 440 (40 A)	STECA:TAROM 440 (40 A)
<b>Energía total demandada (kWh/año)</b>	1.264	1.264	1.264	1.264
<b>Energía generada por paneles (kWh/año)</b>	2.740	2.794	2.375	2.899
<b>Energía cargada en baterías kW/año</b>	900	887	914	901
<b>Energía descargada en baterías</b>	796	796	811	796
<b>Horas carga batería</b>	3.158,42	3.209,85	3.195,71	3.189
<b>Horas descarga batería</b>	5.209	5.201	5.240	5.117
<b>Duración baterías (años)</b>	6,3	6,31	6,4	6,24
<b>Emisiones kg CO2/año</b>	621	625	596	610
<b>Estrategia</b>	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 87. Sistema fotovoltaico-baterías de la casa turística. Fuente propia

	Madrid	Cáceres	Gijón
Edía medio (kWh/día)	3,4	3,4	3,4
VAN (€)	55.079	55.437	51.451
€/kWh	1,74	1,75	1,63
Potencia paneles(kW)	2,16	2,16	2,4
Potencia inversor (kW)	1,6	1,6	1,6
Paneles	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx4p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx4p	PV aSi12-Schott:ASI100 (100Wp) 4sx6p
Baterías	OPZ -S:FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx1p	OPZ -S:FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx1p	OPZ - S:FIAMM:LM1200(Cn=1260 Ah) 24sx1p
Inversor	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
Regulador	STECA:P TAROM 4055 (55 A)	STECA:P TAROM 4055 (55 A)	STECA:P TAROM 4055 (55 A)
Energía total demandada (kWh/año)	1.264	1.264	1.264
Energía generada por paneles (kWh/año)	2.753	2.937	2.414
Energía cargada en baterías kW/año	902	901	882
Energía descargada en baterías	798	797	794
Horas carga batería	3.131,42	3.107,57	3.262,57
Horas descarga batería	5.230	5.219	5.223
Duración baterías (años)	6,28	6,21	6,66
Emisiones kg CO2/año	623	629	594
Estrategia	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 88. Sistema fotovoltaico-baterías de la casa turística. Fuente propia

## Granja ovina

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
<b>Edía medio (kWh/día)</b>	94	94	94	94
<b>VAN (€)</b>	437.135	450.959	401.456	405.316
<b>€/kWh</b>	0,51	0,52	0,47	0,47
<b>Potencia paneles(kW)</b>	43,2	48,6	32,4	32,40
<b>Potencia inversor (kW)</b>	12	12	12	12,00
<b>Paneles</b>	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx80p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx90p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx60p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx60p
<b>Baterías</b>	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x4			
<b>Inversor</b>	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048
<b>Regulador</b>	Reg carg. Bat incluido en inversor			
<b>Energía total demandada (kWh/año)</b>	34.362	34.362	34.362	34.362,00
<b>Energía generada por paneles (kWh/año)</b>	60.886	56.261	53.649	61.213,00
<b>Energía cargada en baterías kW/año</b>	21.273	21.940	21.633	21.266,00
<b>Energía descargada en baterías</b>	19.559	20.218	19.956	19.529,00
<b>Horas carga batería</b>	3.292,25	3.230,62	3.361,25	3.467,12
<b>Horas descarga batería</b>	5.271	5.382	5.262	5.060,00
<b>Duración baterías (años)</b>	7,1	7,15	7,36	7,23
<b>Emisiones kg CO2/año</b>	6.610	6742	6.080	6.173,00
<b>Estrategia</b>	Seguimiento de la demanda			

Tabla 89. Sistema fotovoltaico-baterías de la granja ovina. Fuente propia

	Madrid	Cáceres	Gijón
<b>Edía medio (kWh/día)</b>	94	94	94
<b>VAN (€)</b>	419.587	422.200	462.426
<b>€/kWh</b>	0,49	0,49	0,54
<b>Potencia paneles(kW)</b>	37,8	37,8	48,6
<b>Potencia inversor (kW)</b>	12	12	12
<b>Paneles</b>	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx70p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx70p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx90p
<b>Baterías</b>	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x4	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x4	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x4
<b>Inversor</b>	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048
<b>Regulador</b>	Reg carg. Bat incluido en inversor	Reg carg. Bat incluido en inversor	Reg carg. Bat incluido en inversor
<b>Energía total demandada (kWh/año)</b>	34.362	34.362	34.362
<b>Energía generada por paneles (kWh/año)</b>	54.249	58.000	53.195
<b>Energía cargada en baterías kW/año</b>	21.584	21.492	21.178
<b>Energía descargada en baterías</b>	19.906	19.781	19.761
<b>Horas carga batería</b>	3.303,87	3.334,62	3.231,57
<b>Horas descarga batería</b>	5.335	5.264	5.388
<b>Duración baterías (años)</b>	7,26	7,11	6,9
<b>Emisiones kg CO2/año</b>	6.322	6.432	6.842
<b>Estrategia</b>	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 90. Sistema fotovoltaico-baterías de la granja ovina. Fuente propia

## Refugio de montaña

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
<b>Edía medio (kWh/día)</b>	49	49	49	49
<b>VAN (€)</b>	222.387	237.892	223.010	222.902
<b>€/kWh</b>	0,49	0,52	0,49	0,49
<b>Potencia paneles(kW)</b>	21,6	27	21,6	21,60
<b>Potencia inversor (kW)</b>	12	12	12	12,00
<b>Paneles</b>	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx50p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p
<b>Baterías</b>	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x2			
<b>Inversor</b>	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048
<b>Regulador</b>	Reg carg. Bat incluido en inversor			
<b>Energía total demandada (kWh/año)</b>	18.163	18.163	18.163	18.163
<b>Energía generada por paneles (kWh/año)</b>	29.479	31.569	34.541	39.343,00
<b>Energía cargada en baterías kW/año</b>	12.126	12.321	12.064	11.912,00
<b>Energía descargada en baterías</b>	11.130	11.291	11.023	10.876,00
<b>Horas carga batería</b>	3.456,75	3.370	3.436,37	3.544,87
<b>Horas descarga batería</b>	5.133	5.175	5.050	4.905,00
<b>Duración baterías (años)</b>	7,63	7,54	7,55	7,56
<b>Emisiones kg CO2/año</b>	3.124	3.326	3.150	3.146,00
<b>Estrategia</b>	Seguimiento de la demanda			

*Tabla 91. Sistema fotovoltaico-baterías del refugio de montaña. Fuente propia*

	Madrid	Cáceres	Gijón
Edía medio (kWh/día)	49	49	49
VAN (€)	222.901	222.945	237.168
€/kWh	0,49	0,49	0,52
Potencia paneles(kW)	21,6	21,6	27
Potencia inversor (kW)	12	12	12
Paneles	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx40p	PV SiP 12-TAB:PV-135 (135Wp) 4sx50p
Baterías	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x2	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x2	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24x2
Inversor	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048
Regulador	Reg carg. Bat incluido en inversor	Reg carg. Bat incluido en inversor	Reg carg. Bat incluido en inversor
Energía total demandada (kWh/año)	18.163	18.163	18.163
Energía generada por paneles (kWh/año)	30.038	32.096	29.875
Energía cargada en baterías kW/año	12.138	12.106	11.984
Energía descargada en baterías	11.118	11.078	11.027
Horas carga batería	3.428	3.422,5	3.508,5
Horas descarga batería	5.131	5.106	5.071
Duración baterías (años)	7,56	7,56	7,63
Emisiones kg CO2/año	3.146	3.147	3.291
Estrategia	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 92. Sistema fotovoltaico-baterías del refugio de montaña. Fuente propia

## SISTEMA EÓLICO-BATERÍAS

### Vivienda doméstica

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
Edía medio (kWh/día)	6,39	6,39	6,39	6,39
VAN (€)	74.817	99.683	62.926	62.849
€/kWh	1,28	1,71	1,08	1,08
Potencia inversor (kW)	1,6	1,6	1,6	1,6
Potencia aerogenerador (kW)	6,345	12,69	3,471	3,471
Baterías	OPZ S:FIAMM:LM 1200 (1260 Ah) 24sx1p			
Inversor	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
Aerogeneradores	DC Bornay 6000 (6345 W a 14 m/s)	2x DC Bornay 6000 (6345 W a 14 m/s)	DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)	DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)
Energía total demandada (kWh/año)	2.332	2.332	2.332	2.332
Energía generada por aerog(kWh/año)	5.620	5.612	4.403	9.234
Energía cargada en baterías kW/año	1.020	933	1.155	408
Energía descargada en baterías	925	839	1.058	307
Horas carga batería	4.082,71	4.313,57	4.053,71	5.361,25
Horas descarga batería	3.848	3.679	4.002	1.346
Duración baterías (años)	6,49	6,62	6,61	7,06
Emisiones kg CO2/año	772	994	647	616
Estrategia	Seguimiento de la demanda			

Tabla 93. Sistema eólico-baterías de la vivienda doméstica. Fuente propia

	Madrid	Cáceres	Gijón
Edía medio (kWh/día)	6,39	6,39	6,39
VAN (€)	71.814	73.383	65.153
€/kWh	1,23	1,26	1,12
Potencia inversor (kW)	1,6	1,6	1,6
Potencia aerogenerador (kW)	6,345	6,345	3,471
Baterías	OPZ S:FIAMM:LM 1200 (1260 Ah) 24sx1p	OPZ S:FIAMM:LM 1200 (1260 Ah) 24sx1p	OPZ S:FIAMM:LM 1200 (1260 Ah) 24sx1p
Inversor	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
Aerogeneradores	DC Bornay 6000 (6345 W a 14 m/s)	DC Bornay 6000 (6345 W a 14 m/s)	DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)
Energía total demandada (kWh/año)	2.332	2.332	2.332
Energía generada por aerog(kWh/año)	3.424	3.542	5.325
Energía cargada en baterías kW/año	1.202	1.076	993
Energía descargada en baterías	1.132	998	897
Horas carga batería	3.748,37	4.039,14	4.448,14
Horas descarga batería	4.538,75	4.256	3.385
Duración baterías (años)	7,26	6,9	6,5
Emisiones kg CO2/año	706	739	656
Estrategia	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 94. Sistema eólico-baterías de la vivienda doméstica. Fuente propia

### Casa turística

	Zaragoza	A Coruña	Almería	Gran Canaria
<b>Edía medio (kWh/día)</b>	3,4	3,4	3,4	3,4
<b>VAN (€)</b>	62.172	79.982	65.072	59.652
<b>€/kWh</b>	1,97	2,53	2,06	1,89
<b>Potencia inversor (kW)</b>	1,6	1,6	1,6	1,6
<b>Potencia aerogenerador (kW)</b>	3,471	6,942	3,471	3,471
<b>Baterías</b>	OPZ S:FIAMM:LM 1200 (1260 Ah) 24sx1p			
<b>Inversor</b>	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
<b>Aerogeneradores</b>	DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)	2x DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)	DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)	DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)
<b>Energía total demandada (kWh/año)</b>	1.264	1.264	1.264	1.264
<b>Energía generada por aerog(kWh/año)</b>	3.182	2.817	4.418	9.221
<b>Energía cargada en baterías kWh/año</b>	766	888	604	209
<b>Energía descargada en baterías</b>	687	823	515	121
<b>Horas carga batería</b>	3.518,85	3.083,28	4.086,14	5.340,88
<b>Horas descarga batería</b>	4.382	5.153	3.339	855
<b>Duración baterías (años)</b>	6,84	6,95	6,53	8,04
<b>Emisiones kg CO2/año</b>	641	739	652	555
<b>Estrategia</b>	Seguimiento de la demanda			

Tabla 95. Sistema eólico-baterías de la casa turística. Fuente propia

	Madrid	Cáceres	Gijón
Edía medio (kWh/día)	3,4	3,4	3,4
VAN (€)	80.206	78.454	64.774
€/kWh	2,54	2,48	2,05
Potencia inversor (kW)	1,6	1,6	1,6
Potencia aerogenerador (kW)	3,471	3,471	3,471
Baterías	OPZ S:FIAMM:LM 1875 (2100 Ah) 24sx1p	OPZ S:FIAMM:LM 1875 (2100 Ah) 24sx1p	OPZ S:FIAMM:LM 1200 (1260 Ah) 24sx1p
Inversor	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48	STECA:XPC 1600-48
Aerogeneradores	DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)	DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)	DC Bornay 3000 (3471 W a 14 m/s)
Energía total demandada (kWh/año)	1.264	1.264	1.264
Energía generada por aerog(kWh/año)	1.914	1.955	5.358
Energía cargada en baterías kW/año	865	815	490
Energía descargada en baterías	814	760	401
Horas carga batería	3.034,25	3.235,11	4.563,85
Horas descarga batería	5.181,12	4.882	2.653
Duración baterías (años)	7,89	8,03	6,66
Emisiones kg CO2/año	856	844	643
Estrategia	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 96. Sistema eólico-baterías de la casa turística. Fuente propia

### Granja ovina

	Gran Canaria
Edía medio (kWh/día)	94
VAN (€)	380.882
€/kWh	0,44
Potencia inversor (kW)	12
Potencia aerogenerador (kW)	72,477
Baterías	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24sx4p
Inversor	Inversor XANTREX:2xXW6048
Aerogeneradores	AC Hummer : HWP-50
Energía total demandada (kWh/año)	34.362
Energía generada por aerog(kWh/año)	117.590
Energía cargada en baterías kW/año	5.542
Energía descargada en baterías	4.746
Horas carga batería	4.863,39
Horas descarga batería	1.886
Duración baterías (años)	9,27
Emisiones kg CO2/año	5.036
Estrategia	Seguimiento de la demanda

Tabla 97. Sistema eólico-baterías de la granja ovina. Fuente propia

## Refugio de montaña

	Gran Canaria	Almería	Gijón
Edía medio (kWh/día)	49	49	49
VAN (€)	201.023	325.470	319.414
€/kWh	0,44	0,72	0,7
Potencia inversor (kW)	12	12	12
Potencia aerogenerador (kW)	26,9	72,477	72,477
Baterías	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24sx2p	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24sx3p	OPZS-Hawker:TZS-24 (3360 Ah) 24sx3p
Inversor	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048	Inversor XANTREX:2xXW6048
Aerogeneradores	AC Hummer : HWP-20	AC Hummer : HWP-50	AC Hummer : HWP-50
Energía total demandada (kWh/año)	18.163	18.163	18.163
Energía generada por aerog(kWh/año)	51.130	50.045	61.652
Energía cargada en baterías kW/año	4.965	6.907	5.967
Energía descargada en baterías	4.371	6.242	5.309
Horas carga batería	5.096,75	4.580,11	4.816,29
Horas descarga batería	2.526	3.078	2.610
Duración baterías (años)	7,92	8,85	9,16
Emisiones kg CO2/año	2.749	4.149	4.076
Estrategia	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda

Tabla 98. Sistema eólico-baterías del refugio de montaña. Fuente propia

## SISTEMA DIÉSEL-BATERÍAS

Sistema aislado	Casa doméstica	Casa turística	Granja ovina	Refugio de montaña
Edía medio (kWh/día)	6,39	3,4	94	49
VAN (€)	189.739	189.734	953.719	1.112.573
€/kWh	3,25	6	1,11	2,45
Potencia inversor (kW)	1,6	1,6	12	12
Potencia diésel (kW)	1,9	1,9	10	10
Baterías	OPZ S- FIAMM:LM1200 (Cn=1260 Ah) 24sx0p	OPZ S- Hawker: TVS-5 (390 Ah) 24sx0p	OPZ S-Hawker: TZS- 24 (3360 Ah) 24sx0p	OPZ S-Hawker: TZS- 24 (3360 Ah) 24sx0p
Inversor-cargador	STECA:XPC 1600- 48	STECA:XPC 1600-48	XANTREX:2xXW6048	XANTREX:2xXW6048
Regulador	Regulador PV baterías genérico de 0 A	Regulador PV genérico de 0 A	Reg. Carg. incluido en inversor	Reg. Carg. incluido en inversor
Energía total demandada (kWh/año)	2.332	1.264	34.362	18.163
Energía generada por generador AC (kWh/año)	4.985	4.984	35.840	21.010
Energía cargada en baterías kW/año	0	0	0	15.785
Energía descargada en baterías	0	0	0	14.677
Horas carga batería	0	0	0	2.131,14
Horas descarga batería	0	0	0	6.628,85
Duración baterías (años)	12,22	12,22	12,22	6,93
Litros gasoil	2.581,7	2.581,7	15.941	17.188,4
Emisiones kg CO2/año	9.483	9.482	57.984	63.945
Estrategia	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Seguimiento de la demanda	Carga cíclica

*Tabla 99. Sistema diésel-baterías de los cuatro sistemas aislados. Fuente propia*