



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

Grado en Ingeniería Mecánica

Dimensionado de una instalación fotovoltaica en una casa rural.

Autor:

Ramos Diez, Óscar

Tutor:

**Velasco Gómez, Eloy
Ingeniería Energética y
Fluidomecánica / Máquinas y
Motores Térmicos.**

Valladolid, Julio de 2021.

Resumen

El presente documento corresponde a la elaboración de un proyecto de aplicación real, se trata del dimensionado de una instalación fotovoltaica en una casa rural para su posterior implementación en un futuro.

En este proyecto se plantea la sustentación de electricidad mediante paneles solares como complemento a la energía obtenida de la red, el objetivo es que las placas solares puedan producir un ahorro económico, además de contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En el desarrollo del trabajo, el diseño se realizará acorde a la legislación vigente en nuestro tipo de instalación, es decir, para una vivienda de baja tensión, corriente alterna a 230 V y una potencia menor a 10 kW.

Finalmente se analizarán los costes y el tiempo de amortización para una instalación de 20 años de vida útil, aunque debería alcanzar los 25 años sin ningún problema.

Palabras clave

Energía fotovoltaica, dimensionado de una instalación, eficiencia energética, RD 244/2019, impacto ambiental.

Abstract

The current document refers to the elaboration of an actual application project, about a photovoltaic facility sizing in a country house for a further implementation in the future.

This project tackles the electricity supply through solar panels as a complement to the energy obtained from the grid, the goal is that solar panels could lead to economical savings, in addition to contributing to the reduction of greenhouse gas emissions.

In the work development, the design will be carried out in accordance with the current legislation in this kind of facilities, meaning, a low-voltage electrical installation, at 230V alternating current and less than 10 kW power.

Finally, the costs and amortization time will be analysed for a 20 years lifespan installation, although lifetime could be certainly extended till 25 years.

Key words

Photovoltaic energy, facility sizing, energy efficiency, RD 244/2019, environmental impact.

ÍNDICE

1. Introducción y objetivos	3
1.1 Introducción	3
1.2 Objetivos	4
2. Fuentes de energía	7
2.1 Fuentes de energía procedentes de combustibles fósiles	8
2.1.1 Impacto ambiental	9
2.2 Fuentes de Energía con reducidas emisiones de gases contaminantes	12
2.2.1 Energía eólica	13
2.2.2 Energía hidráulica o hidroeléctrica	14
2.2.3 Energía geotérmica	15
2.2.4 Energía solar	15
2.2.4.1 Energía solar térmica	15
2.2.4.2 Energía solar fotovoltaica	15
2.2.5 Energía nuclear	16
3. Energía solar fotovoltaica	19
3.1 Situación fotovoltaica global	19
3.2 Situación fotovoltaica en España	21
3.3 Tecnología solar fotovoltaica, el módulo fotovoltaico	23
3.3.1 El efecto fotovoltaico	23
3.3.2 Composición del módulo fotovoltaico	24
3.3.3 Especificaciones del módulo fotovoltaico	25
3.3.4 Sistemas de agrupamiento de los módulos fotovoltaicos	26
3.3.5 Radiación captada por el panel fotovoltaico	28
3.4 Marco Normativo, Real Decreto 244/2019	31
3.4.1 Tipos de autoconsumo	32
3.4.2 Condiciones administrativas	34
3.4.3 Esquema de instalación	35
3.5 Elementos del sistema fotovoltaico	36
3.5.1 Sistema generador	37
3.5.2 Sistema regulador	37
3.5.3 Sistema de acumulación o baterías	39
3.5.3.1 Tensión de la batería	39
3.5.3.2 Vida útil	40
3.5.3.3 Profundidad de descarga (DoD)	40
3.5.3.4 Capacidad de la batería	41
3.5.3.4 Tipos de baterías	41
3.5.4 Inversor	43

3.5.4.1 Tipos de inversores _____	45
3.5.5 Contador bidireccional y sistema anti-vertido _____	47
4. Descripción de la instalación fotovoltaica _____	51
4.1 Caso de estudio _____	51
4.2 Ubicación de la instalación _____	53
4.3 Consumos de la vivienda _____	54
4.4 Tipo de instalación fotovoltaica según autoconsumo _____	56
4.5 Posición, orientación e inclinación de las placas fotovoltaicas _____	57
5. Dimensionado de la instalación fotovoltaica _____	61
5.1 Selección del módulo fotovoltaico _____	61
5.2 Selección del inversor _____	67
5.3 Sistema anti-vertido, contador de energía _____	70
5.4 Selección de la estructura de soporte de los módulos _____	72
5.5 Selección del cableado _____	73
5.5.1 Dimensionado cableado de CC _____	73
5.5.2 Dimensionado de cableado de CA _____	76
5.5.3 Elección del cableado _____	76
6. Estudio energético y económico _____	81
6.1 Estudio consumo energético del sistema _____	81
6.2 Influencia de la instalación fotovoltaica sobre el consumo _____	82
6.3 Viabilidad del proyecto, amortización de la instalación _____	83
7. Conclusiones y líneas futuras _____	87
7.1 Conclusiones _____	87
7.2 Líneas futuras _____	88
BIBLIOGRAFIA _____	91
ANEXO 1: Planos _____	93

Índice de figuras

Figura 1: Consumo de energía primaria en España entre los años 1990 y 2018	7
Figura 2: Imagen de extracción de petróleo	9
Figura 3: Evolución anual de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, datos registrados en la estación de Mauna Loa (Hawai) por la NOAA [3].	9
Figura 4: Aumento de temperatura según el IPCC [5]	12
Figura 5: Estructura de la generación de electricidad, enero a diciembre de 2020 en España [6].	13
Figura 6: Evolución de la potencia eólica instalada (MW) en España [7] (1998-2019)	14
Figura 7: Volumen de energía hidráulica producida como porcentaje sobre la energía total generada en España [6] (2010-2019)	14
Figura 8: Emisiones de CO ₂ por tecnología, Fuente: IPCC [10]	16
Figura 9: Precio de la electricidad obtenida a partir de nuevas plantas de energía [10].	20
Figura 10: Evolución anual de instalaciones fotovoltaicas, según IEA PVPS [11]	21
Figura 11: Irradiación en Europa	22
Figura 12: MW de Potencia instalada en España según APPA Renovables [12]	23
Figura 13: Representación de la célula fotovoltaica	24
Figura 14: Estructura de un módulo fotovoltaico SunFields	25
Figura 15: Caracterización de un módulo fotovoltaico bajo la curva I-V	26
Figura 16: Ejemplo conexión módulos en serie	27
Figura 17: Ejemplo conexión módulos en paralelo	27
Figura 18: Ejemplo conexión módulos en serie-paralelo	28
Figura 19: Representación ángulos de acimut e inclinación respecto el sol	28
Figura 20: Esquema de los diferentes tipos de radiaciones	29
Figura 21: Irradiación en Valladolid, Latitud/Longitud: 41.648, -4.733, en PVGIS-SARAH	30
Figura 22: Ratio irradiación difusa/global en Valladolid, en PVGIS-SARAH	30
Figura 23: Evolución Real Decreto	32
Figura 24: Esquema autoconsumo sin excedentes [13].	35
Figura 25: Esquema autoconsumo con excedentes [13].	36
Figura 26: Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a red con baterías	37
Figura 27: Regulador en serie	38
Figura 28: Regulador en paralelo	38
Figura 29: Celdas conectadas en serie	40
Figura 30: Ejemplo de una batería estacionaria TOPzS 2V, fuente autosolar.	41
Figura 31: Tipos de baterías estacionarias	42
Figura 32: Tipos de baterías según la forma de presentación	43
Figura 33: Tipos de ondas	44
Figura 34: Inversor para una cadena	45
Figura 35: Esquema Inversor central	46
Figura 36: Vatímetro Fronius Smart merter monofásico TS 100	47
Figura 37: Casa Rural	52
Figura 38: Casa Rural 2	52
Figura 39: Localización de la instalación objeto de estudio	53
Figura 40: Lugar del emplazamiento	54
Figura 41: Ubicación de los paneles fotovoltaicos	57
Figura 42: Condiciones de inclinación y orientación para la vivienda, en PVsyst	58
Figura 43: Características técnicas panel Jinko parte 1	62

<i>Figura 44: Características técnicas panel Jinko parte 2</i>	63
<i>Figura 45: Características técnicas panel Ja Solar parte 1</i>	64
<i>Figura 46: Características técnicas panel Ja Solar parte 2</i>	65
<i>Figura 47: Ficha técnica inversor Huawei</i>	68
<i>Figura 48: Ficha técnica inversor Huawei</i>	69
<i>Figura 49: Ficha técnica sistema de inyección cero</i>	70
<i>Figura 50: Ficha técnica sistema de inyección cero</i>	71
<i>Figura 51: Ficha técnica estructura soporte de los módulos</i>	72
<i>Figura 52: Datos correspondientes a la tabla 6</i>	74
<i>Figura 53: Ficha técnica cableado</i>	77
<i>Figura 54: Ficha técnica cableado</i>	78
<i>Figura 55: Precio del kWh/h según PVPC a día 09/06/2021 [24]</i>	81

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Trámites a realizar con y sin excedentes autoconsumo individual menor de 10 kW [13].</i>	34
<i>Tabla 2: Características de la vivienda</i>	51
<i>Tabla 3: Coordenadas de la instalación</i>	53
<i>Tabla 4: Consumo medio en una vivienda española, según IDAE</i>	55
<i>Tabla 5: Valores de referencia en consumos de los aparatos eléctricos</i>	55
<i>Tabla 6: Intensidad máxima admisible en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre instalados al aire</i>	73
<i>Tabla 7: Factor de corrección por temperatura</i>	74
<i>Tabla 8: Factor de corrección por agrupación de varios circuitos</i>	74
<i>Tabla 9: Análisis económico de la factura de la luz.</i>	82
<i>Tabla 10: Costes de la instalación</i>	83
<i>Tabla 11: Amortización de la instalación</i>	84



CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS



Dimensionado de instalación fotovoltaica en una casa rural





1. Introducción y objetivos

1.1 Introducción

En este trabajo fin de grado se va a desarrollar un proyecto para la aplicación de una instalación fotovoltaica real, se trata del dimensionado fotovoltaico de una casa rural en Celada de Robledo, Palencia. Mediante la captación de radiación solar se obtendrá un apoyo de energía para la vivienda, la cual reducirá sus costes además de ser un beneficio para el medioambiente evitando la emisión de gases nocivos.

En la primera parte se explican los tipos de energía para producir electricidad y el porqué de esta tendencia de reducir los gases de efecto invernadero, es una regulación que promueve la utilización de energías limpias liderado por los países más importantes del mundo.

En el siguiente apartado nos centramos en la fuente de energía utilizada en el proyecto, la energía solar fotovoltaica, donde se abarcan los diferentes puntos que la definen. Primero se expone la situación fotovoltaica tanto a nivel global como estatal y más adelante se detalla cada uno de los elementos que la componen, así como la explicación de su funcionamiento.

El módulo fotovoltaico es el componente más importante de la instalación, la parte donde se genera la energía eléctrica capaz de transportarla, mediante su conversión, a la instalación de la vivienda. Los paneles solares producen la energía en forma de corriente continua, y para usarla en nuestros domicilios es necesario de la ayuda de un inversor, aparato cuya función es transformar la intensidad de corriente en alterna.

Todo este proceso con las demás partes implicadas se detalla en el trabajo, así como la legislación actual que regula las instalaciones, permitiendo más facilidades para nuestro caso (baja tensión con potencia menor de 10 kW).

A partir de aquí, se comienza a dimensionar la instalación, de tal forma que se explicará paso a paso el procedimiento a seguir, diseño de la instalación, ubicación de paneles, elección de equipos, etc.

Se adjuntarán tanto planos como figuras para la comprensión de la instalación. Para los cálculos se utilizarán programas de apoyo, usando principalmente el software PVsyst, programa con bases de datos meteorológicas para realizar un estudio del consumo de la instalación.

Como conclusión se realizará un estudio económico para comprobar el ahorro que supone una instalación de estas características.



1.2 Objetivos

El objetivo principal de la instalación es el ahorro económico. Cabe destacar que el escaso mantenimiento, la facilidad de montaje y la contribución con el medio ambiente son factores determinantes en esta elección.

Si bien es cierto que existen otras tecnologías tanto para la producción de electricidad como para el agua caliente sanitaria (acs), las características de la vivienda, el escaso mantenimiento y la fiabilidad del sector nos hacen decantarnos por la energía fotovoltaica.

Se busca maximizar los beneficios y los objetivos a cumplir en el TFG son los siguientes:

- Estudio de las diferentes alternativas de producción de energía, priorizando las renovables y con menor impacto ambiental.
- Conocimiento del sector fotovoltaico, estudio de mercado a nivel global y estatal.
- Conocimiento de la tecnología fotovoltaica, análisis de funcionamiento y componentes de la instalación.
- Estudio de la evolución de la normativa, en particular del RD 244/2019 y sus posteriores modificaciones.
- Estudio de los consumos de la vivienda para determinar la potencia necesaria en la instalación.
- Manejo de programas informáticos para el análisis y estimación de producción de energía fotovoltaica, en concreto PVsyst.
- Ubicación de la instalación, tanto posición como orientación e inclinación de los paneles solares.
- Selección de los diferentes componentes eléctricos para el uso óptimo en función de las características.
- Amortización de la instalación en un periodo de cinco años, ya que es la media de plazos óptima para retornar una inversión inicial.



CAPITULO 2: FUENTES DE ENERGÍA



Dimensionado de instalación fotovoltaica en una casa rural





2. Fuentes de energía

Las fuentes de energía son aquellas que utilizan los recursos existentes de la naturaleza para obtener energía bien con fines económicos o cualquier destino que permita abastecer las necesidades que tiene la sociedad de este recurso.

La energía establece una demanda social que abarca diferentes sectores: industrial (construcción, metalurgia, textil...), transporte (marítimo, ferrocarril, carretera...) y usos diversos (agricultura, pesca, residencial...).

Para usar la energía directamente en estos sectores, sufre un proceso de conversión o transformación. De las fuentes de energía conseguimos energía primaria, y tras una serie de transformaciones con sus correspondientes pérdidas, obtenemos la energía final destinada a sus usos directos en forma de calor o electricidad entre otros.

A continuación, en la figura 1, podemos observar una gráfica en la cual se detalla el consumo de energía producido en España desde el 1990 hasta el 2018. Datos extraídos tanto del IDAE [1] (instituto para la diversificación y ahorro de energía) como de MITECO [2] (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

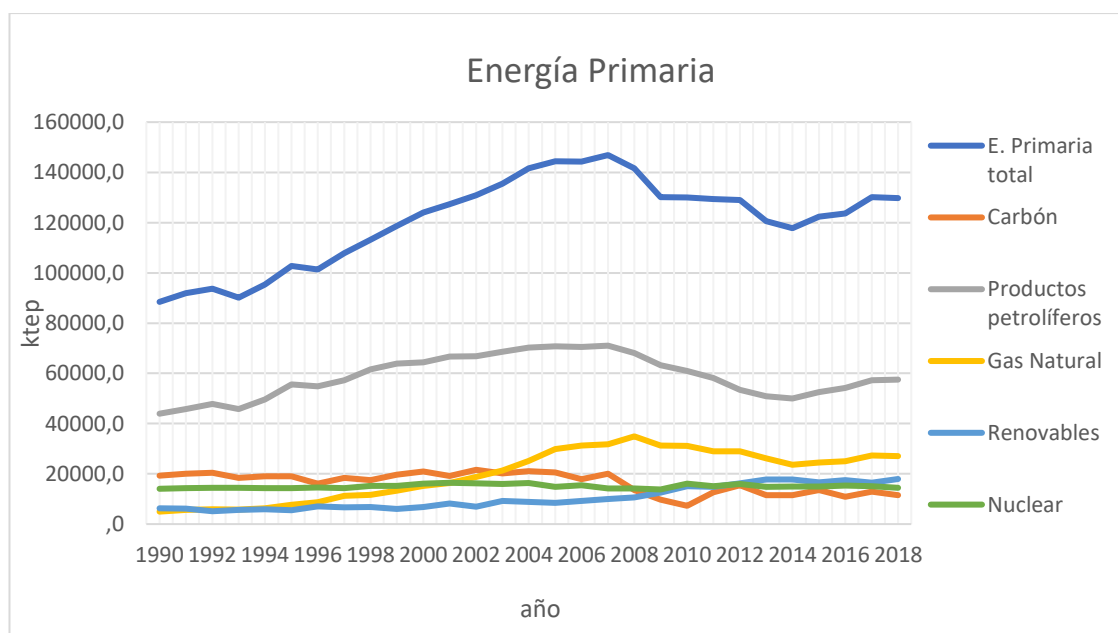


Figura 1: Consumo de energía primaria en España entre los años 1990 y 2018

Analizando esta gráfica, podemos observar la clara tendencia al alza del consumo energético en nuestro país entre 1990 y 2008. A partir de 2008 se aprecia una reducción de la energía, debido a la crisis global que perjudicó gravemente a la economía española y, en consecuencia, al sector energético.



Una vez superado este periodo se va reactivando la economía y se mantiene el aumento de consumo constante.

Las principales fuentes de energía siempre han sido los combustibles fósiles, destacando el petróleo muy por encima del gas natural y del carbón, el cual, sufrió una reducción importante a partir del 2007. La energía nuclear se ha mantenido constante a lo largo de los años representando un 15 % del consumo total. Por último, cabe destacar la incursión de las energías renovables y su crecimiento progresivo a pesar de la crisis.

2.1 Fuentes de energía procedentes de combustibles fósiles

En la Unión Europea los combustibles fósiles suponen un 73 % del total, en España alcanzamos el 74 % [2]. Si bien es verdad que tanto a nivel europeo como nacional se ha reducido diez puntos porcentuales en los últimos diez años, la dependencia de estas fuentes sigue siendo muy elevada.

Este tipo de fuentes de energías proporcionan una gran cantidad de energía a un precio relativamente bajo. Son energías de carácter no renovable, es decir, tienen reservas limitadas y a medida que se consumen es más difícil su extracción y su coste aumenta.

Podemos distinguir tres tipos de combustibles fósiles:

- **Petróleo**

Es un combustible fósil líquido que se forma a partir de la sedimentación de microorganismos ubicados en yacimientos subterráneos de los estratos superiores de la corteza terrestre, compuesto por carbono e hidrógeno.

- **Gas natural**

Este gas se origina a partir de la degradación de materia orgánica (a partir de descomposición de plantas y animales), se desprende del petróleo. Está compuesto por carbono, hidrógeno y en su mayoría es metano. Cabe destacar que es el combustible fósil más limpio y con menor impacto ambiental.

- **Carbón**

Es una roca sedimentaria compuesta de vegetales mineralizados a poca profundidad, existen diferentes tipos como la turba, antracita o lignito. Compuesto por azufre, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.



Figura 2: Imagen de extracción de petróleo

2.1.1 Impacto ambiental

El uso indiscriminado de los combustibles fósiles genera un impacto ambiental que provoca numerosas consecuencias, desde su extracción hasta su uso más directo.

La mayoría de países cubren su demanda energética mediante combustibles fósiles, estos combustibles son quemados liberando calor que se transforma en energía. Una de las mayores consecuencias es el aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera, principal gas causante del cambio climático provocando un incremento de la temperatura media del planeta.

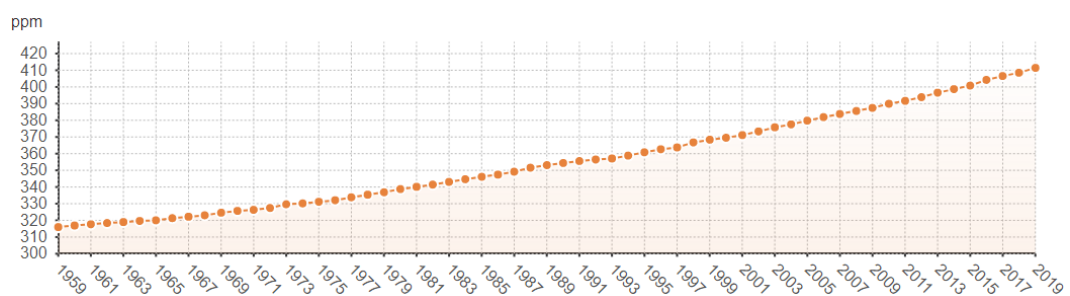


Figura 3: Evolución anual de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, datos registrados en la estación de Mauna Loa (Hawai) por la NOAA [3].

Según la OMM [4] (Organización Meteorológica Mundial), el dióxido de carbono ha alcanzado en noviembre de 2020 una concentración de 410 ppm (partes por millón), con respecto a las 400 ppm alcanzadas en 2015. Esto supone que en estos cuatro últimos años la concentración de CO_2 ha aumentado lo mismo



que cuando la Tierra pasó del periodo glaciario a interglaciario actual, cuya transición tardó entre 100 y 200 años.

El secretario general de la OMM comentó:

“La última vez que la Tierra experimentó una concentración de CO₂ comparable fue de 3 a 5 millones de años atrás, cuando la temperatura era de 2 a 3 grados centígrados más y el nivel del mar de 10 a 20 centímetros más elevado, pero en ese entonces no tenía 7.700 millones de habitantes”,

El carbono del combustible es reaccionado con el oxígeno produciendo dióxido de carbono (CO₂). A causa de la combustión incompleta de los hidrocarburos en el combustible, se liberan pequeñas partes de carbono en forma de metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), o compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM), los cuales se oxidan en forma de CO₂ en la atmósfera. Además, los procesos de combustión generan óxidos de nitrógeno (NO_x y N₂O) afectando al PCA (poder de calentamiento atmosférico). Gases principalmente liberados por la quema del petróleo y del gas natural.

Otros gases generados como consecuencia de la combustión fósil son los óxidos de azufre, liberados estos por la quema del carbón.

Destacamos varios efectos que afectan al medio ambiente en forma de:

- **Efecto invernadero**

Es un proceso natural característico de nuestro planeta, la atmósfera está compuesta por una serie de gases (N₂ y O₂ principalmente, además de ellos también contiene vapor de agua, dióxido de carbono y metano) que se encargan de mantener la energía necesaria proveniente del sol para, entre otras cosas, preservar la temperatura óptima capaz de albergar vida tal y como la conocemos.

El problema es que en los últimos siglos la emisión de gases que producen este efecto ha aumentado de forma exponencial y, concretamente, en las últimas décadas de manera abusiva, lo que ha ocasionado un incremento de la temperatura progresivo, ya que la concentración de gases excesiva impide que la radiación procedente de la Tierra salga hacia el espacio.

- **Lluvia ácida**

Se trata de un fenómeno atmosférico que se produce entre la contaminación ambiental y el agua de lluvia. El vapor de agua contenido en el ambiente entra en contacto con los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre y el trióxido de azufre, de la mezcla de estos gases con el agua se forma ácido sulfúrico, ácido sulfuroso y ácido nítrico, provocando este fenómeno. Hay que tener en cuenta



que la lluvia ya de por sí contiene dióxido de carbono, obteniendo un pH de 5,6, pero la lluvia ácida tiene un pH de 5, pudiendo llegar a 3 si es muy ácida.

La lluvia ácida genera ácidos tóxicos y corrosivos, lo que provoca consecuencias tales como muerte de vegetación, acidificación de los ríos, lagos, mares y océanos, deterioro de edificios y monumentos...

- **Calentamiento global y cambio climático**

El calentamiento global hace referencia al incremento de la temperatura media de la atmósfera y de los océanos. Este término va de la mano con el del **cambio climático**, definido como la alteración de la composición atmosférica de la Tierra variando el clima, debido directa o indirectamente a la actividad humana. Existe una importante diferencia, y es que el calentamiento global es la causa del cambio climático.

En cualquier caso, el aumento de la temperatura es un hecho. Según El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [5] (IPCC) el calentamiento provocado por la actividad humana llegó en 2017 a aproximadamente 1 °C (probable entre 0,8 °C y 1,2 °C) con respecto a los niveles preindustriales.

Estos datos son alarmantes y provocan una serie de efectos catastróficos que ya se están empezando a desarrollar:

- Deshielo y aumento del nivel del mar, entre 2014 y 2019 ha ascendido a un crecimiento de 5 mm al año.
- Cambio en los ecosistemas, generando más zonas desérticas y cambiando la duración de las estaciones.
- Incremento de huracanes y tornados.
- Incendios y sequías.
- Lluvias menos frecuentes pero más intensas, provocando inundaciones.
- Extinción de especies animales y vegetales.

Para evitar estas consecuencias, los países más importantes del mundo se han estado reuniendo para establecer una serie de propuestas intentando revertir este cambio. En 1992 se creó en Río de Janeiro la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), formada inicialmente por 166 países, En la actualidad consta de un total de 197.

Desde el Protocolo de Kioto firmado en 1998 hasta el acuerdo de París aprobado en 2015 se han establecido una serie de medidas de las que destacamos:

- Limitar el incremento global de temperatura a los 2 °C respecto de la era preindustrial, dejando la puerta abierta a llegar a los 1,5 °C.
- El objetivo de los países desarrollados de invertir 100.000 millones de dólares anuales de financiación climática en 2020.
- A partir de 2023, cada 5 años, la ONU hará un balance de la implementación del acuerdo y los avances.
- La aceleración de la transferencia tecnológica a países en vías de desarrollo.

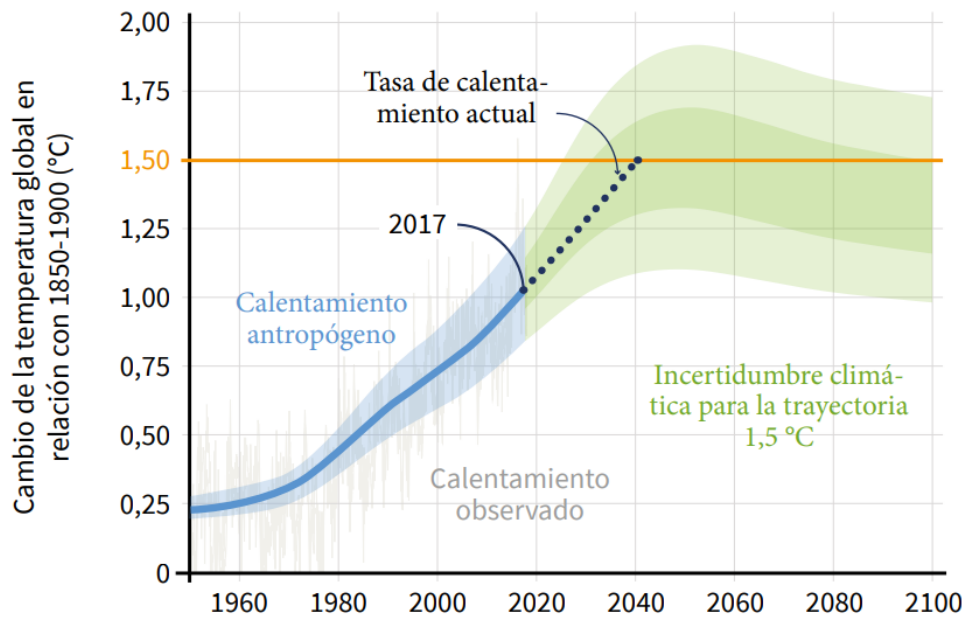


Figura 4: Aumento de temperatura según el IPCC [5]

Como podemos observar en la gráfica de la figura 4, al ritmo actual, el aumento de las temperaturas globales llegará a 1,5 °C en torno a 2040. La trayectoria de 1,5 °C representada aquí implica disminuciones en las emisiones que comienzan inmediatamente, y emisiones de CO₂ que se igualan a cero en 2055.

2.2 Fuentes de Energía con reducidas emisiones de gases contaminantes

Las energías limpias son aquellas cuyo sistema de producción de energía “no genera contaminación ni residuos peligrosos para el planeta de manera directa”. La mayoría de este tipo de fuentes son de carácter renovable, lo que supone una fuente inagotable de las mismas. Cada día tienen un papel más importante postulándose como la alternativa de una transición energética hacia un modelo más limpio y sostenible.

Las tecnologías renovables, produjeron según la Red Eléctrica de España [6] (REE) un 44 % del total de electricidad en 2020.

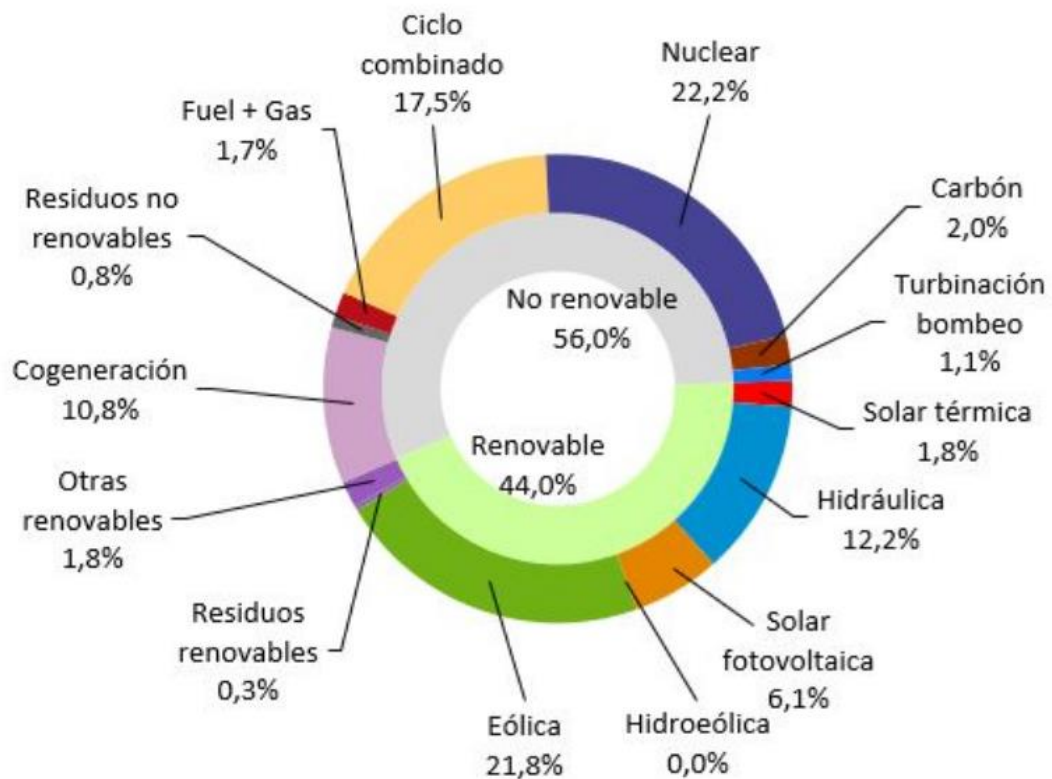


Figura 5: Estructura de la generación de electricidad, enero a diciembre de 2020 en España [6].

Podemos destacar entre ellas:

2.2.1 Energía eólica

Es aquella que utiliza el viento para generar energía eléctrica, a través de unos aerogeneradores, se consigue transformar la energía cinética del viento en energía mecánica.

En función de la longitud de las aspas, se puede obtener mayor potencia, lo que supone más energía. Los tamaños de los “molinos” pueden variar desde los 400 W de potencia y 3 metros de diámetro para uso doméstico, hasta los 2,5 MW de potencia y 80 metros de diámetro de las empresas eléctricas.

Según la Asociación Empresarial Eólica [7] (AEE), España se sitúa como el país que más potencia eólica onshore (en tierra) ha instalado de la UE en 2019, superando los 25.700 MW.

La energía eólica ha producido un 21,7 % de la electricidad consumida en España en 2020 [6].

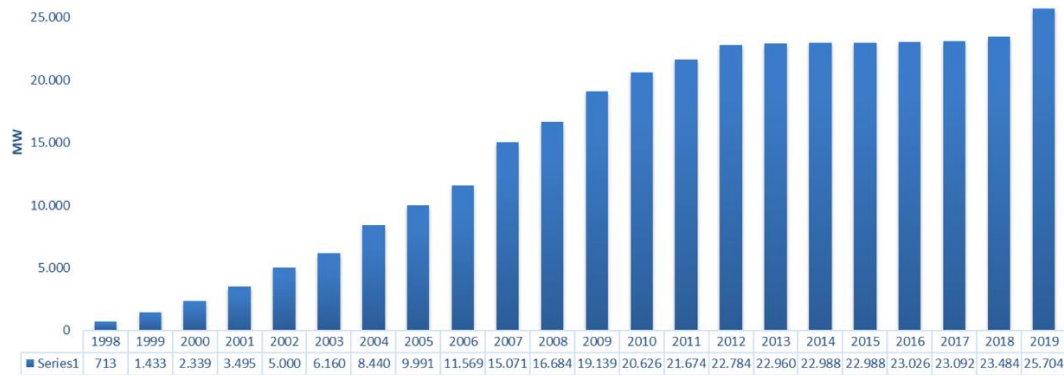


Figura 6: Evolución de la potencia eólica instalada (MW) en España [7] (1998-2019)

2.2.2 Energía hidráulica o hidroeléctrica

Es aquella que aprovecha la energía cinética y potencial de las corrientes del agua. Las centrales embalsan el agua de los ríos en presas, cuando esta agua se libera a través de unos conductos, la diferencia de alturas provoca un aumento de velocidad y presión, lo que produce el movimiento de una turbina para generar electricidad.

En España hay una potencia instalada de más de 17.000 MW [6] en la actualidad, lo que constituye un 16,2 % del total. Esto supondría que en condiciones ideales podría llegar a producir esa energía, sin embargo, la energía hidráulica aporta unas cantidades de electricidad muy variables, en función de, principalmente, como de seco haya sido el año.

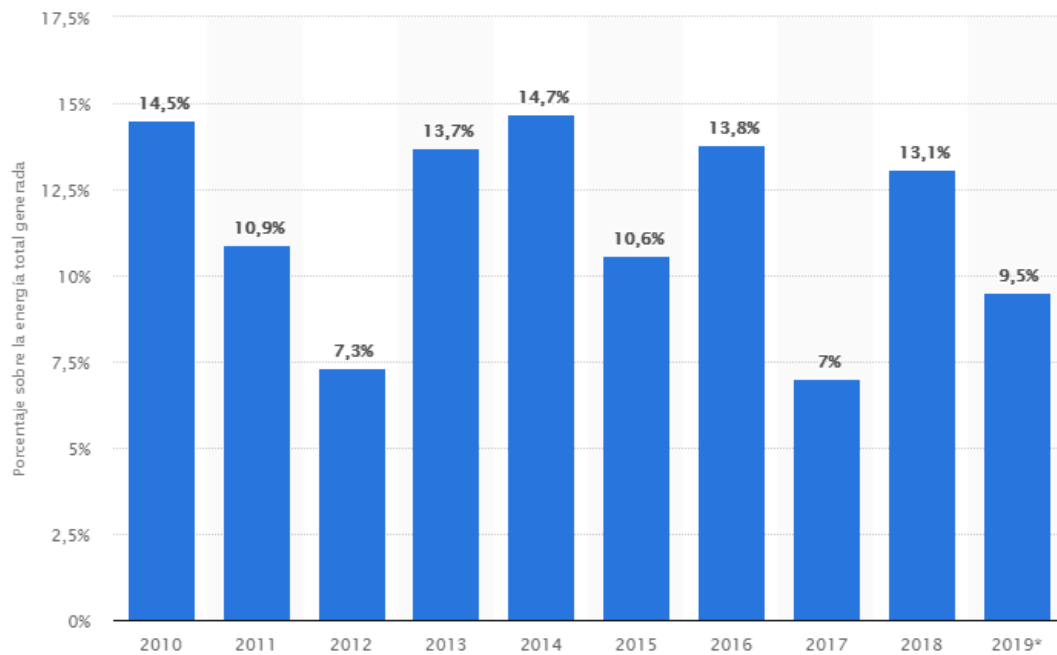


Figura 7: Volumen de energía hidráulica producida como porcentaje sobre la energía total generada en España [6] (2010-2019)



2.2.3 Energía geotérmica

Es la energía que se encuentra almacenada en forma de calor bajo la superficie de la Tierra. Se puede utilizar para la producción de electricidad o para el uso directo en forma de calor.

Los recursos con temperaturas entre 15 y 50 °C, pueden ser una fuente de producción de agua caliente y climatización, estas zonas se encuentran entre 10 y 20 metros de profundidad. Con la ayuda del sistema de bomba de calor, la energía térmica se extrae del subsuelo transportada mediante un fluido con el objetivo de transferir ese calor a la instalación.

En el caso de que los recursos geotérmicos alcancen temperaturas de más de 100 °C, se puede utilizar para la producción de energía eléctrica.

2.2.4 Energía solar

Es la energía obtenida aprovechando la radiación electromagnética producida por el Sol. Dependiendo del procesado podemos distinguir dos tipos:

2.2.4.1 Energía solar térmica

Aprovecha la energía del sol para producir calor, a pequeña escala se puede utilizar de uso doméstico, con una instalación solar a baja temperatura. La instalación se realiza mediante colectores solares que capturan la radiación solar, generando calor para el uso habitual de un hogar en cuanto a agua caliente y calefacción.

También se puede aprovechar a gran escala, en este caso hablamos de un gran número de colectores solares operando a temperaturas superiores a 500 °C, formando una planta termosolar. Su función es transformar la energía térmica en energía eléctrica para abastecer a la red tradicional.

Cabe destacar, que según el código técnico de la edificación (CTE) sección HE4, era de obligado cumplimiento la instalación de energía solar térmica para cubrir un porcentaje del agua caliente sanitaria (ACS) en edificaciones. Una de las normas establecía: *“edificios de nueva construcción que exista una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 50 l/d”*. En el nuevo real decreto de 2019, en caso general, expone que se puede instalar cualquier fuente de energía renovable, aumenta a 100 l/d y tiene que cubrir el 70 % de la demanda de ACS.

2.2.4.2 Energía solar fotovoltaica

Al contrario que la anterior, la energía solar fotovoltaica transforma directamente la radiación solar en energía eléctrica. Nuestro estudio se basa en el aprovechamiento de esta energía.



2.2.5 Energía nuclear

La energía nuclear es la energía contenida en el núcleo del átomo. Para liberar esa energía y producir electricidad existen dos maneras: fusión nuclear y fisión nuclear. En la fisión nuclear, la energía es liberada cuando los núcleos de los átomos se separan (protones y neutrones) formando núcleos más pequeños. En la fusión nuclear, los núcleos se combinan para formar uno más grande. Las centrales nucleares utilizan fisión nuclear para producir electricidad.

Es una energía, al contrario que las anteriores, de carácter no renovable, se obtiene a partir del uranio U-235. Según el organismo internacional de energía atómica (IAEA), al ritmo de consumo actual, existen al menos 100 años de reservas de uranio accesible mediante las prácticas mineras actuales.

En cuanto a la contaminación e impacto ambiental que produce, es un tema muy controvertido, si bien es cierto que hay una gran polémica con los residuos nucleares, los gases nocivos emitidos a la atmósfera son muy reducidos.

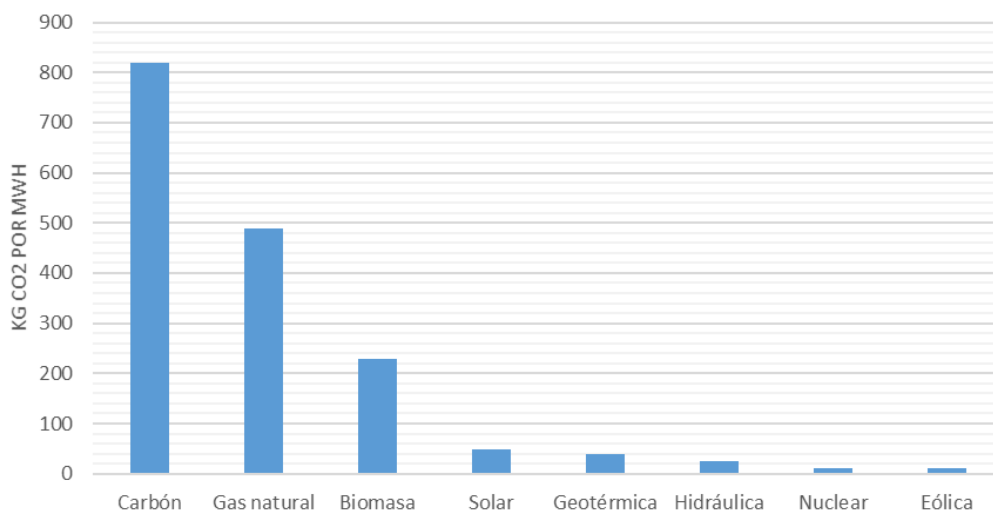


Figura 8: Emisiones de CO₂ por tecnología, Fuente: IPCC [10]

La energía nuclear ha producido un 22,2 % de la electricidad consumida en España en 2020 [6].



CAPITULO 3: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA



Dimensionado de instalación fotovoltaica en una casa rural





3. Energía solar fotovoltaica

La energía solar es la fuente de energía que más abunda en nuestro planeta, a través de la fotovoltaica aprovechamos esta energía ilimitada para generar electricidad. Se basa en el efecto fotovoltaico, producido al incidir la luz sobre materiales semiconductores, se crea un flujo de electrones generando una diferencia de potencial que puede ser aprovechada.

Existen principalmente dos tipos de tecnologías fotovoltaicas: fijas o con seguimiento, cuya función es cambiar el ángulo de orientación para conseguir una irradiación óptima.

En cuanto a las instalaciones fotovoltaicas pueden ser de dos tipos: instalaciones aisladas, encaminadas a aplicaciones de señalización, bombeo solar (bomba de agua alimentada por paneles solares de manera directa) ... e instalaciones conectadas a red, tanto para venta como autoconsumo, en el desarrollo del proyecto nos vamos a centrar en este tipo [13].

Las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica son muchas y pueden ir desde una calculadora solar hasta satélites artificiales.

3.1 Situación fotovoltaica global

El gran auge de la energía fotovoltaica en estos últimos diez años ha sido uno de los acontecimientos más importantes en el sector energético, y está rediseñando un cambio para la obtención de energía eléctrica en el futuro.

Retrocediendo algo en el tiempo, en el año 1956 el coste de un vatio de capacidad fotovoltaica era de 1541 €. Hoy día, un panel solar medio para autoconsumo rondaría los 320 W, lo que supondría un coste de unos 300 €. En aquella época, el desarrollo de la tecnología implicaba que el precio se disparaba a los 493000 €. La energía solar era incomparable a la hora de competir con los combustibles fósiles. La energía producida por plantas fotovoltaicas ha pasado de costar 297 € por MWh en 2009, a tan solo 33 € en 2019 [10].

En estos años, los precios han disminuido un 89 % y la tendencia es a la baja, esta reducción de los precios es provocada al aumento de demanda, una cuestión de escala. La industria se hizo más eficiente ajustando costes y beneficios creando cada vez más módulos solares.

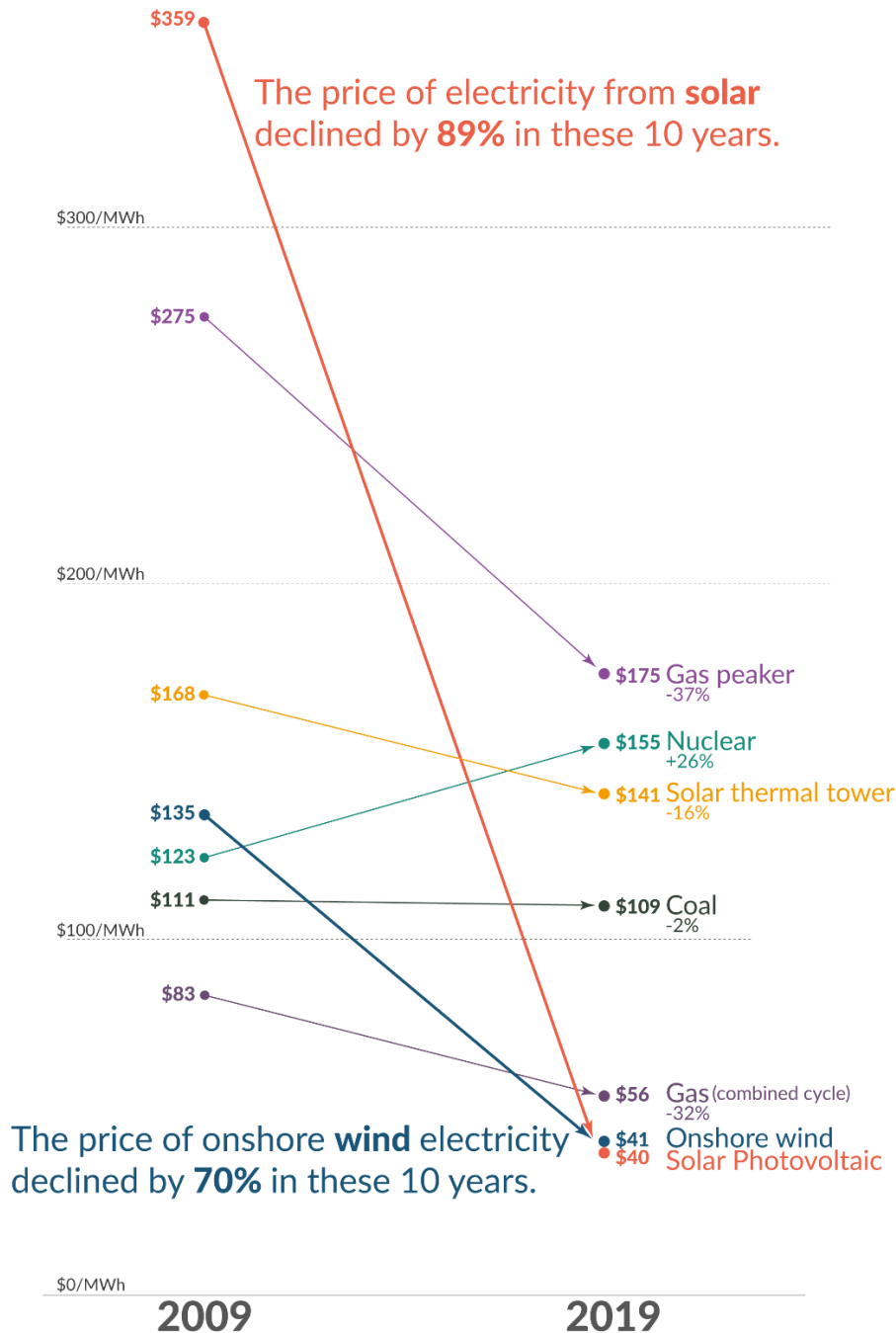
En la figura 9 podemos observar una comparativa de la evolución del precio de la electricidad obtenido de nuevas plantas de energía. En 2019 la construcción de nuevos parques solares ha necesitado una inversión más baja que las centrales térmicas, según our world in data [10].



The price of electricity from new power plants

Our World
in Data

Electricity prices are expressed in 'levelized costs of energy' (LCOE). LCOE captures the cost of building the power plant itself as well as the ongoing costs for fuel and operating the power plant over its lifetime.



Data: Lazard Levelized Cost of Energy Analysis, Version 13.0

OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Max Roser.

Figura 9: Precio de la electricidad obtenida a partir de nuevas plantas de energía [10].

Desde el año 1992 se ha contabilizado un total de 627 GW sistemas fotovoltaicos instalados por todo el mundo [11], instalándose casi la mitad en estos últimos 4 años. Esto supone ya un 3 % de la demanda de electricidad



global. La velocidad de crecimiento se debe a su capacidad única para cubrir la demanda de los diferentes sectores del mercado, desde servicios domésticos hasta plantas de energía de gran tamaño.

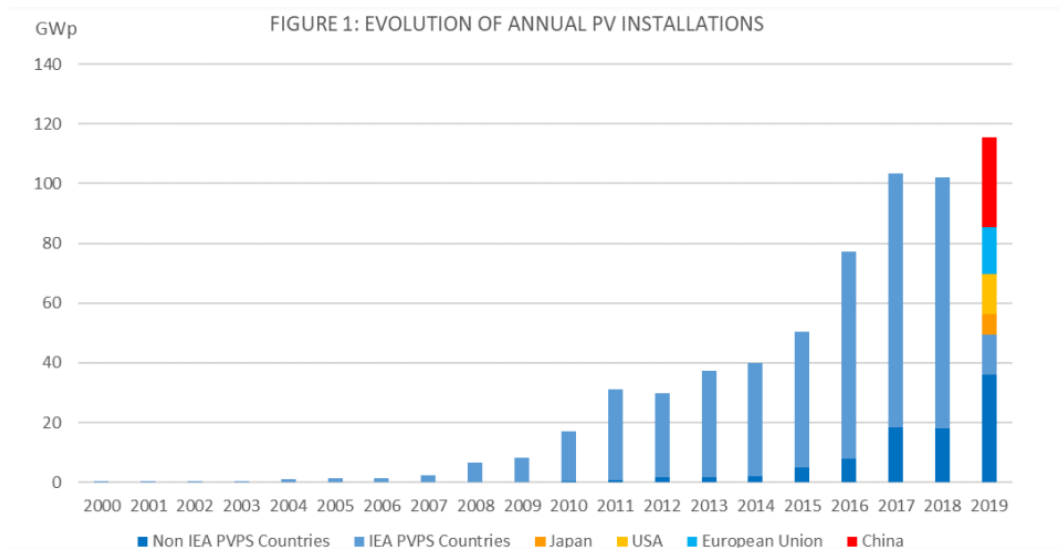


Figura 10: Evolución anual de instalaciones fotovoltaicas, según IEA PVPS [11]

Observando la gráfica de la figura 10 nos damos cuenta del potencial de esta fuente de energía y el rápido ascenso de los últimos años. Después de una estabilización del mercado, en 2019 la tecnología fotovoltaica alcanzó su nivel más alto: 114,9 GW se instalaron y se pusieron en servicio, rompiendo el umbral de los 100 GW por tercera vez consecutiva.

En 2019 China (30,1GW), Unión Europea como región (16GW) y los Estados Unidos (13,3GW), lideraron el top 3 de instalaciones fotovoltaicas.

3.2 Situación fotovoltaica en España

Nuestro país goza de una posición privilegiada y una climatología que favorece la radiación solar. Si tomamos como ejemplo a Alemania (53,6 GW instalado acumulado conectado a red en 2020 [11]), cuyo índice de radiación solar es inferior y nos quintuplica en potencia fotovoltaica instalada (alrededor de 10 GW conectados a red), nos damos cuenta del potencial de esta fuente de energía en nuestro país.

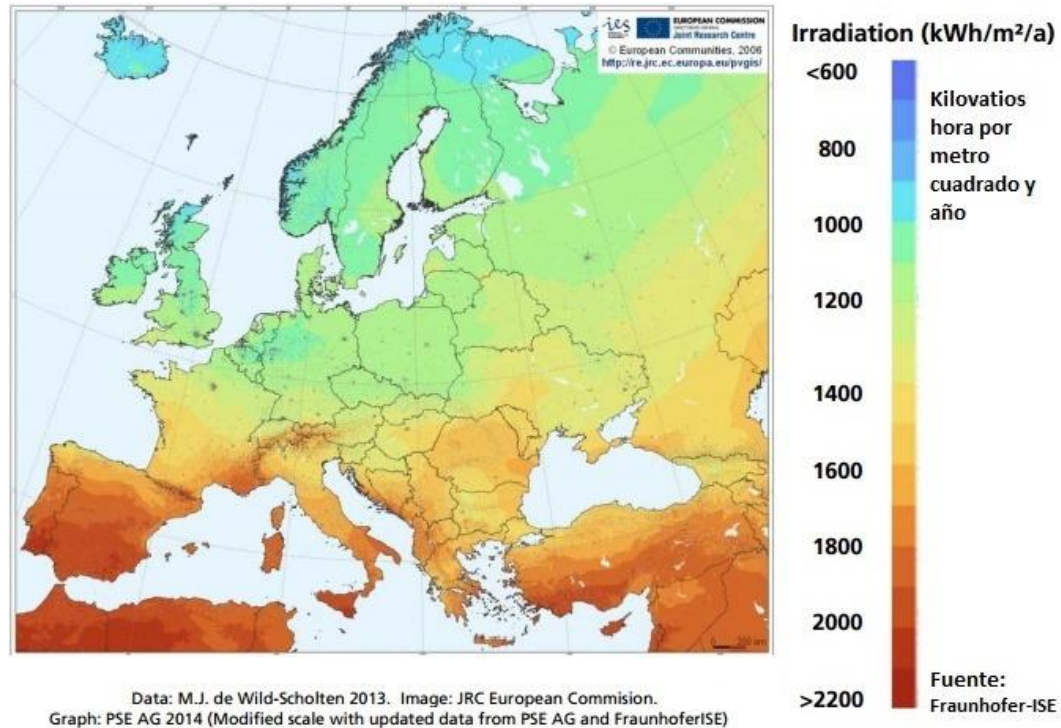


Figura 11: Irradiación en Europa

España cuenta con empresas líderes a nivel mundial y tiene un importante papel en la fabricación de tecnología fotovoltaica. La tendencia en estos últimos años es una fuerte apuesta por el sector, en España en 2019 se instalaron 4,2 GW de potencia y, en 2020, a pesar de la crisis del COVID-19, se consiguieron instalar 3,26 GW entre autoconsumo y fotovoltaica para generación eléctrica a red (datos de APPA renovables [12]).

En la gráfica de la figura 12 podemos observar el parón de instalación fotovoltaica y del resto de renovables en 2008, producido principalmente por la fuerte crisis económica sufrida en nuestro país, y la posterior recuperación en la actualidad. Una de las principales razones del crecimiento tan brusco en 2019 fue el Real Decreto 15/2018 sucedido por el Real Decreto 244/2019, estableciendo las bases de nuestro sistema fotovoltaico actual. En los próximos años el gobierno tiene una serie de propuestas para que el sector fotovoltaico sea un motor de la recuperación económica en la fase post-COVID19.

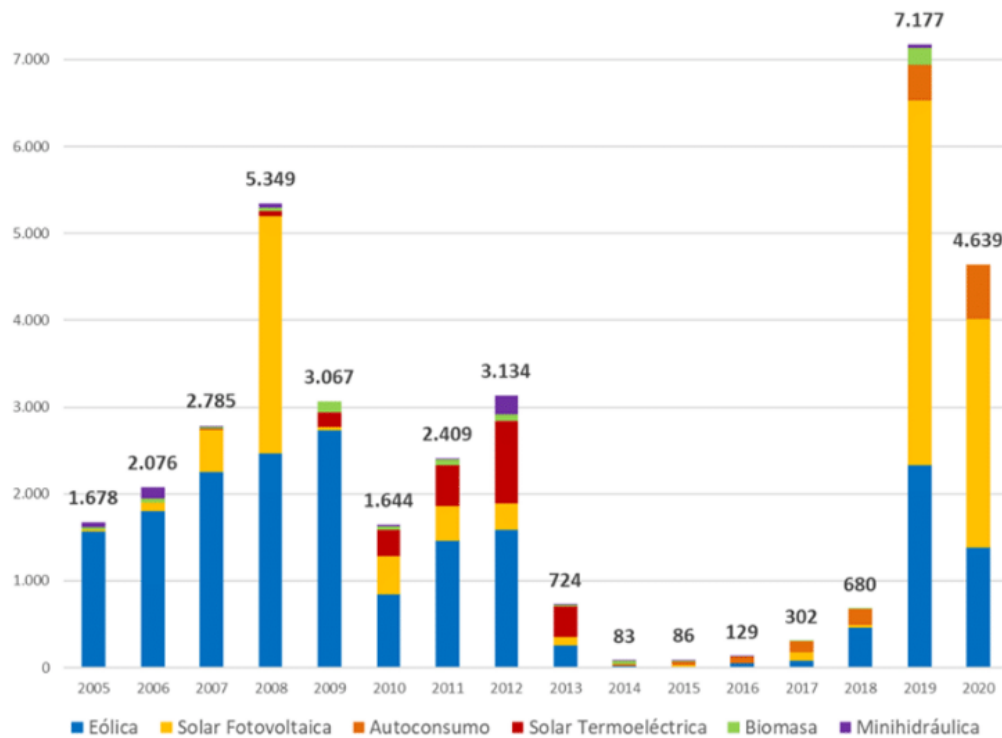


Figura 12: MW de Potencia instalada en España según APPA Renovables [12]

3.3 Tecnología solar fotovoltaica, el módulo fotovoltaico

3.3.1 El efecto fotovoltaico

La luz está compuesta por fotones con diferente longitud de onda, y por lo tanto de diferente energía. Al incidir la luz sobre la célula fotovoltaica, una parte de los fotones es reflejada y la otra absorbida, esta última es la responsable de generar electricidad. Al absorberse, los electrones transfieren la energía captada alterando su estado inicial, provocando un cambio de posición. Este movimiento de electrones da lugar a la corriente eléctrica.

Para que ocurra este fenómeno, las células tienen que ser tanto de un material como una estructura determinada. El material que más se adecúa es el Silicio, un semiconductor que facilita la conductividad a altas temperaturas y que actúa como aislante a bajas.

Al incidir radiación sobre el material semiconductor, la energía es transferida a los electrones de valencia, con lo que se rompe el enlace ligado a los átomos. Esto provoca que los electrones circulen libres en el interior del sólido, y que a su vez se generen los huecos ocupados antes por los electrones. Dichos huecos, de carga positiva ahora, también pueden moverse a través del sólido a causa del desplazamiento de otros electrones. Para evitar que los electrones restablezcan el enlace, se utiliza un campo eléctrico donde electrones y huecos circulen en direcciones opuestas. Esto se consigue mediante la unión de las

regiones p y n, artificialmente dopadas con sustancias como el fósforo y el boro, características de un material semiconductor [14].

De esta manera, se genera una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito exterior donde podrá liberar la energía obtenida de los fotones. En la figura 13 se puede apreciar este efecto resumido de forma gráfica.

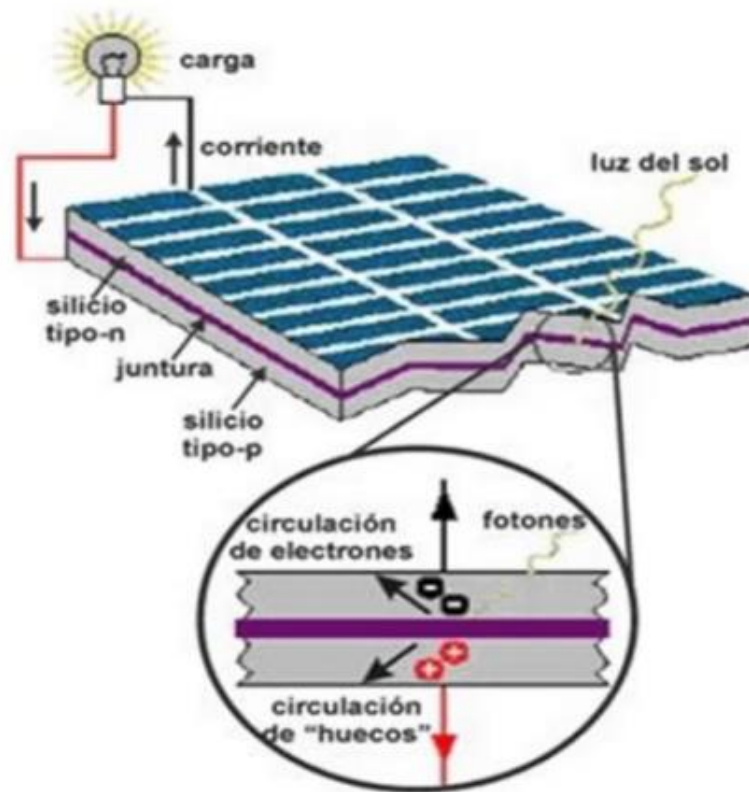


Figura 13: Representación de la célula fotovoltaica

3.3.2 Composición del módulo fotovoltaico

Los paneles solares están compuestos por un conjunto de células fotovoltaicas interconectadas eléctricamente entre sí. En función del tipo de conexión entre células, favorece a la intensidad de corriente o al voltaje, aumentando el voltaje si se conectan en serie, o la intensidad si lo hacen en paralelo. Cada cadena (número determinado de células conectadas en serie) está protegida por un diodo by-pass, cuya función es deshabilitar aquella célula que no funcione (generalmente ocasionado por sombras) correctamente para evitar reducir el rendimiento global del módulo [14].

Las células se encuentran protegidas frente a la intemperie, encapsuladas y montadas sobre un laminado y un marco, consiguiendo una vida útil de al menos 25 años en su mayoría. Los materiales más utilizados para la fabricación son vidrio, EVA y tedlar.

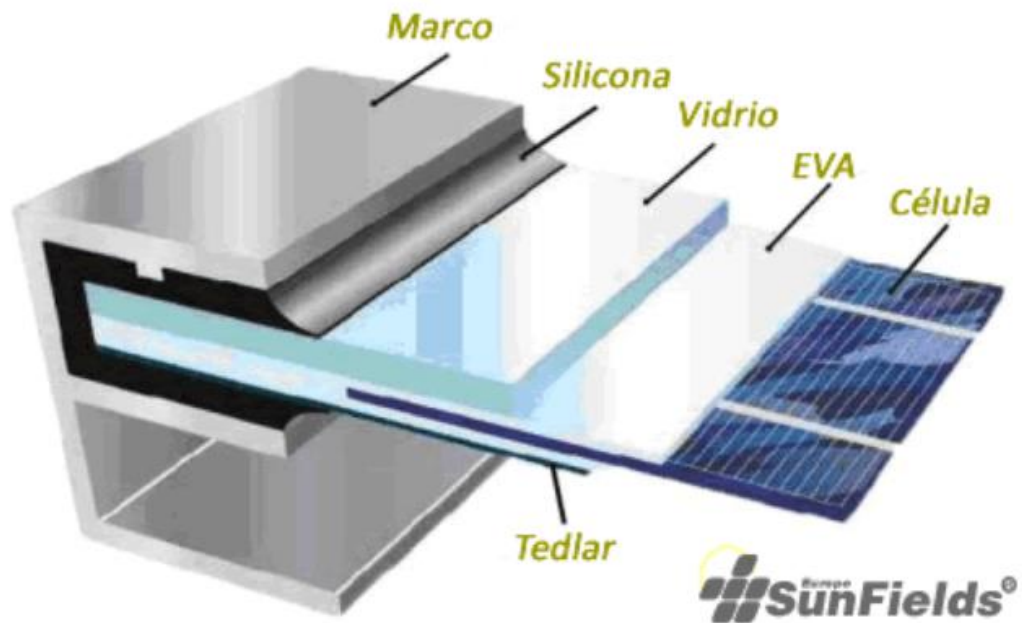


Figura 14: Estructura de un módulo fotovoltaico SunFields

El elemento base de la fabricación de células es el Silicio, muy abundante en la superficie terrestre en forma de minerales SiO_2 y silicatos. Actualmente es el más utilizado y podemos diferenciar entre:

- Silicio monocristalino: Es el más caro de fabricar, se consigue tras varias fases de cristalización fundiendo el silicio dopado con boro, obteniendo una microestructura muy ordenada. Poseen los mayores grados de eficiencia, entre el 16 y el 20 %.
- Silicio policristalino: El proceso de fabricación es similar al anterior, aunque la cristalización es más desordenada y el material posee un menor grado de pureza. Las regiones de silicio cristalino están separadas por bordes de grano que provocan enlaces más irregulares. Pese a ello su eficiencia es entre el 15 y el 18 % y su producción es más barata.
- Silicio amorfo: Es un conjunto de capas de silicio, sin estructura cristalina, situadas sobre un cristal o metal. Posee un alto coeficiente de absorción y la posibilidad de fabricar módulos flexibles. Sin embargo, se degradan a mayor velocidad y su grado de eficiencia ronda el 6-8 %.

3.3.3 Especificaciones del módulo fotovoltaico

Las características del módulo fotovoltaico quedarán definidas bajo su gráfica I-V (Intensidad-Voltaje), representada por una curva facilitada por el fabricante en unas condiciones estándar de medida [14].

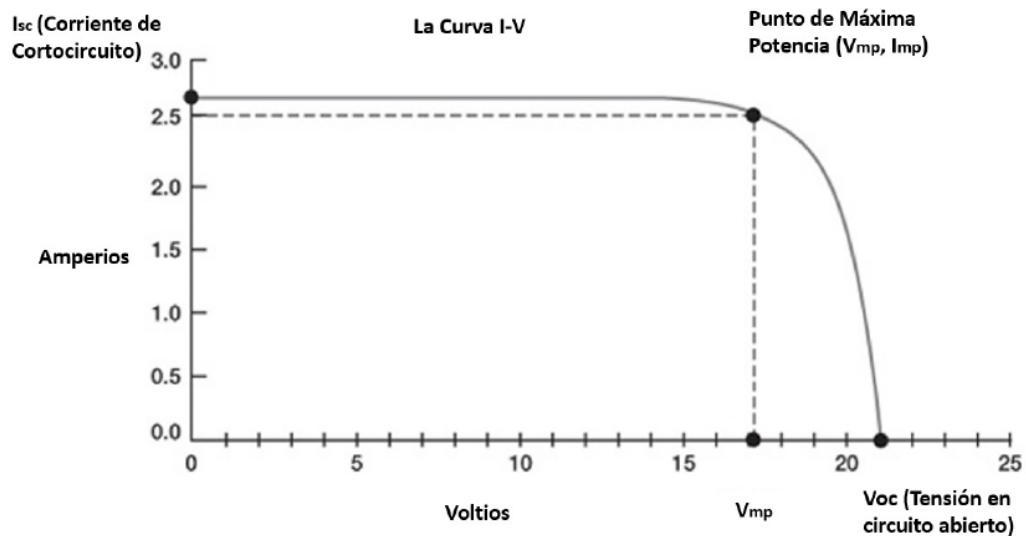


Figura 15: Caracterización de un módulo fotovoltaico bajo la curva I-V

Los parámetros más destacados de la curva son:

- Potencia Máxima: Se define como la “potencia pico” (Wp) que puede alcanzar el módulo, se mide con una radiación incidente de 1000 W/m² a una temperatura de 25 °C (condiciones estándar). A su vez define los conceptos de intensidad y tensión en el punto de máxima potencia (I_{mp} y V_{mp}).
- Intensidad de cortocircuito (I_{sc}): Es la corriente máxima que puede circular por el módulo. Se produce cuando se cortocircuitan los terminales + y - ($V=0$). Aumenta a mayor número de células conectadas en paralelo.
- Tensión de circuito abierto (V_{oc}): Es la máxima tensión obtenida por el módulo. Se ocasiona cuando no hay paso de corriente entre los bornes ($I=0$). Aumenta a mayor número de células conectadas en serie.
- Factor de forma (FF): Índice de calidad del módulo, a mayor índice mayor calidad.

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

- Eficiencia: Es la relación entre la potencia que puede producir la célula y la incidencia obtenida.

3.3.4 Sistemas de agrupamiento de los módulos fotovoltaicos

Para instalaciones que tengan dos o más módulos fotovoltaicos, es necesario que los módulos posean características similares de tensión, potencia e intensidad. En función del agrupamiento podemos diferenciar:

- Conexión en serie: Se mantiene constante la intensidad aumentando la tensión en cada módulo. Permite obtener secciones menores de cableado y con ello un ahorro en la instalación.

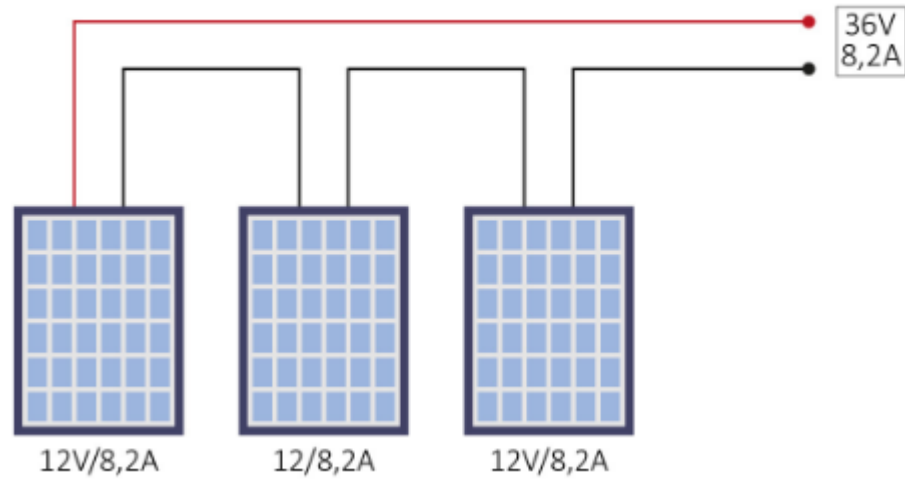


Figura 16: Ejemplo conexión módulos en serie

- Conexión en paralelo: Al contrario que en el caso anterior, se mantiene constante la tensión y se produce un aumento de la intensidad en cada panel. Se utiliza en instalaciones con baterías que no soportan altos voltajes.

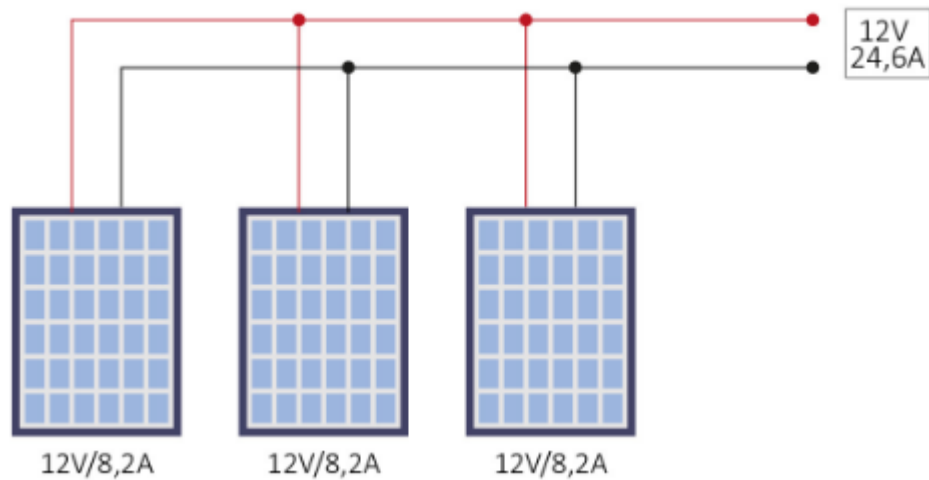


Figura 17: Ejemplo conexión módulos en paralelo

- Mixto (serie-paralelo): Aumenta tanto la tensión como la intensidad en función de las necesidades, utilizado para varias cadenas de paneles en forma de agrupación al inversor.

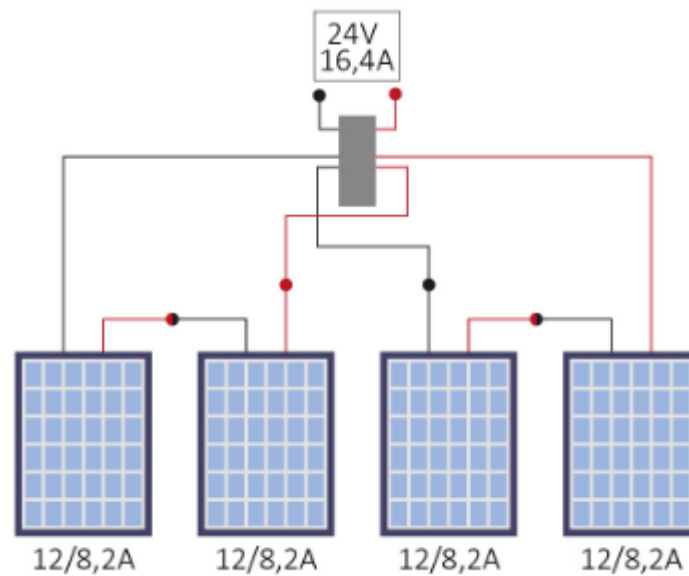


Figura 18: Ejemplo conexión módulos en serie-paralelo

3.3.5 Radiación captada por el panel fotovoltaico

A la hora de valorar el rendimiento de un sistema fotovoltaico, tenemos que tener en cuenta los parámetros que definen la radiación captada en el emplazamiento deseado, para ello nos basamos en la inclinación y orientación respecto al sol. Podemos diferenciar entre:

- Ángulo de acimut (α): Definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano correspondiente (con el sentido hacia el sur en el hemisferio norte).
- Ángulo de inclinación (β): Es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal, directamente relacionado con el ángulo de incidencia para obtener la mayor radiación directa posible.

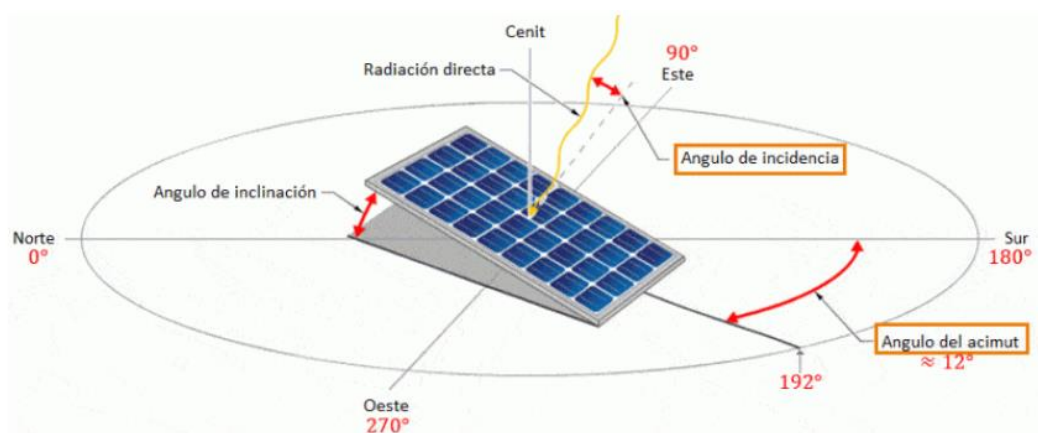


Figura 19: Representación ángulos de acimut e inclinación respecto el sol

Lo ideal para mantener una radiación directa constante es utilizar paneles que cambien de posición, denominados con seguimiento a un eje o a dos ejes, pero esto a veces no es rentable y se opta instalar paneles fijos. En función de los efectos a los que se ve sometida la radiación incidente sobre la placa solar [14] (ver figura 20), se puede dividir en:

- Irradiación directa: Es aquella que proviene directamente del sol, sin perturbar su dirección
- Irradiación difusa: es aquella recibida de la atmósfera consecuencia de la dispersión de parte de la radiación solar, aumenta de manera considerable en días nublados.
- Irradiación reflejada: Es la que procede de forma “rebotada” del entorno y depende del coeficiente de reflexión de las superficies que rodean al captador fotovoltaico.

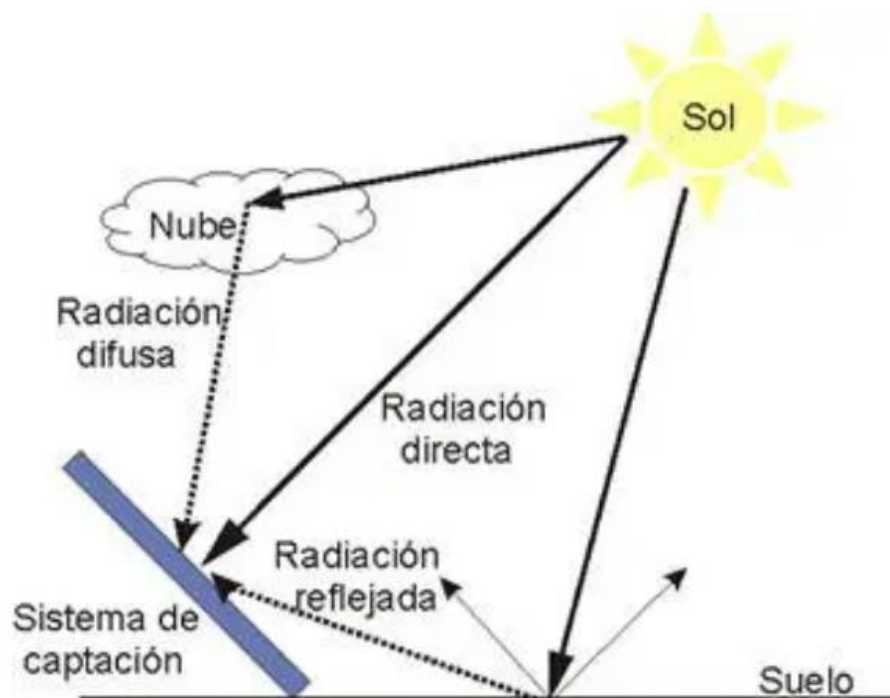


Figura 20: Esquema de los diferentes tipos de radiaciones

A través de diferentes programas podemos establecer un estudio de la radiación obtenida. En función del lugar, tanto el ángulo de incidencia (en caso de ser cero la irradiancia sería perpendicular al colector) como las horas de luz a lo largo del día, pueden variar.

A modo de ejemplo se muestra en la figura 21 la radiación obtenida en el año 2016 en Valladolid. El programa utilizado en este caso es PVGIS (base de datos SARAH).

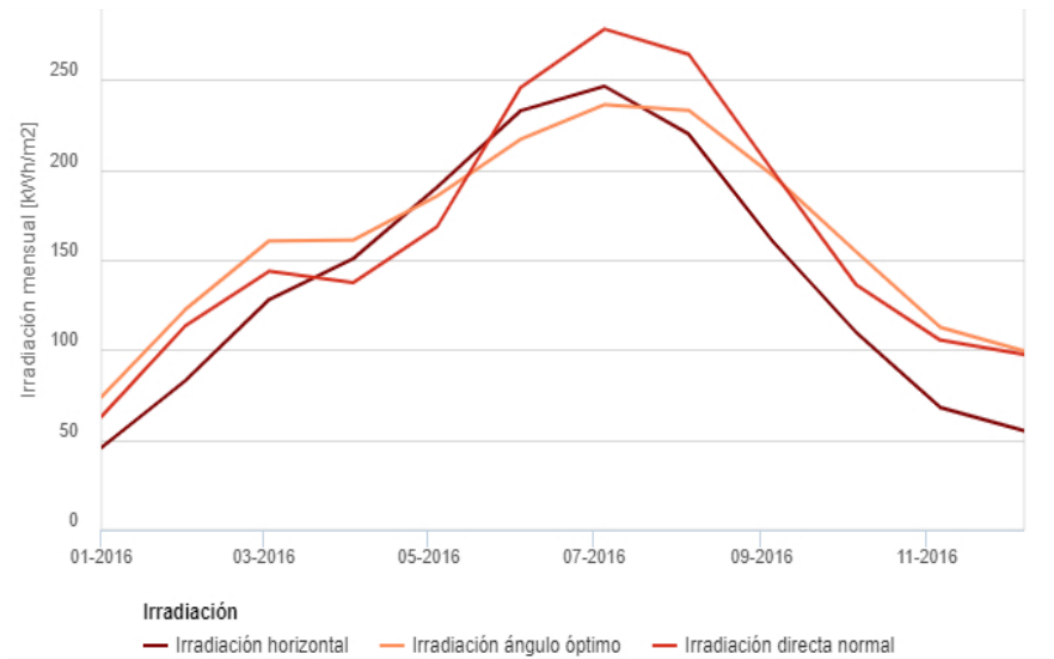


Figura 21: Irradiación en Valladolid, Latitud/Longitud: 41.648, -4.733, en PVGIS-SARAH

En la gráfica anterior es destacable el aumento de irradiación en los meses de verano, esto se debe principalmente a que estos meses tienen más horas de sol y mayor irradiación directa, al contrario que en los meses de invierno que las condiciones climatológicas provocan días más nublados y menos horas de sol.

Por consiguiente, en la figura 22 se observa la tendencia a tener mayor radiación directa/global en los meses de verano.

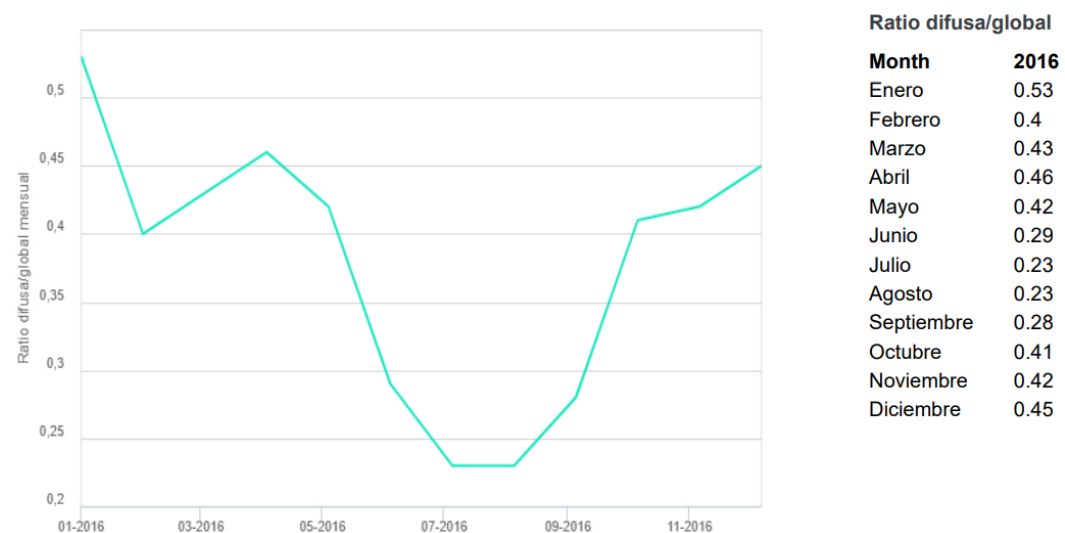


Figura 22: Ratio irradiación difusa/global en Valladolid, en PVGIS-SARAH



3.4 Marco Normativo, Real Decreto 244/2019

Desde el 1998, el sector eléctrico español ha sufrido varias reformas que pretenden fomentar el uso de las energías renovables ofreciendo mejores condiciones y mayores facilidades de instalación. En consecuencia, en la actualidad, según APPA Renovables [12] se ha batido un récord histórico de instalaciones de autoconsumo llegando, pese a la crisis del COVID-19, a los 623 MW en 2020.

Estas son las normas que se han desarrollado a fecha de hoy:

- *Ley 54/1997*: Establece la regulación del sector eléctrico, liberando el transporte y la distribución, permitiendo el acceso a terceros y la libre elección del suministrador. Se establece el objetivo de que en 2010 el 12 % de la energía será de origen renovable.
- *Real Decreto 2818/1998*: Instauro una serie de incentivos y primas para las instalaciones que utilicen energías renovables, residuos o cogeneración.
- *Real Decreto 436/2004*: Se crea una metodología con régimen jurídico y económico para la producción de energía eléctrica en régimen especial. El titular de la instalación puede vender su producción o excedentes al distribuidor, o bien al mercado diario.
- *Real Decreto 661/2007*: Establece que aquellas instalaciones con potencias altas que no pertenezcan al régimen especial también puedan percibir una prima.
- *Real Decreto 1578/2008*: Genera un nuevo régimen económico para las instalaciones no incluidas en el RD 661/2007 y establece un nuevo mecanismo de retribución.
- *Real Decreto-ley 1/2012*: Suspende los incentivos para las instalaciones que generan electricidad a partir de fuentes renovables, residuos o cogeneración.
- *Ley 24/2013*: Se había creado un déficit durante los años anteriores en el sistema eléctrico español, con esta ley se define el autoconsumo y varias modalidades.
- *Real Decreto 897/2015*: Se crea el bono social, una ayuda para el consumidor vulnerable.
- *Real Decreto-ley 900/2015*: Se regula la condición de autoconsumo, de manera que se obliga a pagar por acceder a las redes de transporte y distribución.
- *Real Decreto-ley 15/2018*: Medidas urgentes para la transición energética y protección del consumidor. Se facilitan los procedimientos administrativos y se mejoran las condiciones de autoconsumo.



comercializadora deberá comprar la energía al coste estipulado en el PVPC (Precio voluntario para el pequeño consumidor) o, al precio acordado con la comercializadora, compensándose de esta manera en la factura mensual del consumidor, en ningún caso el resultado de la compensación podrá ser negativo ni podrá compensar los pagos por peajes de acceso. Para ello es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

- Fuente primaria de origen renovable.
- La potencia de la instalación sea menor de 100 kW.
- En su caso, el consumidor debe suscribir un contrato único de suministro para el consumo asociado y para los consumos auxiliares con la empresa comercializadora.
- El productor y consumidor hayan suscrito un contrato definido en el artículo 14 del Real Decreto 244/2019.
- La instalación de producción no esté sujeta a un régimen retributivo adicional o específico.

2. Autoconsumo con excedentes no acogido a compensación: A esta modalidad pertenecen aquellos autoconsumos que no cumplan alguno de los requisitos anteriores, o que voluntariamente no decidan acogerse a ella.

Además, en este Real Decreto se establece una nueva subdivisión de los sistemas de autoconsumo en función de:

- **Autoconsumo individual:** Solo existe un consumidor asociado a la instalación de producción
- **Autoconsumo colectivo:** Formado por una o varias instalaciones generadoras de energía eléctrica y varios consumidores asociados a ellas. Estas conexiones podrán realizarse en red interior (el autoconsumo podrá ser con excedentes o sin excedentes), mediante líneas directas, o a través de red (solo con excedentes), siempre y cuando en el último caso se cumplan las siguientes condiciones:
 - Que la conexión se realice a través de la red de baja tensión que se deriva del mismo centro de transformación al que pertenece el consumidor.
 - Entre la generación y los consumos exista una distancia menor a 500 metros.
 - La instalación generadora y los consumidores se ubiquen en la misma referencia catastral.



3.4.2 Condiciones administrativas

La tramitación administrativa podrá requerir trámites a nivel estatal, autonómico y local, además de los trámites con la empresa distribuidora.

En función de la potencia instalada, la modalidad de autoconsumo, el tipo de conexión y/o si se va a tratar de una instalación colectiva o individual, algunas instalaciones quedarán exentas de parte de la tramitación.

En nuestro caso de estudio nos vamos a centrar en una instalación de autoconsumo individual, menor de 10 kW (en Baja tensión), en la modalidad de autoconsumo sin excedentes (acogido a compensación).

Tabla 1: Trámites a realizar con y sin excedentes autoconsumo individual menor de 10 kW [13].

Instalaciones de autoconsumo individual menores de 10 kW		
	Sin excedentes	Con excedentes (acogidas a compensación)
1. Diseño de la instalación	<u>Memoria técnica de diseño (MTD)</u>	<u>Memoria técnica de diseño (MTD)</u>
2. Permisos de acceso y conexión / Avaes garantías	Exentas, la empresa instaladora debe solicitar el CAU (Código de autoconsumo)	<u>Suelo urbano</u> : Exentas <u>Otra tipología de suelo</u> : necesario permiso de acceso y conexión, RD 1699/2011
3. Autorizaciones ambientales y de utilidad pública	Exentas, consultar con las comunidades autónomas	Exentas, consultar con las comunidades autónomas
4. Autorización administrativa previa y de construcción	Exentas	Exentas
5. Licencia de obras	<u>Concesión del permiso municipal</u> , considerando obra mayor o menor	<u>Concesión del permiso de obras</u> según la normativa vigente en el municipio
6. Ejecución de la instalación	Según REBT, importante Sistema anti-vertido	Según REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión)
7. Inspección inicial e inspecciones periódicas	No es necesario, consultar con las CCAA	No es necesario, consultar con las CCAA
8. Certificados de instalación y/o certificados fin de obra	Solo es <u>necesario el CIE</u> (certificado de instalación eléctrica), ante la CCAA	<u>Necesario el CIE</u> , como certificado fin de obra.
9. Autorización explotación	Con el CIE es suficiente	No necesita trámite, con el CIE es suficiente
10. Contrato de acceso	Con el CIE, a través de la CCAA, se comunica la modificación del contrato a través de la empresa distribuidora.	Con el CIE, a través de la CCAA, se comunica la modificación del contrato a través de la empresa distribuidora.
11. Contrato de suministro de energía servicios auxiliares	Exentas	Exentas
12. Licencia de actividad	Exentas	Exentas
13. Acuerdo de reparto y Contrato de compensación de excedentes	No aplica	Contrato de compensación de excedentes y solicitud de aplicación con la empresa comercializadora

14. Inscripción en el registro autonómico y administrativo de autoconsumo	Trámite gestionado por las CCAA	Trámite gestionado por las CCAA
15. Inscripción en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica (RAIPRE)	No aplica	No aplica
16. Contrato de representación en mercado para venta de energía	No aplica	No aplica

En cualquier caso, en el autoconsumo individual, el titular del punto de suministro (consumidor) será también el titular de la instalación conectada a su red, por lo que será el responsable de cualquier incumplimiento que pueda ocasionar daños en la red.

3.4.3 Esquema de instalación

Los componentes de carácter básico para una instalación de autoconsumo conectado a red son: el sistema de generación, el contador de autoconsumo, los consumos y la red eléctrica.

Cabe mencionar los sistemas de acumulación, que son utilizados para almacenar la energía que no se puede aprovechar en ese momento, evitando desperdiciarla, su instalación en todas las modalidades de autoconsumo está permitida.

A continuación, podemos ver en forma de esquema las dos modalidades de autoconsumo.

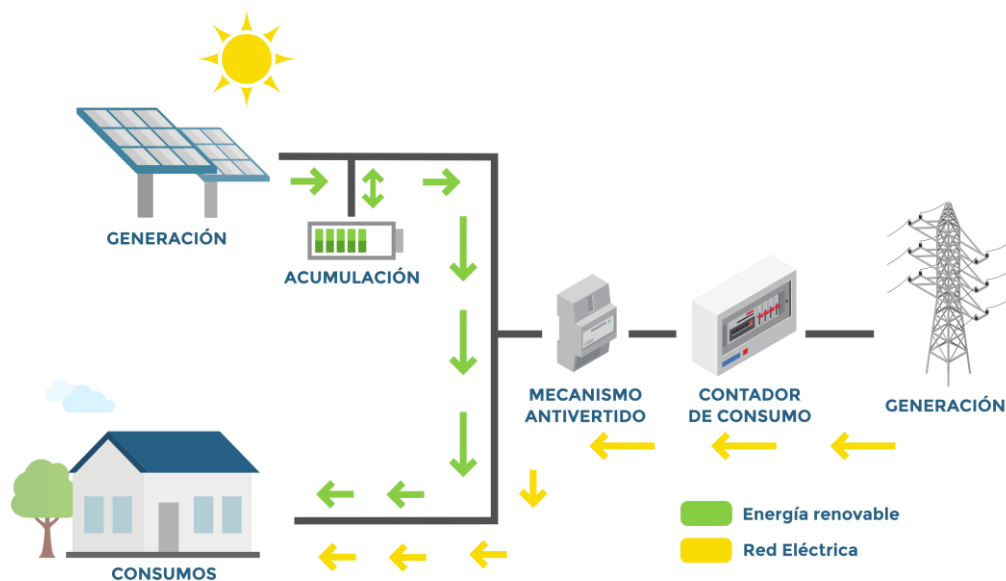


Figura 24: Esquema autoconsumo sin excedentes [13].

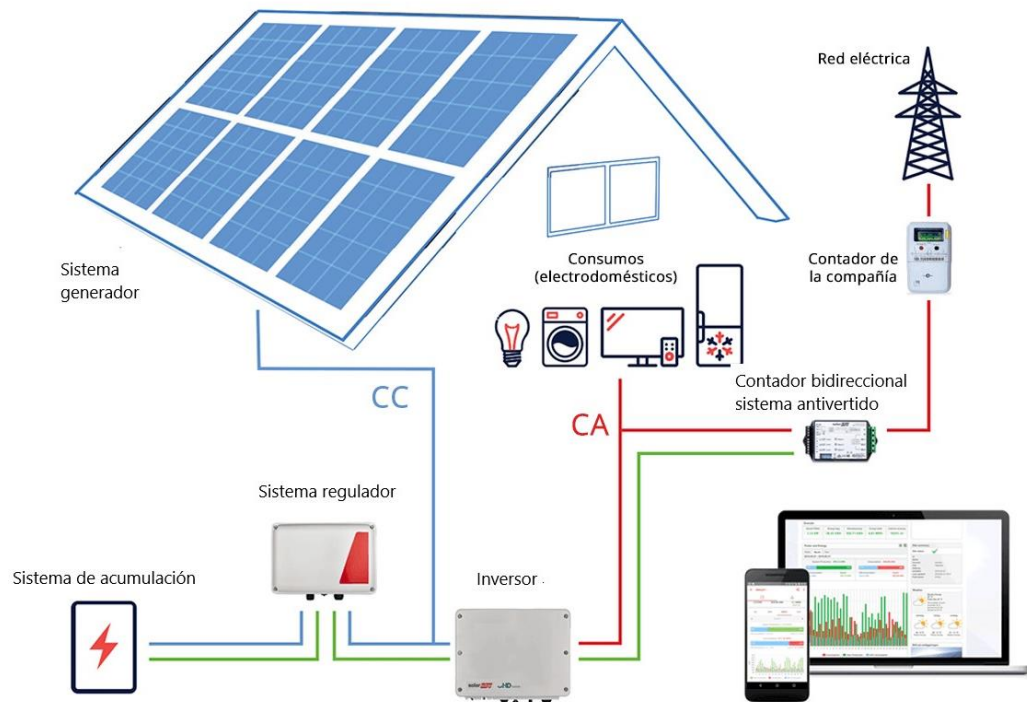


Figura 26: Esquema de una instalación fotovoltaica conectada a red con baterías

En el esquema de la figura 26 se muestran los componentes principales de la instalación y a continuación se pasan a detallar cada uno de ellos.

3.5.1 Sistema generador

Formado por dos o más módulos fotovoltaicos, producen corriente continua (DC) en función de la radiación recibida.

En la actualidad, la mayoría de componentes electrónicos están diseñados para funcionar con corriente alterna, PC, televisión, lavadora, horno... etc. Por ello es necesario conectar un sistema que transforme la corriente recogida directamente de los paneles.

En el caso de aparatos que consumen poca energía se pueden conectar directamente al módulo utilizando corriente continua, por ejemplo las bombillas, aunque no es necesario.

En el apartado 3.3 se han detallado tanto las características como la tecnología del módulo fotovoltaico.

3.5.2 Sistema regulador

El objetivo principal de este elemento es la carga y descarga de las baterías, realizando los ciclos correspondientes de manera óptima y evitando sobrecargas. Su función es evitar inyectar corriente cuando la batería este con capacidad plena y no alcanzar altas profundidades de descarga cuando se

suministre energía almacenada. Son cruciales para alargar la vida útil de la batería al máximo.

Su funcionamiento radica en dejar pasar la corriente hacia la batería hasta que se acerca a su capacidad máxima, es entonces cuando se adopta el estado de flotación, cuya función es suministrar una intensidad de corriente muy baja a las baterías para compensar la autodescarga y mantener al 100 % su capacidad.

El regulador es el punto de conexión del cableado entre los diferentes sistemas y además proporciona información sobre el estado de la batería, voltaje, capacidad de carga, alarmas...

Haciendo referencia a la disposición del elemento interno de control podemos distinguir entre:

- Regulador en serie: consiste en generar una interrupción abriendo la línea del circuito que une el generador fotovoltaico y la batería. Utilizados mayoritariamente para potencias más elevadas.

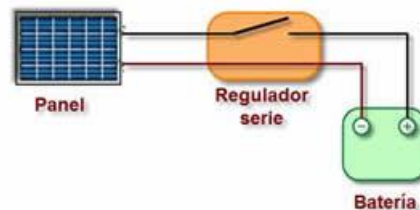


Figura 27: Regulador en serie

- Regulación en paralelo: Su funcionamiento consiste en cortocircuitar el generador fotovoltaico mediante un dispositivo de conmutación colocado en paralelo entre la batería y el generador. El dispositivo debe estar dotado de un sistema eficiente de evacuación de calor, ya que el paso de la corriente fotovoltaica disipa la potencia aumentando la temperatura. Además, deben estar dotados de un diodo de bloqueo cuya función es evitar que circule corriente inversa, de la batería al panel. Se suelen utilizar para potencias bajas debido al calor que se genera en la disipación.

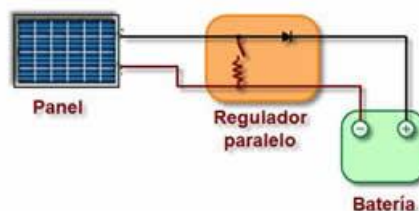


Figura 28: Regulador en paralelo



Existen diferentes niveles de regulación de la tensión, estos abarcan desde la Tensión de sobrecarga (V_{sc}), que es el valor de la tensión máxima permitida por el regulador, hasta la Tensión de sobredescarga (V_{sd}), la tensión mínima antes de desconectar la batería.

3.5.3 Sistema de acumulación o baterías

Para poder suministrar electricidad cuando el sistema generador fotovoltaico no capta radiación suficiente, es necesario utilizar sistemas de acumulación o baterías. Estos sistemas almacenan la energía captada por los paneles solares para su posterior uso.

La instalación de baterías en un sistema aislado de la red es fundamental, ya que, en días nublados o en horario nocturno, el sistema fotovoltaico no puede suministrar la potencia demanda.

El funcionamiento de una batería se basa en una reacción electroquímica redox (reducción-oxidación), donde hay un intercambio de electrones entre dos polos, lo que provoca un cambio en los estados de oxidación. La batería está formada por dos electrolitos (líquidos) donde se introducen dos placas de metales llamados electrodos (polos). Podemos diferenciar dos procesos significativos en las baterías:

- Carga de la batería: Si unimos los dos electrodos y los conectamos a una fuente de energía, en este caso la fotovoltaica, en el electrolito se almacena energía. Esto produce una diferencia de potencial entre los electrodos que va en aumento hasta alcanzar la tensión máxima.
- Descarga de batería: Si ahora conectamos los electrodos a un circuito externo, la diferencia de potencial establece una corriente por el circuito y la celda se va descargando hasta llegar a 0 V.

Si la celda es reversible, se puede volver a cargar una vez descargada, completando un ciclo.

A la hora de caracterizar una batería podemos distinguir varios parámetros:

3.5.3.1 Tensión de la batería

Las baterías oscilan entre 2, 12 y 24 V y operan en corriente continua. Para conseguir un mayor voltaje en una batería, se conectan celdas de 2 V en serie para alcanzar la tensión a la que trabaja el sistema (ver figura 29). En el caso de colocar las baterías en paralelo se aumenta la capacidad.

BATERIA CELDAS EN SERIE

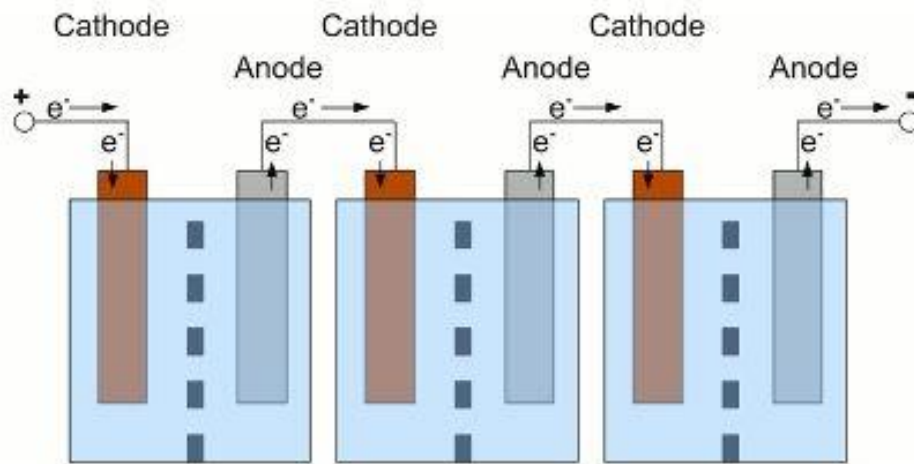


Figura 29: Celdas conectadas en serie

3.5.3.2 Vida útil

La vida útil de la batería se mide en los ciclos de carga y descarga que es capaz de realizar, no en años. El número de ciclos que soporta viene especificado por el fabricante y está altamente relacionado con la profundidad de descarga.

3.5.3.3 Profundidad de descarga (DoD)

Es el porcentaje del total de la carga de una batería capaz de descargarse en un ciclo completo, es decir, nunca se podrá descargar más energía que un porcentaje específico del total.

En función de la capacidad de descarga podemos diferenciar entre baterías de ciclo poco profundo, cuyas descargas no son mayores del 20 % y se suele producir rápidamente (coches o motos), o de ciclo profundo, que aguantan descargas de hasta el 80 % de su carga total (a menos profundidad de descarga más dura la batería).

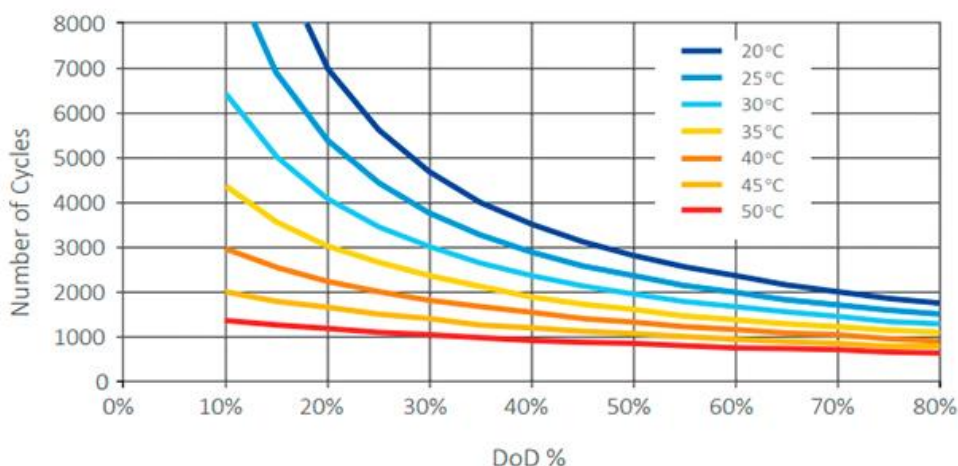


Figura 30: Ejemplo de una batería estacionaria TOPzS 2V, fuente autosolar.

En el ejemplo anterior (figura 30), se observa que para una temperatura de 20 °C la duración de la batería aumenta de forma considerable cuando la profundidad de descarga es menor (DoD), consiguiendo llegar a los 7000 ciclos para un DoD del 20 %.

3.5.3.4 Capacidad de la batería

Es la cantidad de corriente capaz de suministrar una batería con una tensión determinada cuando está cargada al máximo, también se puede definir como la cantidad de energía que puede almacenar y se mide en Amperios-hora (Ah).

Esto quiere decir que, a grandes rasgos, una batería de 300 Ah debe de ser capaz de suministrar 300 A durante una hora, o en su defecto, 30 A durante 10 horas. La capacidad se puede ver afectada por diversos factores operacionales como la temperatura de operación, la profundidad de descarga o los voltajes de regulación.

Las altas temperaturas pueden aumentar la capacidad de la batería, pero disminuyen su durabilidad, por el contrario, las bajas temperaturas pueden imposibilitar penetrar el electrolito al material activo reduciendo también su capacidad. La temperatura recomendada que establece mayor duración es alrededor de 25 °C.

3.5.3.4 Tipos de baterías

En función de la tecnología con que se fabrican se pueden diferenciar los siguientes tipos de baterías:

- Baterías de plomo ácido abierto: Contienen seis compartimentos conectados en serie y sumergidos en ácido sulfúrico, cuyos electrodos son de plomo. Deben utilizarse en ciclos de descarga poco profundos y necesitan mantenimiento. Son las baterías más económicas por lo que se suelen usar para consumos medios-bajos y discontinuos.

- **Baterías AGM (Absorción Glass Mat):** poseen una tecnología que permite a las placas de plomo de la batería poder absorber el ácido más rápido y no requieren de mantenimiento gracias a su diseño cerrado. Entre sus características destaca su larga vida útil, aunque estén sometidas a ciclos de descarga profunda.
- **Baterías GEL:** Contienen el electrolito gelificado y no necesitan mantenimiento ya que están completamente selladas. Pueden llegar a albergar hasta 800 ciclos de descarga profunda, por lo que son una batería con gran durabilidad.
- **Baterías de litio:** Poseen una larga vida útil con muy alta profundidad de descarga (hasta el 100 %), además son las más ligeras y no necesitan mantenimiento. La desventaja es que tienen un coste elevado en la actualidad.

Según la forma de presentación de la batería podemos dividir en:

- **Baterías estacionarias:** Son celdas independientes conectadas en serie de 2V cada una. Estas baterías son muy recomendadas para instalaciones fotovoltaicas debido a los buenos resultados que ofrecen de vida útil y ciclos de descarga profundos. Diferenciamos dos tipos:
 - **OPzV (de gel):** Baterías de electrolito absorbido, que no necesitan mantenimiento.
 - **OPzS y TOPzS (de plomo ácido):** Baterías de electrolito líquido que se debe comprobar los niveles de ácido de manera periódica por lo que sí tienen mantenimiento.



Figura 31: Tipos de baterías estacionarias

- **Baterías monoblock:** Son baterías que contienen varias celdas conectadas en serie y dependientes entre sí, recubiertas a su vez por un conjunto exterior formando un solo bloque. Se suelen utilizar en instalaciones pequeñas y pueden ser de plomo ácido, de gel o AGM.



Figura 32: Tipos de baterías según la forma de presentación

3.5.4 Inversor

El inversor solar es el aparato que se encarga de transformar la energía producida por los paneles, convierte la corriente continua en corriente alterna. De este modo, permite funcionar los dispositivos eléctricos de nuestro hogar o industria en sus niveles normales de tensión e intensidad.

Además, el inversor optimizará la producción de energía de los paneles para conseguir el mayor rendimiento de la instalación y realizará un seguimiento de



monitorización. En todo momento se busca el PMP (punto de máxima potencia) para trabajar en el todo el tiempo.

El inversor se conecta al regulador en conexiones con baterías, y en caso de ser instalaciones conectadas a red sin baterías, se une directamente al sistema de módulos fotovoltaicos.

Los parámetros que definen un inversor son:

- Rendimiento o eficiencia: Es la relación entre las potencias de salida y entrada del inversor.
- Tensión nominal (V): la tensión que debe aplicarse en los bornes de entrada del inversor.
- Potencia nominal (VA): Potencia aparente suministrada por el inversor de forma continua. Medida en VoltioAmperios (VA)
- Potencia activa (W): Potencia real suministrada teniendo en cuenta el desfase tensión-corriente.
- Factor de potencia ($\cos(\phi)$): es igual al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente a la salida del inversor.
- Capacidad de sobrecarga: Capacidad de suministrar una potencia superior a la nominal y el tiempo empleado. Es muy habitual que en el arranque de algún receptor se requiera más potencia durante un breve periodo de tiempo.
- Forma de la onda: podemos diferenciar entre *onda cuadrada*, basados en una rectificación simple de la corriente continua, *onda modificada* o *semi-senoidal*, que presentan una dispersión armónica de hasta el 20 % y la onda senoidal pura, que son los más usados debido a que poseen una mínima dispersión de onda.

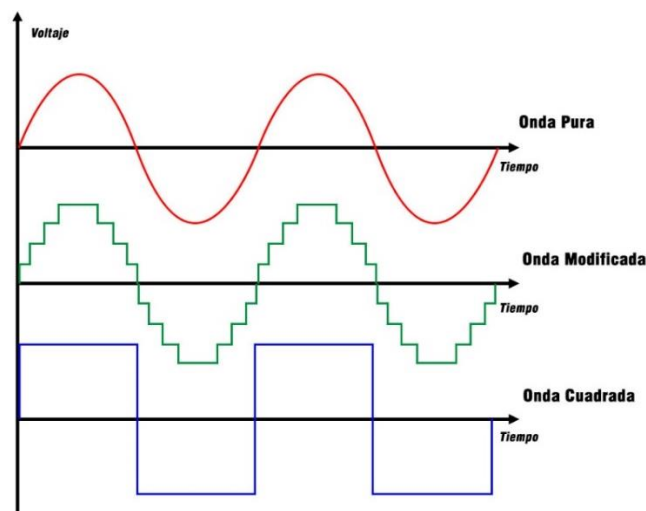


Figura 33: Tipos de ondas

3.5.4.1 Tipos de inversores

En el caso de que nuestra instalación fotovoltaica sea con conexión a la red convencional, el inversor deberá tener la capacidad de verter los excedentes producidos, en este caso podemos diferenciar los siguientes tipos de inversores:

- Inversores por cadena o string: El inversor es conectado a una cadena de módulos solares donde los paneles están acoplados en serie, por lo que circula la misma corriente. Esto quiere decir que la producción de potencia máxima de la cadena queda limitada por el panel que genere menos potencia. En la actualidad, son el tipo de inversor más económico y utilizado del mercado, pero hay que tener en cuenta la zona geográfica y evitar sombras para obtener una producción óptima.

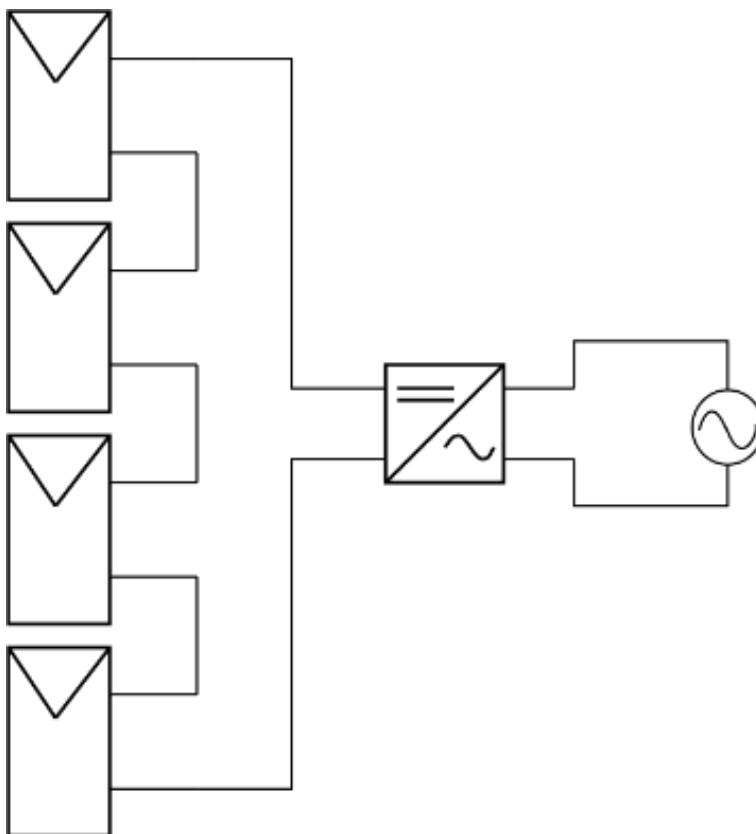


Figura 34: Inversor para una cadena

- Inversores centrales: Este tipo de inversores es característico por utilizarse para la unión de varias cadenas, para simplificar el número de inversores. La corriente producida por varias cadenas de módulos fotovoltaicos se conecta en paralelo mediante una caja de combinación. Como en el caso anterior los paneles operan a un mismo valor de tensión y corriente, a un mismo punto de operación.

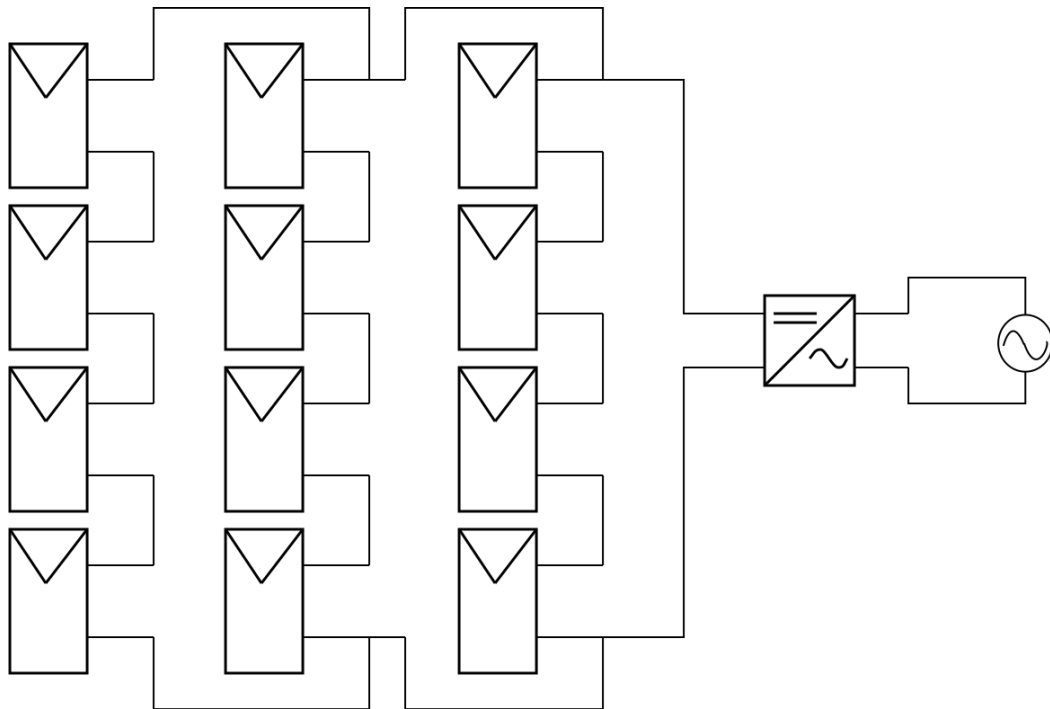


Figura 35: Esquema Inversor central

- **Microinversores:** En este caso, cada panel contiene un inversor, de esta forma cada módulo genera corriente alterna funcionando independientes unos de otros. Este sistema consigue un gran rendimiento y una mayor eficiencia, aunque son poco utilizados debido a su alto coste.
- **Inversor híbrido:** Posee la misma función que un inversor de tipo string con el añadido de que además de transformar la energía que proviene de los paneles es capaz de gestionar la carga y descarga de las baterías. Intercala el uso de las baterías con el inversor, cuando las baterías tienen un nivel bajo, se consumirá energía de la red eléctrica exterior. Son utilizados para conseguir la máxima autosuficiencia del sistema.
- **Optimizadores de potencia:** se sitúan en cada módulo al igual que los microinversores, pero su función no es convertir la corriente en alterna, si no que se envía a un inversor centralizado, localizando y controlando los puntos con mayor y menor potencia.

En el caso de que la instalación fotovoltaica sea asilada, donde la instalación no está conectada a la red eléctrica de distribución, se requiere del uso de baterías. El inversor tiene que ser capaz de obtener la energía de las baterías en corriente continua y transformarla en alterna para cubrir las necesidades de los aparatos eléctricos. Este tipo son los denominados inversores solares y generalmente se utilizan en zonas con poca o nula accesibilidad a la red.

3.5.5 Contador bidireccional y sistema anti-vertido

Tanto el contador de consumo de la instalación, como el sistema de inyección a red es controlado por un aparato (Vatímetro) capaz de medir la energía producida. Este aparato va asociado al inversor y permite el control de la energía que se vierte a la red midiendo en ambos sentidos, tanto el consumo como lo que se inyecta.

En función de la instalación se configura para verter o no el excedente de la producción fotovoltaica a la red en el caso que produzcamos más energía de la que consumimos.

Este sistema es necesario puesto que también actúa como contador de energía, el cual se requiere para la legalización de la instalación.

Además, nos permitirá realizar un seguimiento de los consumos empleados a través de gráficas, generalmente.



Figura 36: Vatímetro Fronius Smart merter monofásico TS 100



Dimensionado de instalación fotovoltaica en una casa rural





CAPITULO 4: DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA



Dimensionado de instalación fotovoltaica en una casa rural





4. Descripción de la instalación fotovoltaica

El estudio se va a basar en la elaboración de un proyecto de una instalación fotovoltaica real, en base a la tecnología descrita anteriormente y de acuerdo a la legislación actual. Posteriormente se realizará un análisis económico para verificar el ahorro que supone una instalación de estas características y los cálculos sobre la instalación serán apoyados por un programa software para verificar los resultados.

A continuación, se comienza con la descripción del caso de estudio seleccionado.

4.1 Caso de estudio

El caso de estudio seleccionado es un sistema fotovoltaico instalado en una vivienda de ámbito rural, la vivienda va a ser remodelada para albergar turismo en la montaña palentina realizando la función de casa rural.

La estructura del tejado es a dos aguas en forma de L, por lo que tenemos varias posibilidades al elegir la orientación de los paneles solares.

La vivienda consta de un total de 5 habitaciones ampliables, cocina, salón y baños, por lo que estaría capacitada para hospedar a dos huéspedes por habitación, sumando un total de 10 personas.

Las características de la vivienda se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 2: Características de la vivienda

Dimensión de vivienda	250 m ²
Dimensión de tejado	190 m ²
Pisos	3
Inclinación del tejado	≈ 30°

A continuación, se muestran unas imágenes del caso a estudio, con diferentes vistas de la vivienda.



Figura 37: Casa Rural



Figura 38: Casa Rural 2

4.2 Ubicación de la instalación

La vivienda objeto de estudio está ubicada en la localidad de Celada de Robledo perteneciente a la provincia de Palencia, pedanía situada en la comarca de la montaña Palentina.

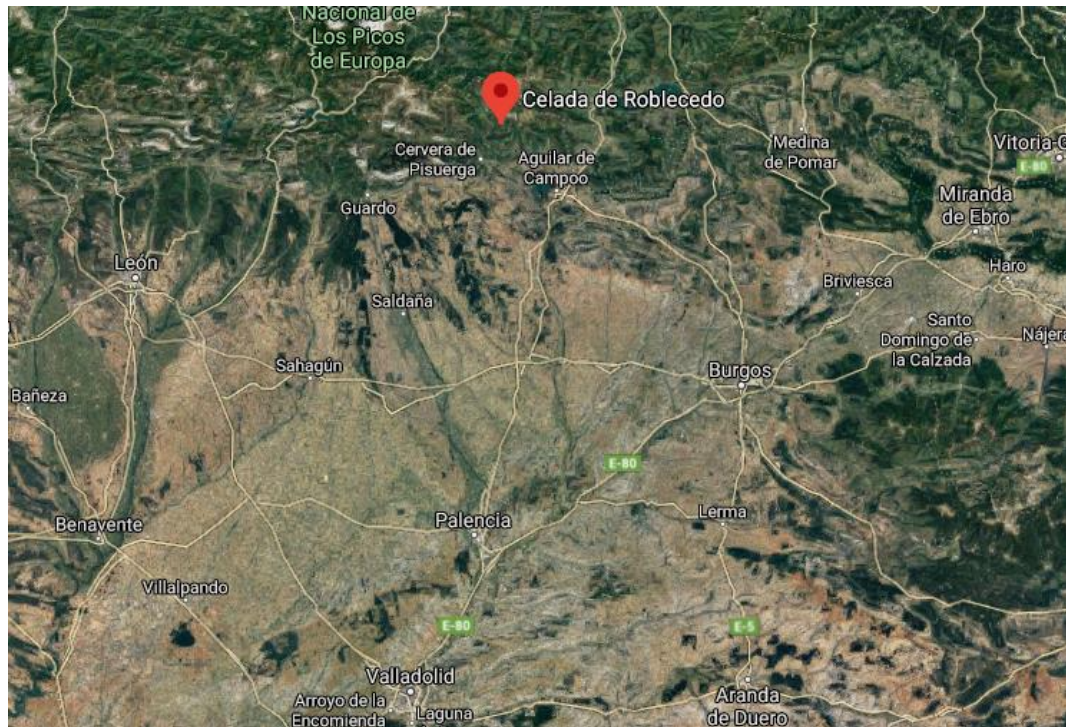


Figura 39: Localización de la instalación objeto de estudio

Esta instalación no provoca ruido ni residuos, por lo que se adaptará bien al entorno y como va a estar integrada en la cubierta del edificio, el impacto visual será mínimo.

La posición geográfica exacta de la vivienda tiene las siguientes coordenadas:

Tabla 3: Coordenadas de la instalación

Latitud	42,94°
Longitud	-4,43°
Altitud	1190 metros



Figura 40: Lugar del emplazamiento

4.3 Consumos de la vivienda

Según datos del IDAE (Instituto para la diversificación y ahorro de energía), en un hogar medio de España se consumen alrededor de 9922 kWh anuales. Hablando en términos económicos estamos gastando 990 € al año en energía, destinando más de la mitad para calefacción y agua caliente. Si nos referimos a los electrodomésticos del hogar, para viviendas unifamiliares en nuestro país obtenemos un consumo medio anual de 3076 kWh. Para nuestro caso específico se utilizarán diferentes estudios de consumo en función de los aparatos eléctricos de nuestra vivienda.

A modo orientación se puede observar en la tabla siguiente el reparto del consumo de los aparatos eléctricos en un domicilio medio de España, según el IDAE [15].



Tabla 4: Consumo medio en una vivienda española, según IDAE

Electrodoméstico	Consumo anual
Frigorífico	662 kWh
Congelador	563 kWh
Televisión	263 kWh
Lavadora	255 kWh
Secadora	255 kWh
Lavavajillas	246 kWh
Horno	231 kWh
Stand-by	231 kWh
Ordenador	172 kWh
Otros	76 kWh

El suministro de energía de la vivienda es de baja tensión (tensión $\leq 1\text{kV}$) y la potencia contratada es menor a 10 kW por lo que la tarifa pertinente es la 2.0 A, característica de los hogares medios en España.

A continuación, se va a realizar un cálculo estimado de la potencia y consumos generados durante un año, definiendo el número de aparatos eléctricos de la instalación, y teniendo en cuenta que funciona a 230V.

Tabla 5: Valores de referencia en consumos de los aparatos eléctricos

Equipo	Potencia (W)	Consumo medio (Wh)	Tiempo (horas/día)	Consumo anual (kWh)
Frigorífico	250	50	24	446
Congelador	300	45	12	401
Lavadora	1500	800	0,5	149
Microondas	800	800	0,1	29
Vitrocerámica	1300	700	1	260
Horno	2000	1200	0,2	89
Lavavajillas	1900	1000	0,5	186
Televisión	200	150	3	168
Ordenador	190	100	2	74
Iluminación	250	250	6	558
Calentador de agua (100 L)	1500	1500	6	3350
Estufa eléctrica	2000	2000	1	744
Otros equipos	150	150	2	111
Standby	20	20	24	178
TOTAL	12360			6743



En la tabla 5 se establecen una serie de parámetros característicos para estimar tanto la potencia de la instalación, como el consumo medio anual. Se realiza una diferenciación entre la potencia necesaria de arranque de cada electrodoméstico y la potencia media de consumo a la hora (columna 2 y 3), por lo que, mediante el consumo medio en una hora y la estimación de horas de uso al día, se determina el consumo anual (en kWh).

Para referirnos a términos de potencia, utilizamos el vatio (W), mientras que el consumo lo medimos en unidades de energía, que no es más que la potencia empleada a lo largo de un periodo de tiempo (Wh).

En base a los resultados obtenidos en la tabla podemos determinar la potencia que necesita la instalación, así como una estimación de la energía generada a lo largo de un año. En caso de utilizar todos los electrodomésticos a la vez, se necesitaría una potencia de 12 kW, pero esto no va a ocurrir nunca. Para promediar la potencia necesaria se utiliza un factor de simultaneidad que multiplica la suma de la potencia total de la instalación por 0,25. Es decir:

$$(Suma\ de\ potencias) \times 0,25 = (potencia\ a\ contratar)$$

$$12,36\ kW \times 0,25 = 3,09\ kW$$

Nuestro caso de estudio necesita como mínimo una potencia alrededor de 3 kW para no saltar el diferencial y obtener un consumo ininterrumpido, esta potencia la suministra el inversor.

La vivienda objeto de estudio no tiene capacidad para utilizar gas natural, por lo que el agua caliente se suministra a través de un calentador eléctrico y la calefacción mediante una estufa de pellets. El mayor dato de consumo eléctrico es el calentador, lo que supone más de 3000 kWh del gasto anual en agua caliente sanitaria.

En este estudio se hace una media anual, suponiendo que los consumos en invierno sean similares a los de verano, ya que el factor diferenciador entre estas dos estaciones es la temperatura y las condiciones climatológicas, paliado mediante el sistema auxiliar de calefacción.

4.4 Tipo de instalación fotovoltaica según autoconsumo

Nuestra instalación va a ser del tipo conectada a red eléctrica, guiados por la normativa establecida comentada en el apartado 3.4 en base al real decreto 244/2019.

En cuanto a la forma de autoconsumo se procederá a realizar un estudio de autoconsumo sin excedentes, este estudio se va a centrar en la situación económica más rentable en función de diferentes parámetros, para ello nos

ayudaremos del software PVsyst [16], cuya base de datos nos proporcionara una estimación de consumo muy precisa.

Se opta por este tipo de autoconsumo porque las necesidades de la instalación y las características de la vivienda así lo indican.

En ningún caso se superará los 10 kW de potencia y la red de distribución será de baja tensión, lo cual implica condiciones administrativas más ventajosas.

4.5 Posición, orientación e inclinación de las placas fotovoltaicas

Una vez analizados la ubicación y los datos de consumo de la vivienda en cuestión, se puede proceder al diseño de la instalación.

Lo primero es elegir el lugar donde irán colocados los paneles, en la vivienda tenemos varias opciones con diferentes orientaciones, por lo que, acorde a las recomendaciones del IDAE, la orientación de las placas fotovoltaicas debe ser hacia el sur, y en función de nuestra posición, la inclinación óptima es 35° , según PVsyst y PVGIS.

Realizando una comparativa entre las condiciones de radiación óptimas y las características de la vivienda objeto de estudio, se determina que la posición donde se situarán las placas solares será en la cubierta de la parte derecha, con una inclinación de 30° , orientada hacia el sur con un desvío de $19,4^\circ$. Las pérdidas estipuladas por orientación e inclinación son mínimas.



Figura 41: Ubicación de los paneles fotovoltaicos



Para una instalación óptima, habría que instalar una estructura con inclinación en la cubierta, lo que dificultaría el proceso y aumentaría el costo, obteniendo unas pérdidas por incidencia de radiación poco significativas (1,5 % según PVsyst).

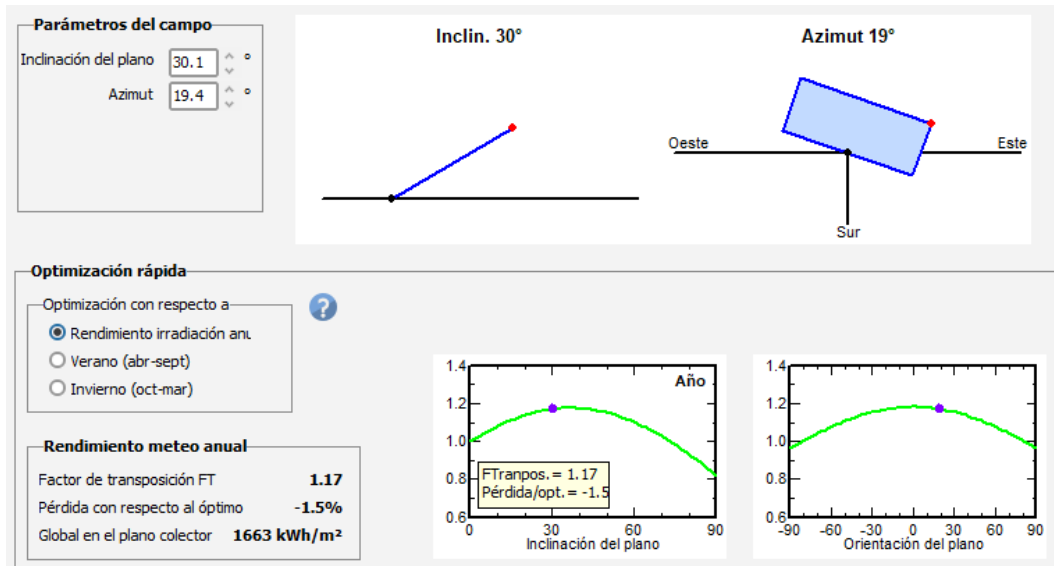


Figura 42: Condiciones de inclinación y orientación para la vivienda, en PVsyst



CAPITULO 5: DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA





5. Dimensionado de la instalación fotovoltaica

Una vez conocida la ubicación del estudio y determinado donde se situarán los paneles fotovoltaicos, se inicia el dimensionado y la elección de los diferentes equipos que componen la instalación.

Para ello se van a realizar varias simulaciones mediante el programa PVsyst, en función de los consumos estimados y los datos de producción proporcionados por el programa, se eligen los componentes necesarios para realizar la instalación. También se tienen en cuenta los parámetros eléctricos, así como voltajes y potencia, estableciendo un dimensionado acorde a un domicilio medio con tensión de 230 V a 50 Hz y con una potencia instalada suficiente para proporcionar un suministro de energía ininterrumpido.

El proveedor de los componentes es a nivel nacional, por lo que nos garantizamos un buen soporte técnico.

5.1 Selección del módulo fotovoltaico

Para elegir el módulo fotovoltaico, lo primero que vamos a hacer es realizar un estudio de los consumos y potencias de nuestra instalación (tabla 5). En base a ello y acorde al tipo de autoconsumo establecido (sin excedentes), se instaura una potencia acorde a los equipos que la forman, en nuestro caso 3 kW.

Las dimensiones de la cubierta donde se sitúan los paneles es lo suficientemente grande para no tener problemas por el tamaño de los módulos, por lo que en ese aspecto no hay limitaciones a la hora de elegir.

En cuanto a la tecnología del módulo, la elegida es la monocristalina, ya que, como ventaja principal tienen una mayor eficiencia incluso en situaciones de baja exposición lumínica, además de su bajada de precio en los últimos años.

Para conseguir los 3 kW se barajan dos opciones con paneles de diferente potencia. Las características técnicas de los paneles son:



- Panel Jinko solar Cheetah HC 60M 340 W (137 €) [17]

www.jinkosolar.com



Cheetah HC 60M

325-345 Watt

MONO PERC HALF CELL MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

- Half Cell
- Mono PERC 60 Cell

PERC

KEY FEATURES



- 5 Busbar Solar Cell**
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Efficiency**
 Higher module conversion efficiency (up to 20.45%) benefit from half cell structure (low resistance characteristic).
- PID Resistance**
 Excellent Anti-PID performance guarantee limited power degradation for mass production.
- Low-light Performance**
 Advanced glass and cell surface textured design ensure excellent performance in low-light environment.
- Severe Weather Resilience**
 Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
- Durability Against Extreme Environmental Conditions**
 High salt mist and ammonia resistance certified by TUV NORD.

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



- ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018 certified factory
- IEC61215, IEC61730, UL1703 certified product

Nomenclature:
JKMxxxM-60/72H-V

Code	Cell	Code	Certification
null	Full	null	1000V
H	Half	V	1500V

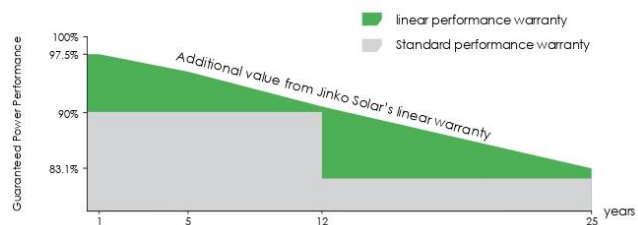
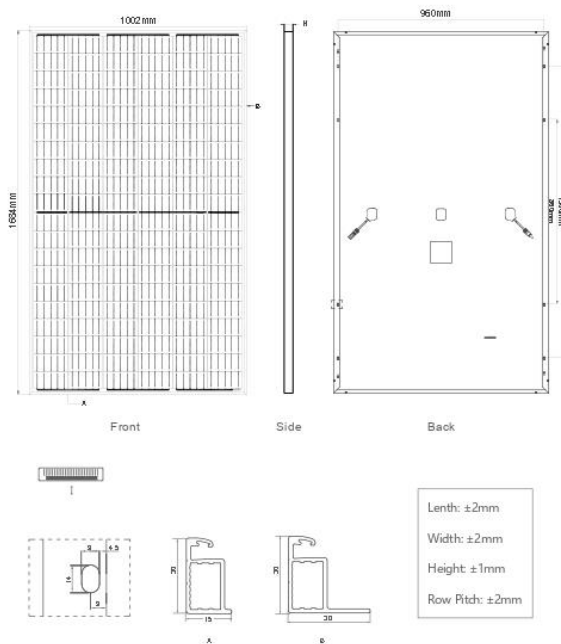


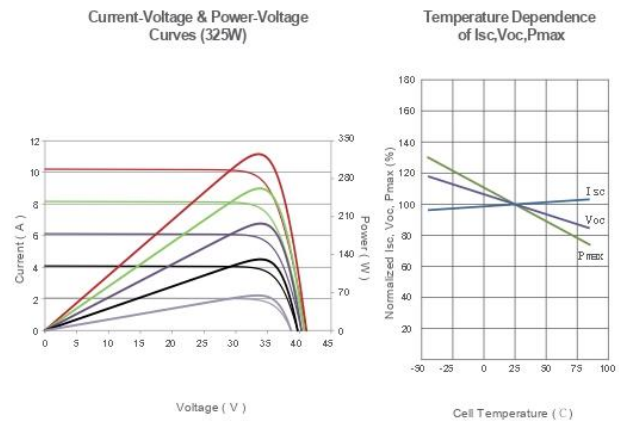
Figura 43: Características técnicas panel Jinko parte 1



Engineering Drawings



Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Mono PERC 158.75×158.75mm
No. of Half-cells	120 (6×20)
Dimensions	1684×1002×30mm (66.30×39.45×1.18 inch)
Weight	18.5 kg (40.8 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1x4.0mm ² , (+) 290mm, (-) 145mm or Customized Length

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)
 35pcs/pallet, 70pcs/stack, 910pcs/40'HQ Container

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM325M-60H		JKM330M-60H		JKM335M-60H		JKM340M-60H		JKM345M-60H	
	JKM325M-60H-V	JKM325M-60H-V	JKM330M-60H-V	JKM330M-60H-V	JKM335M-60H-V	JKM335M-60H-V	JKM340M-60H-V	JKM340M-60H-V	JKM345M-60H-V	JKM345M-60H-V
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	325Wp	239Wp	330Wp	243Wp	335Wp	247Wp	340Wp	250Wp	345Wp	254Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	33.37V	30.6V	33.54V	30.7V	33.74V	30.9V	33.93V	31.5V	34.12V	31.23V
Maximum Power Current (Imp)	9.74A	7.82A	9.84A	7.9A	9.93A	7.98A	10.02A	8.06A	10.11A	8.13A
Open-circuit Voltage (Voc)	40.4V	38.1V	40.6V	38.2V	40.8V	38.4V	41.00V	38.62V	41.2V	38.8V
Short-circuit Current (Isc)	10.50A	8.48A	10.61A	8.57A	10.73A	8.67A	10.82A	8.74A	10.91A	8.81A
Module Efficiency STC (%)	19.26%		19.56%		19.85%		20.15%		20.45%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	20A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📖 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5
 NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📖 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s

Figura 44: Características técnicas panel Jinko parte 2



- Panel Ja Solar JAM60S20 380 W/MR (156,67€) [18]

Preliminary

Harvest the Sunshine





390W MBB Half-Cell Module
JAM60S20 365-390/MR Series

Introduction

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval







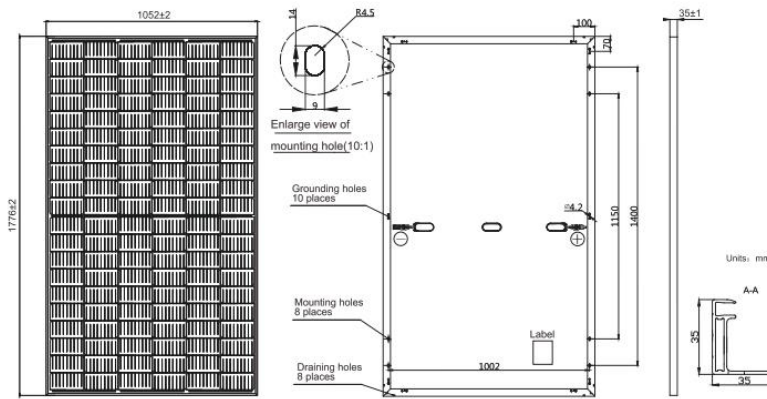
Figura 45: Características técnicas panel Ja Solar parte 1



JA SOLAR

JAM60S20 365-390/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	20.7kg±3%
Dimensions	1776±2mm×1052±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm ² (IEC) .12 AWG(UL)
No. of cells	120(6×20)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait:300mm(+)/400mm(-); Landscape:1000mm(+)/1000mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet 744pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM60S20 -365/MR	JAM60S20 -370/MR	JAM60S20 -375/MR	JAM60S20 -380/MR	JAM60S20 -385/MR	JAM60S20 -390/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	365	370	375	380	385	390
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	41.13	41.30	41.45	41.62	41.78	41.94
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	33.96	34.23	34.50	34.77	35.04	35.33
Short Circuit Current(Isc) [A]	11.30	11.35	11.41	11.47	11.53	11.58
Maximum Power Current(Imp) [A]	10.75	10.81	10.87	10.93	10.99	11.04
Module Efficiency [%]	19.5	19.8	20.1	20.3	20.6	20.9
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.044%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.272%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

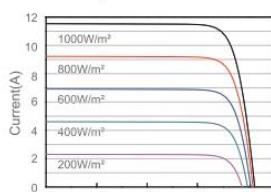
TYPE	JAM60S20 -365/MR	JAM60S20 -370/MR	JAM60S20 -375/MR	JAM60S20 -380/MR	JAM60S20 -385/MR	JAM60S20 -390/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	276	280	284	287	291	295
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	38.41	38.65	38.89	39.14	39.38	39.63
Max Power Voltage(Vmp) [V]	32.05	32.30	32.55	32.72	32.96	33.20
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.15	9.20	9.25	9.30	9.35	9.40
Max Power Current(Imp) [A]	8.61	8.66	8.71	8.78	8.83	8.88
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

OPERATING CONDITIONS

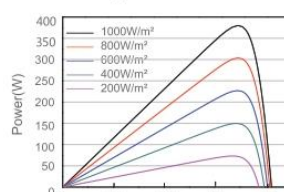
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front	5400Pa (112 lb/ft ²)
Maximum Static Load,Back	2400Pa (50 lb/ft ²)
NOCT	45±2°C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

Current-Voltage Curve JAM60S20-380/MR



Power-Voltage Curve JAM60S20-380/MR



Current-Voltage Curve JAM60S20-380/MR

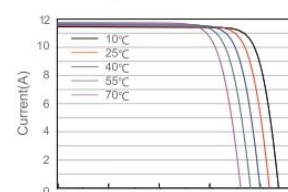


Figura 46: Características técnicas panel Ja Solar parte 2



Para la selección del módulo fotovoltaico se ha optado por dos planteamientos diferentes, en el primero, se utiliza el panel Jinko Solar de 340 W. Para obtener la potencia demandada de 3 kW se establecen dos strings o cadenas de 5 módulos cada una, de esta manera sumamos un total de 10 módulos fotovoltaicos y una potencia nominal de conjunto de 3,4 kW. El segundo planteamiento se realiza con el módulo Ja Solar de 380 W. En este caso se forma una cadena 9 de módulos donde la potencia nominal de conjunto suma igualmente 3,4 kW.

La garantía de los dos fabricantes nos ofrece 25 años, por lo que es una cantidad más que suficiente.

Mediante el programa Pvsyst se genera una simulación para realizar la comparativa de la producción obtenida en función del sistema elegido.

Tabla 6: Simulación panel Jinko 340 W

Tabla 7: Simulación panel JA Solar 380 W

Mes	Energía inyectada en la red (kWh)	PR (proporción)	Mes	Energía inyectada en la red (kWh)	PR (proporción)
Enero	178.2	0.799	Enero	181.1	0.807
Febrero	277.1	0.864	Febrero	281.2	0.871
Marzo	420.3	0.842	Marzo	426.3	0.849
Abril	457.5	0.825	Abril	464.2	0.832
Mayo	492.2	0.812	Mayo	499.4	0.819
Junio	471.6	0.790	Junio	478.9	0.798
Julio	500.8	0.784	Julio	508.4	0.791
Agosto	454.1	0.719	Agosto	460.8	0.725
Septiembre	426.9	0.779	Septiembre	433.4	0.786
Octubre	339.9	0.839	Octubre	344.7	0.846
Noviembre	221.5	0.866	Noviembre	224.9	0.875
Diciembre	191.8	0.879	Diciembre	194.9	0.888
Año	4431.9	0.806	Año	4498.2	0.813

En la tabla 6 se observan los datos obtenidos de la simulación procedente de 10 paneles Jinko Solar conectados a un inversor a través de dos strings, mientras que la tabla 7 muestra los datos de 9 paneles JA Solar conectados al inversor mediante un string.

Realizando un análisis de lo que nos ofrece cada simulación, se elige instalar los paneles **Jinko de 340 W** conectados mediante dos strings por los siguientes motivos:



- Las dimensiones de la cubierta nos permiten instaurar un mayor número de paneles, por lo que no tenemos restricciones de espacio.
- El coste de los paneles Jinko para una potencia de 3 kW es de 1370 €, mientras que para los paneles JA Solar es de 1440 €.
- Si bien es cierto que la energía inyectada a red es menor, 4498,2 de los paneles JA Solar frente a 4431,9 de los Jinko, para cubrir nuestras necesidades no se aporta una gran diferencia, ya que en los meses de verano no se necesita tanta energía.
- Se considera que la configuración con dos strings es más efectiva en un periodo largo de tiempo, esto es debido a que en el caso de que un módulo produzca menos energía por suciedad, sombras o cualquier otro motivo, el rendimiento de la cadena queda restringido a dicho panel.

5.2 Selección del inversor

Lo primero mencionar que la selección del inversor y de los módulos fotovoltaicos se ha realizado de forma conjunta, ya que se complementan el uno al otro.

Se ha optado por un inversor de la marca Huawei con una potencia de 3 kW, es un inversor de conexión a red pero que también podría funcionar como inversor híbrido añadiéndole baterías LG.

Se opta por este inversor por su alta eficiencia, su posibilidad de conectar baterías en un futuro, la posibilidad de conectar dos strings de paneles fotovoltaicos gracias a sus 2 entradas MPPT y su conexión wifi para poder tener el sistema controlado en nuestro smartphone.

El modelo de inversor es el **Huawei SUN2000-3KTL-L1 3000W** [19], su coste es de 913,84 € e irá acompañado del sistema de inyección cero que se detallará en el siguiente apartado.

La ubicación del equipo será en un cuarto habilitado para ello al lado de la entrada donde se mantienen unas condiciones de temperatura y humedad constantes a lo largo del año.



Smart Energy Center



Seguridad activa

Protección contra arcos eléctricos active con tecnología de IA



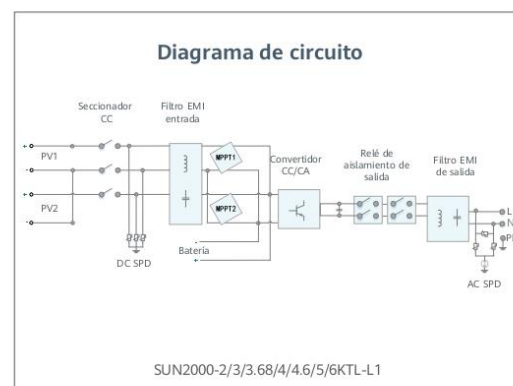
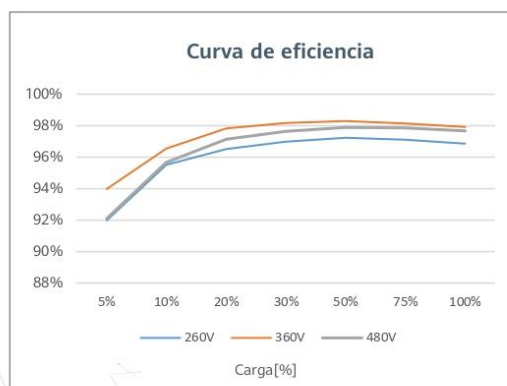
Mayor rendimiento

Hasta un 30 % más de energía con optimizadores



2x POTENCIA de Batería

5kW de Salida en CA más 5kW de Carga en Baterías



Version No.:03-(20200622)

SOLAR.HUAWEI.COM/ES/

Figura 47: Ficha técnica inversor Huawei



Especificaciones técnicas	SUN2000 -2KTL-L1	SUN2000 -3KTL-L1	SUN2000 -3.68KTL-L1	SUN2000 -4KTL-L1	SUN2000 -4.6KTL-L1	SUN2000 -5KTL-L1	SUN2000 -6KTL-L1 ¹
Eficiencia							
Eficiencia Máxima	98.2 %	98.3 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %	98.4 %
Eficiencia europea	96.7 %	97.3 %	97.3 %	97.5 %	97.7 %	97.8 %	97.8 %
Entrada (FV)							
Entrada de CC máxima recomendada ²	3,000 Wp	4,500 Wp	5,520 Wp	6,000 Wp	6,900 Wp	7,500 Wp	9,000 Wp
Máx. tensión de entrada	600 V ³						
Tensión de arranque	100 V						
Rango de tensión de operación de MPPT	90 V – 560 V ³						
Tensión nominal de entrada	360 V						
Máx. intensidad por MPPT	12.5 A						
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	18 A						
Cantidad de MPPTs	2						
Máx. número de entradas por MPPT	1						
Entrada (Batería CC)							
Batería compatible	LG Chem RESU 7H_R / 10H_R						
Rango de tensión de operación	350 ~ 450 Vcc						
Max. corriente de operación	10 A @7H_R / 15 A @10H_R						
Potencia de carga máxima	3,500 W @7H_R / 5,000 W @10H_R						
Potencia máxima de descarga @ 7H_R	2,200 W	3,300 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W	3,500 W
Potencia máxima de descarga @ 10H_R	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Batería compatible	HUAWEI Smart ESS Battery 5kWh – 30kWh ¹						
Rango de tensión de operación	350 ~ 560 Vdc						
Max. corriente de operación	15 A						
Potencia de carga máxima	5,000 W ⁴						
Potencia máxima de descarga	2,200 W	3,300 W	3,680 W	4,400 W	4,600 W	5,000 W	5,000 W
Salida							
Conexión a la red eléctrica	Monofásica						
Potencia de salida nominal	2,000 W	3,000 W	3,680 W	4,000 W	4,600 W	5,000 W ⁵	6,000 W
Máx. potencia aparente de CA	2,200 VA	3,300 VA	3,680 VA	4,400 VA	5,000 VA ⁶	5,500 VA ⁷	6,000 VA
Tensión nominal de Salida	220 Vac / 230 Vac / 240 Vac						
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60 Hz						
Máx. intensidad de salida	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A ⁸	25 A ⁸	27.3 A
Factor de potencia ajustable	0.8 leading ... 0.8 lagging						
Máx. distorsión armónica total	≤ 3 %						
Salida para SAI	Sí (a través de Backup Box-B0 ¹)						
Protección & Características							
Protección anti-isla	Sí						
Protección contra polaridad inversa de CC	Sí						
Monitorización de aislamiento	Sí						
Protección contra descargas atmosféricas CC	Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Protección contra descargas atmosféricas CA	Sí, clase de protección TIPO II compatible según EN / IEC 61643-11						
Monitorización de la corriente residual	Sí						
Protección contra sobreintensidad de CA	Sí						
Protección contra cortocircuito de CA	Sí						
Protección contra sobretensión de CA	Sí						
Protección contra sobrecalentamiento	Sí						
Protección de falla de arco	Sí						
Carga inversa de la batería desde la red	Sí						
Datos generales							
Rango de temperatura de operación	-25 ~ +60 °C						
Humedad relativa de operación	0 %RH ~ 100 %RH						
Altitud de operación	0 ~ 4,000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2000 m)						
Ventilación	Convección natural						
Pantalla	Indicadores LED; WLAN integrado + aplicación FusionSolar						
Comunicación	RS485, WLAN a través del módulo WLAN incorporado en el inversor						
Peso (incluido soporte de montaje)	Ethernet a través de Smart Dongle-WLAN-FE (Opcional); 4G / 3G / 2G a través de Smart Dongle-4G (Opcional)						
Dimensiones (incluido soporte de montaje)	12.0 kg						
Grado de protección	365mm * 365mm * 156 mm						
Consumo de energía durante la noche	IP65						
	< 2,5 W						
Compatibilidad con optimizadores							
Optimizador compatible con MBUS CC	SUN2000-450W-P						
Cumplimiento de estándares (más opciones disponibles previa solicitud)							
Seguridad	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2						
Estándares de conexión a red eléctrica	G98, G99, EN 50549-1, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, AS 4777.2, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, TOR D4, IEC61727, IEC62116						

¹ Disponible en Q3 del 2020.

² La potencia fotovoltaica de entrada máxima del inversor es de 10,000 Wp cuando las cadenas largas se diseñen y conecten al completo de optimizadores de potencia SUN2000-450W-P.

³ El límite máximo de tensión de entrada y de operación se reducirán a 495 V cuando el inversor se conecte y funcione con la batería LG.

⁴ 2.500 W en las baterías HUAWEI ESS de 5kWh

⁵ AS4777.2:4,991W. *6. VDE-AR-N 4105: 4,600VA / AS4777.2: 4,999VA. *7. AS4777.2: 4,999VA / C10/11: 5,000VA. *8. AS4777.2: 21.7A.

Figura 48: Ficha técnica inversor Huawei

5.3 Sistema anti-vertido, contador de energía

El sistema elegido es el **Vatímetro Chint monofásico DDSU666** [20], el dispositivo está asociado al inversor de Huawei.

Calibrado para poder medir la cantidad de energía que pasa a través de la vivienda y para controlar que no se vierta nada a la red convencional (inyección cero).

El coste del vatímetro es de 119,38 €.

VATÍMETRO X1 BOOST E HÍBRIDO



El medidor electrónico de energía serie DSU666 está diseñado para el monitoreo de energía y la medición de energía, como el sistema eléctrico, la industria de la comunicación, la industria de la construcción, etc., para ser una nueva generación de instrumentos programables inteligentes, integrados con la función de medición y comunicación, principalmente utilizados en tiempo real. Medición y visualización de los parámetros eléctricos como voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, frecuencia, factor de potencia, energía en el circuito eléctrico, etc.

1. Principales funciones y características

- Montaje DIN-Rail estándar DIN35mm, con pantalla LCD de segmento.
- Función de medición: se caracteriza por la medición de voltaje, corriente, frecuencia, potencia activa, factor de potencia y energía activa.
- Función de comunicación: interfaz de comunicación RS485, compatible con el protocolo DL / T645-2007, personalizable para el protocolo MODBUS-RTU
- Función multi-tasa: soporta cuatro velocidades, incluida la velocidad superior, pico, plana y valle.

2. Especificación y selección de modelo

Función del producto		Modelo DDSU666
Voltaje de entrada	Entrada directa	0.8Un~1.2Un
	Entrada directa	5(60)A
Corriente de entrada	Entrada vía CT	-
	Energía activa	Sí
Energía	Medida bidireccional	No
	Demanda	No
Otros	Pulso de potencia	Sí
	IR	No
Comunicación	RS485	Si
	Modo de display	Línea sola LCD 6 bit
Dimensiones (LxWxH)		36*85*66 – 2 módulos

Figura 49: Ficha técnica sistema de inyección cero



3. Principales prestaciones técnicas y parámetros

Parámetros técnicos	Índice			
Señal de entrada	Voltaje	Modo de cableado	Fase única	
		Especificación del voltaje	AC 220V	
		Rango de voltaje de trabajo especificado	0.9Un ~ 1.1Un; El rango de tensión de trabajo extensional: 0.8Un ~ 1.2Un	
		Consumo del circuito de tensión	≤5VA/1W	
		Resistencia	>500kΩ	
	Corriente	Valor nominal	Entrada vía CT / PT: AC1.5 (6) A Entrada directa: AC5 (60) A / AC 5 (80) A	
		Corriente de sobrecarga	Entrada vía CT / PT: instantáneo: 201máx, el tiempo de aplicación es de 0,5 s Entrada directa: instantánea: 301 máx., Tiempo de aplicación: medio ciclo de la frecuencia nominal	
		Consumo de la corriente del circuito	≤2VA	
		Resistencia	<20mΩ	
	Frecuencia	Rango de entrada	(50/60±5%)Hz	
Display	Segmento LCD			
Parámetros de medida y grado	1; Clase de frecuencia 0.5; Clase de potencia activa 1; Potencia reactiva clase 1; Clase de energía activa 1;			
Salida	Energía multi-tasa	Admite la medición multi-tasa de la potencia activa, total pasiva y negativa		
	Max. récord de demanda	Soporte max. se puede establecer un registro de demanda de potencia activa total negativa, pasiva, intervalo de demanda y tiempo de deslizamiento		
	Pulso constante	AC200V	AC1.5(6)A	6400imp/kWh
		AC220V	AC5(60)A/AC5(80)A	800imp/kWh
	Señal de salida de pulso	Proporcionar 1 conjunto de señal óptica (energía activa) y salida de impulsos de señal eléctrica de colector abierto aislado optoacoplador, longitud de impulso: 80ms ± 16ms		
Comunicación	Comunicación RS485	Soporte o DL / T645-2007 Protocolo de comunicación, protocolo de comunicación MODBUS-RTU personalizable, la velocidad de comunicación de 1200bps, 2400bps, 4800bps, 9600bps se puede configurar, se asume que es de 2400bps		
	IR comunicación	Soporte de protocolo de comunicación DL / T645-2007, personalizable para el protocolo de comunicación MODBUS-RTU Longitud de onda infrarroja: 900nm ~ 1000nm Velocidad de transmisión de comunicación: 1200 pb Ángulo de comunicación: ≥ ± 15 ° Distancia de comunicación: ≥4m		

Figura 50: Ficha técnica sistema de inyección cero

5.4 Selección de la estructura de soporte de los módulos

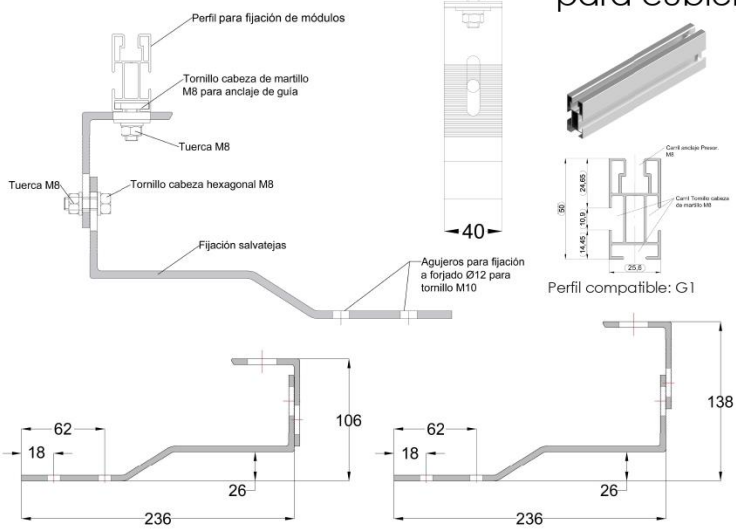
La estructura elegida es para soportar paneles sobre una cubierta de tejas con la inclinación y orientación adecuada [21].

Diseñada para la instalación en la cubierta existente distribuyendo los paneles de forma vertical.

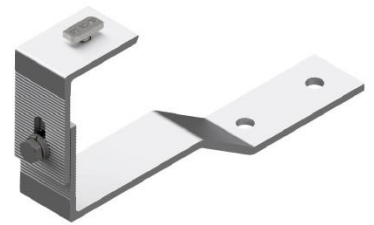
Los materiales de la estructura están fabricados íntegramente en aluminio de alta calidad, mientras que la tornillería y accesorios son de acero inoxidable, lo que provoca una mayor resistencia a la corrosión.

Soporte coplanar continuo atornillado para cubierta de teja

02V



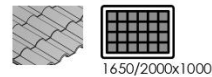
Perfil compatible: G1



Válido para:
 - Todo tipo de cubiertas de teja, excepto cubiertas de pizarra.
 - Anclaje a hormigón.

Disponibilidad de tuercas antirrobo.

Material 100% reciclable.
 Cómoda instalación.



El kit incluye:
 Fijaciones S02
 Perfiles G1
 Uniones UG1
 Presores laterales
 Presores centrales
 Número de paneles

Vertical:
 de 1 a 6 módulos

Para módulos de 60 y 72 células (1650/2000x1000) de 33 a 50 mm de espesor.

Recomendación: Cuando se trate de una cubierta de teja curva no se recomienda esta solución debido a la amplitud de la canal (valle) que suele ser demasiado estrecha, puede haber variaciones sobre todo si se trata de una cubierta antigua. Si después de una inspección ocular la canal es lo suficientemente ancha si es viable la colocación de este soporte.



Viento	150 km/h
MATERIALES	Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6
TORNILLERÍA	Tornillería acero inoxidable A2-70
-Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma. -Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada Para más información consultar	

Herramientas necesarias:



Seguridad:



Par de apriete:	
Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm



02V Disposición de los módulos en vertical



02V Disposición de los módulos en vertical

Reservado el derecho a efectuar modificaciones · Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

Figura 51: Ficha técnica estructura soporte de los módulos

El coste de la estructura es de 384,74 €



5.5 Selección del cableado

Para el cableado dividiremos en dos tramos, la parte de corriente continua y la de corriente alterna.

La dimensión y elección del cableado se realiza en función de las normas UNE y el REBT.

La ITC BT 19 del REBT [22] indica que los conductores empleados serán de cobre o aluminio y según la ITC BT 40 [22] la caída de tensión entre el generador y el punto que conecta con la red pública no será superior al 3 %.

5.5.1 Dimensionado cableado de CC

La conexión entre los módulos del string se realizará con los cables que incorporan los propios paneles por lo que el cableado a incorporar sería desde cada una de las cadenas hasta el inversor.

La intensidad máxima (Isc) de cada cadena es de 10,6 A y según la ITC-BT-40 [22] el generador se deberá elevar un 25 %.

Tabla 6: Intensidad máxima admisible en amperios, en servicio permanente para cables con conductores de cobre instalados al aire

Sección	Método de instalación C				Método de instalación E				Método de instalación F			
	2x		3x		2x		3x		2x		3x	
	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC
1,5	21	16	18	15	24	18	21	16	-	-	24	-
2,5	29	22	25	21	33	25	29	22	-	-	33	-
4	38	30	34	27	45	34	38	30	-	-	45	-
6	49	37	44	36	57	44	49	37	-	-	57	-
10	68	52	60	50	76	60	68	52	-	-	76	-
16	91	70	80	66	105	80	91	70	-	-	105	-
25	116	88	106	84	123	106	116	88	-	-	123	96
35	144	110	131	104	154	131	144	110	-	-	154	119
50	175	133	159	125	188	159	175	133	-	-	188	145
70	224	171	202	160	244	202	224	171	-	-	244	188
95	271	207	245	194	296	245	271	207	-	-	296	230
120	314	240	284	225	348	284	314	240	-	-	348	267
150	363	278	338	260	404	338	363	278	-	-	404	310
185	415	317	386	297	464	386	415	317	-	-	464	354
240	490	374	455	350	552	455	490	374	-	-	552	419
300	565	423	524	404	640	524	565	423	-	-	640	484

Para determinar las secciones mínimas admisibles, identificamos en la tabla 6 el método de instalación E, cuya descripción se encuentra en la Figura 52.



Método de instalación E

- Cables multiconductores a aire libre (4). Distancia a la pared no inferior a 0,3D (5).
- Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical.
- Cables unipolares o multiconductores sobre soportes.
- Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fiador.

Método de instalación F

- Cables unipolares en contacto mutuo (4). Distancia a la pared no inferior a D (5).
- Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas perforadas en horizontal o vertical.
- Cables unipolares o multiconductores sobre soportes.
- Cables unipolares o multiconductores suspendidos de un cable fiador.

El tipo F se aplica a los mismos sistemas de instalación que el tipo E, cuando la sección del conductor es superior a 25mm².

La instalación objeto de estudio corresponde al método de instalación E, 2x, XLPE (cables termoestables), ya que se corresponde con una instalación monofásica al aire libre cuyo conductor es el cobre.

Una vez seleccionada nuestro tipo de instalación se procede a calcular la intensidad de corriente que circula y para ello se le aplican los factores de corrección.

Figura 52: Datos correspondientes a la tabla 6

- Factor de corrección temperatura ambiente

Tabla 7: Factor de corrección por temperatura

T ^a ambiente (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T ^a servicio 90 °C	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,84	0,77
T ^a servicio 70 °C	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,81	0,71	0,58

Se establece que la temperatura ambiente no va a superar los 40 °C por lo que el factor de corrección es 1.

- Factor de corrección por agrupación de varios circuitos

Tabla 8: Factor de corrección por agrupación de varios circuitos

Tipo de instalación	N.º de circuitos trifásicos (1)							
	N.º de bandejas	1	2	3	4	6	9	
Bandejas escalera, soportes, etc. (2)	Contiguos	1	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80
		2	1,00	0,85	0,80	0,80	0,75	0,75
		3	1,00	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70
	Espaciados	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
		2	1,00	1,00	1,00	0,95	0,95	-
		3	1,00	1,00	0,95	0,95	0,75	-



Se establece que se unen cuatro cables correspondientes a la unión de las dos cadenas de módulos por lo que el factor de corrección es 0,8.

Por lo tanto, el valor de la intensidad incrementada será:

$$I = \frac{1,25 \times 10,6}{0,8} = 16,6 A$$

Si volvemos a la tabla 6, a nuestro método de instalación E, se establece que la sección mínima admisible debe de ser de **1,5 mm²**.

Para completar el dimensionado se va a calcular la sección mínima suponiendo la condición de CA monofásica, se establece una caída de tensión de 1,5 % correspondiente al primer tramo de la instalación, por lo que según la ecuación:

$$S = \frac{2 \times P \times L}{\Delta V \times \gamma \times e}$$

Donde:

S = Sección del cable en mm²

P = Potencia en vatios

L = Longitud del cable

ΔV = Tensión en voltios

γ = Conductividad del material en m / (Ω x mm²)

e = Caída de tensión en voltios

Aplicando la ecuación se obtiene una sección mínima de:

$$S = \frac{2 \times 3400 \times 15}{174 \times 58 \times (174 \times 0,015)} = 3,87 \text{ mm}^2$$

En cuanto a la longitud se ha tomado el tramo más largo (de 15 metros), que a su vez es el más restrictivo, se le multiplica por dos para tener en cuenta la trayectoria de ida y vuelta.

La tensión se establece aplicando el sumatorio de tensiones de los módulos en cada cadena (210 V).

En cuanto a la potencia se obtiene de la resultante entre las intensidades y tensiones generadas en las 2 cadenas de módulos fotovoltaicos, un máximo de 3,4 kW.

La conductividad para el cobre es de 58 m / (Ω x mm²).



La caída de tensión (e) se establece para que corresponda al 1,5 % del voltaje establecido.

En consecuencia de los valores antes calculados, la resultante de la sección es de **3,87 mm²**, obteniendo un valor más restrictivo que en el cálculo anterior e imponiendo esta como sección mínima del conducto.

5.5.2 Dimensionado de cableado de CA

Al igual que en el caso anterior imponemos una caída de tensión del 1,5 %, al igual que en el dimensionado de corriente continua, de esta manera nos aseguramos no pasar del máximo del 3 % tal y como dice la norma.

El procedimiento para calcular la sección mínima admisible es similar al caso anterior, lo primero establecemos el tipo de instalación, en nuestro caso se mantiene que es de método E, 2x, XLPE, obtenido de la tabla 6.

Manteniendo los factores de corrección establecidos en el apartado anterior la intensidad resultante es de:

$$I = \frac{1,25 \times 21,1}{0,8} = 32,97 \text{ A}$$

En función de esta intensidad, volvemos a la tabla 6, método E, y la sección mínima a instalar en este caso es de **2,5 mm²**.

Al igual que en el apartado anterior, se procede a calcular la sección mínima a través de la fórmula establecida para CA monofásica en función de la longitud.

$$S = \frac{2 \times 3000 \times 20}{230 \times 58 \times (230 \times 0,015)} = 2,6 \text{ mm}^2$$

De los valores de la fórmula se puede destacar los 20 metros de cable entre el inversor y la acometida de luz en el cuadro general, la potencia limitada 3 kW por el inversor y el 1,5 % de la caída de tensión permitida.

5.5.3 Elección del cableado

En función de los resultados obtenidos en los apartados anteriores, se opta por elegir un cableado con sección de **6 mm²**, el motivo es porque las dimensiones de secciones normalizadas van de 4 a 6 mm², puesto que el resultado más restrictivo es de 3,87 mm² y la diferencia de precios es mínima, se opta por sobredimensionar un poco el cableado e instalar la sección de 6 mm² en toda la instalación.

El tipo de cable elegido es un cable unifilar de 6 mm² TopSolar ZZ-F [23], adquiriendo tanto el cable de ida como el de vuelta, rojo y negro.



TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K

TÜV solar PV cable.

BASED ON: EN 50618/ IEC 62930 / UTE C 32-502

DESIGN

Conductor
Class 5 (flexible) tinned copper, based on EN 60228 and IEC 60228.

Insulation
Low smoke zero halogen (LSHF) cross linked rubber insulation.

Outer sheath
Low smoke zero halogen (LSHF) cross linked rubber outer sheath, red or black colour.

APPLICATIONS

The Topsolar® PV H1Z2Z2-K cable, which is TÜV certified according to IEC 62930 and EN 50618, is suitable for both fixed and mobile solar installations (solar farms, rooftop solar installations and floating plants).

It is a highly flexible cable compatible with all major connectors and specially designed for the connection of photovoltaic panels. This versatile single-conductor cable is designed to meet the varying needs of the solar industry. Suitable for wet, damp and humid locations.

- Solar PV installations - string cable.

PV WIRE ALSO AVAILABLE

More information at: www.topcable.com

SOLAR CABLES TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K EN 2020 ED 0 0 1

Figura 53: Ficha técnica cableado

Los conectores de los paneles solares están incluidos en los paneles, y son aptos para la sección de cable de 6 mm².

FEATURES

- ⚡ Electrical performance**
 Low voltage 1,5/1,5 1kV (1,8) kV DC.
 1,0/1,0 kV (U_g/U).
- 📄 Based on**
 EN 50618/ IEC 62930 / UTE C 32-502.
- 🔍 Standards and approvals**
 TÜV / RETIE / RoHS / CE.
- 🏗️ CPR (Construction Products Regulation)**
 C_{ca}-slb, d2, a1.
- 🌡️ Thermal performance**
 Maximum service temperature: 120°C.
 Maximum short-circuit temperature: 250°C (max. 5 s).
 Minimum service temperature: -40°C (fixed and protected installations).
- 🔥 Fire performance**
 Flame non-propagation based on EN 60332-1 and IEC 60332-1-2.
 Fire non-propagation based on EN 50399.
 Reaction to fire CPR: C_{ca}-slb, d2, a1, according to EN 50575.
 LSHF (Low Smoke Zero Halogen) based on UNE-EN 60754-1 and IEC 60754-1.
 Low smoke emission based on EN 61034 and IEC 61034: Light transmittance > 60%.
 Low corrosive gases emission based on UNE-EN 60754-2 and IEC 60754-2.
- 📏 Mechanical performance**
 Minimum bending radius: x5 cable diameter.
 Impact resistance: AG2 Medium severity.
- 🧴 Chemical performance**
 Chemical & Oil resistance: Excellent.
 Grease & mineral oils resistance: Excellent.
UV UV Resistant based on EN 50618.
O₃ Ozone resistant based on EN 50618.
- 💧 Water performance**
 Water presence: AD8 submerged.
- 🔄 Other**
 Meter by meter marking.
 Estimated lifetime 25 years based on EN 50618.
 Optional: rodent proof and termite proof.
- 🌿 Installation conditions**
 Open Air.
 Buried.
 On conduit.
- 📦 Packaging**
 Available in rolls (lengths of 100 m) and reels.

More information at: www.topcable.com

SOLAR CABLES

TOPSOLAR® PV
HIZZZ2-K

TOPSOLAR® PV
HIZZZ2-K DUAL

TOPSOLAR® PV
AL 1500 V

TOPSOLAR® PV
AL 2kV PV WIRE

TOPSOLAR® PV HIZZZ2-K
 SOLAR CABLES
 EN 2020 ED 0.01

Figura 54: Ficha técnica cableado



CAPITULO 6: ESTUDIO ENERGÉTICO Y ECONÓMICO



6. Estudio energético y económico

6.1 Estudio consumo energético del sistema

Como ya se ha analizado en el apartado 4.3, se realizará el estudio energético en base a los consumos estipulados en dicho apartado.

Estableciendo el gasto energético que supone una vivienda de estas características y evaluando los términos económicos de la factura existente, se obtiene la cuota anual que determina el gasto en términos de electricidad.

La tarifa contratada corresponde a la 2.0 A y el precio de la energía es de **0,20 €/kWh**, término de la factura variable. Los términos fijos de la factura se adoptan como impuesto de conexión anual, que engloba los gastos relativos al término de potencia fijo, el alquiler de contadores, alquiler de equipos de medida e impuestos, su coste es de **480 €/año**.

El precio del kWh de energía se establece estimando las horas de consumo principales, entre las 9:00 y las 23:00, el coste de energía en €/kWh se obtiene del precio voluntario para el pequeño consumidor (PVPC), tarifa regulada con nueva estructura de peajes y cálculos desde el 1 de junio de 2021.

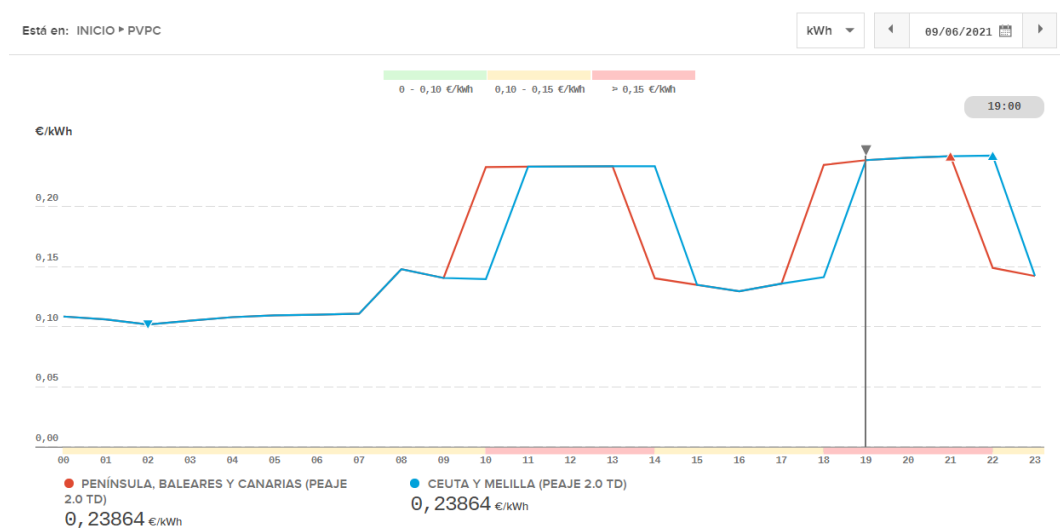


Figura 55: Precio del kWh/h según PVPC a día 09/06/2021 [24]

Se estima que la vivienda consume 6743 kWh/año, lo que supone un gasto de:

$$\text{Coste anual} = \left(6743 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times \frac{0,20\text{€}}{\text{kWh}} \right) + \frac{480\text{€}}{\text{año}} = 1828,6 \text{ €/año}$$



Cabe mencionar que el precio del kWh se ha incrementado de forma notable a partir del 1 de junio de 2021 en base a la nueva reforma, esto ha afectado principalmente al mercado regulado (PVPC), ya que la nueva reforma instaura discriminación horaria obligatoria. A modo de comparativa, el mes de mayo de 2021 el precio de la luz se establecía alrededor de 0,14 €/kWh.

El ahorro económico de la factura se produce sobre el consumo de energía variable, ya que los 480 €/año son costes fijos determinados por la compañía comercializadora.

6.2 Influencia de la instalación fotovoltaica sobre el consumo

Como ya hemos comentado en el apartado anterior, el ahorro energético se va a producir sobre el término variable de la factura de luz, este término se atribuye al consumo de energía medido en kWh.

Realizando una comparativa entre la energía consumida y la energía producida por los paneles fotovoltaicos obtenemos el ahorro económico de la tabla siguiente:

Tabla 9: Análisis económico de la factura de la luz.

Mes	Energía consumida	Energía producida de FV	Coste Energía consumida	Ahorro con FV	Precio factura final
	(kWh)	(kWh)	(€)	(€)	(€)
Enero	561,9	178,2	112,38	35,64	76,74
Febrero	561,9	277,1	112,38	55,42	56,96
Marzo	561,9	420,3	112,38	84,06	28,32
Abril	561,9	457,5	112,38	91,5	20,88
Mayo	561,9	492,2	112,38	98,44	13,94
Junio	561,9	471,6	112,38	94,32	18,06
Julio	561,9	500,8	112,38	100,16	12,22
Agosto	561,9	454,1	112,38	90,82	21,56
Septiembre	561,9	426,9	112,38	85,38	27
Octubre	561,9	339,9	112,38	67,98	44,4
Noviembre	561,9	221,5	112,38	44,3	68,08
Diciembre	561,9	191,8	112,38	38,36	74,02
Año	6742,8	4431,9	1348,56	886,38	462,18

La tabla 9 refleja la estimación de consumos y costes a lo largo de un año, la instalación de energía fotovoltaica se dimensiona de forma que en los meses de verano, cuando mayor rendimiento ofrece, no llegue a producir la energía consumida total.



Se establece un margen de consumo para evitar verter la energía sobrante a la red convencional. El mes que más energía produce la instalación fotovoltaica es en Julio, donde produce 500,8 kWh frente a los 561,9 kWh consumidos.

6.3 Viabilidad del proyecto, amortización de la instalación

En este apartado se realiza un estudio de amortización de la instalación, donde se establecen los costes de los equipos para la producción de electricidad y se evalúa el periodo de amortización.

Los costes de los componentes de la instalación se adquieren de la distribuidora española denominada autosolar y los módulos fotovoltaicos de tecnosolab, en sus respectivas páginas web.

Los costes son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 10: Costes de la instalación

Precios de los componentes de la instalación				
Componentes	Modelo	Unidades	Precio Unitario (€)	Total (€)
Módulos fotovoltaicos	JKM340M-60H	10	137	1370
Soporte para módulos	SOPORTE PARA 5 MÓDULOS	2	192,37	384,74
Inversor	SUN2000L-3KTL	1	913,84	913,84
Vatímetro	Chint Monofásico DDSU666	1	119,38	119,38
Cableado	ZZF 6 mm2	60 metros	1,80 €/m	108
Accesorios	MC4	10	5	50
TOTAL				2945,96

En función de la tabla 10, se observa que el coste total de la instalación es de 2945,96 €, en este presupuesto se han incluido exclusivamente los componentes necesarios para realizar la instalación.

Si le añadimos el equivalente de un 10 % del presupuesto total para mano de obra, nos quedaría **un coste total de 3250 €** aproximadamente.

En base al presupuesto obtenido se realiza el estudio de amortización, el cual pasamos a detallar en la siguiente tabla:



Tabla 11: Amortización de la instalación

año	Ahorro con FV (€)	Amortización instalación (€)
0	0	-3250
1	886,38	-2363,62
2	881,95	-1481,67
3	877,54	-604,13
4	873,15	269,02
5	868,78	1137,80
6	864,44	2002,24
7	860,12	2862,36
8	855,82	3718,18
19	851,54	4569,72
10	847,28	5417,00
11	843,04	6260,05
12	838,83	7098,88
13	834,64	7933,51
14	830,46	8763,97
15	826,31	9590,28
16	822,18	10412,46
17	818,07	11230,53
18	813,98	12044,51
19	809,91	12854,41
20	805,86	13660,27

De la tabla 11 se observa que **la amortización de la instalación se consigue en el cuarto año**, lo cual genera una gran rentabilidad a corto plazo. Para realizar este cálculo se supone una devaluación de la producción de energía por panel del 0,5 % cada año.

El estudio se realiza durante los primeros 20 años, pero la vida útil de cada módulo es de hasta 25 años según el fabricante. En cualquier caso, queda demostrada la rentabilidad de la instalación con **un beneficio de 13660.27 €** en el año 20.

Cabe mencionar, que estos resultados se obtienen para el precio de 0,20 €/kWh establecido por el PVPC, para un supuesto caso en el que se negocia con la empresa comercializadora y se consigue un precio el kWh más barato, los años de amortización de la instalación subirían.

Como ejemplo, en el mes de mayo de 2021 el precio ofrecido por la comercializadora era de 0,14 €/kWh, en este caso la amortización de la instalación sería de 5,5 años.



CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS



Dimensionado de instalación fotovoltaica en una casa rural





7. Conclusiones y líneas futuras

7.1 Conclusiones

En vista de los objetivos buscados al comienzo del trabajo, podemos afirmar que se han cumplido satisfactoriamente, consiguiendo:

- Conocimiento del mercado de las energías renovables, estudiando su función para la transición energética.
- Conocimiento del sector fotovoltaico en profundidad, desarrollando el porque del auge de esta tecnología y su importancia frente al cambio climático.
- Interpretación y aplicación de la normativa vigente, analizando en profundidad los casos implicados (RD 244/2019, autoconsumo sin excedentes)
- Se ha realizado un estudio sobre los consumos de la vivienda en función de los parámetros de potencia y energía de los aparatos eléctricos.
- Análisis de la ubicación, orientación e inclinación en función de sombras, espacios disponibles... etc, consiguiendo unas condiciones óptimas de operación.
- Elección de equipos adaptables a la instalación diseñada, buscando una buena relación calidad-precio y un soporte técnico de calidad, a nivel nacional.
- Amortización de la instalación en 4 años, dentro de los plazos estipulados para llevar adelante el proyecto.

En definitiva, el proyecto cumple satisfactoriamente con el objetivo inicial, ofreciendo una rentabilidad a corto plazo y obteniendo soluciones al encarecimiento progresivo del precio de la electricidad.

La tecnología fotovoltaica es una solución apta en la que se obtienen grandes beneficios económicos además de la contribución con el medio ambiente.



7.2 Líneas futuras

Existen varias opciones por las cuales se puede ampliar este proyecto.

El tipo de autoconsumo de la instalación es sin excedentes, esto quiere decir que no vertemos energía a la red, en una próxima ampliación es posible aumentar la potencia de la instalación, negociar con la empresa comercializadora y cambiar el tipo de autoconsumo.

Este cambio se llevaría a cabo porque produciríamos más energía de la que consumiríamos, por lo que la opción más beneficiosa sería vender esa energía, cambiando así al autoconsumo con excedentes. El objetivo de producir excedentes es vender esa energía a la red, obteniendo así un ahorro mayor en la factura, este tipo de autoconsumo es el autoconsumo con excedentes acogido a compensación.

Cabe destacar que con el tipo de autoconsumo con excedentes el precio de compra de la energía vendida va a ser muy inferior al de la energía comprada y además actualmente en el balance económico entre energía comprada y vendida no se pueden obtener beneficios.

En este proyecto también se puede plantear la incorporación de acumulación (baterías), de hecho, el inversor adquirido es apto para funcionar con ello.

Las baterías aportan un mayor aprovechamiento de las placas fotovoltaicas, ya que, en las horas que no hay sol o días nublados se puede utilizar la energía producida cuando el sistema funciona a máxima potencia.

El problema de las baterías es que la inversión inicial es bastante cara, pero es posible que próximamente bajen de precio y obtengan una rentabilidad mayor.

Como conclusión, basándonos en el crecimiento de esta tecnología durante los últimos años, en un futuro cercano se podría plantear tanto el aumento de potencia de la instalación (vertiendo energía a la red) como la implementación de sistemas de acumulación eléctrico.



BIBLIOGRAFÍA





BIBLIOGRAFIA

- [2] MITECO, Ministerio Para la Transición Ecológica, «MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA EN ESPAÑA», 2019.
- [3] NOAA, Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, «MONITORIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LOS OCÉANOS Y LA ATMÓSFERA», 2020.
- [4] OMM, Organización Meteorológica Mundial, «BOLETÍN DE LA OMM SOBRE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO», 2020.
- [5] IPCC, Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, «CALENTAMIENTO GLOBAL DE 1,5 °C», 2019.
- [6] REE, Red Eléctrica de España, «LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL», 2020.
- [11] IEA, International Energy Agency, «PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME ANNUAL REPORT», 2020
- [12] APPA Renovables, Asociación de Empresas de Energías Renovables, «SUBASTA RENOVABLE 2021», 2021
- [13] IDAE, «GUÍA PROFESIONAL DE TRAMITACIÓN DEL AUTOCONSUMO», guía IDAE 021, departamento solar, 2020.
- [14] Fernández Salgado, J.M, «Guía completa de la Energía Solar Fotovoltaica», AMV 2008.
- [15] IDAE, «CONSUMOS DEL SECTOR RESIDENCIAL EN ESPAÑA» Eurostat, 2019.
- [16] PVSYST, «PVSYST USER'S MANUAL PVSYST 6», André Mermoud and Bruno Wittmer», 2014.
- [22] REBT E ITC, «REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E ITC», BOE 2021

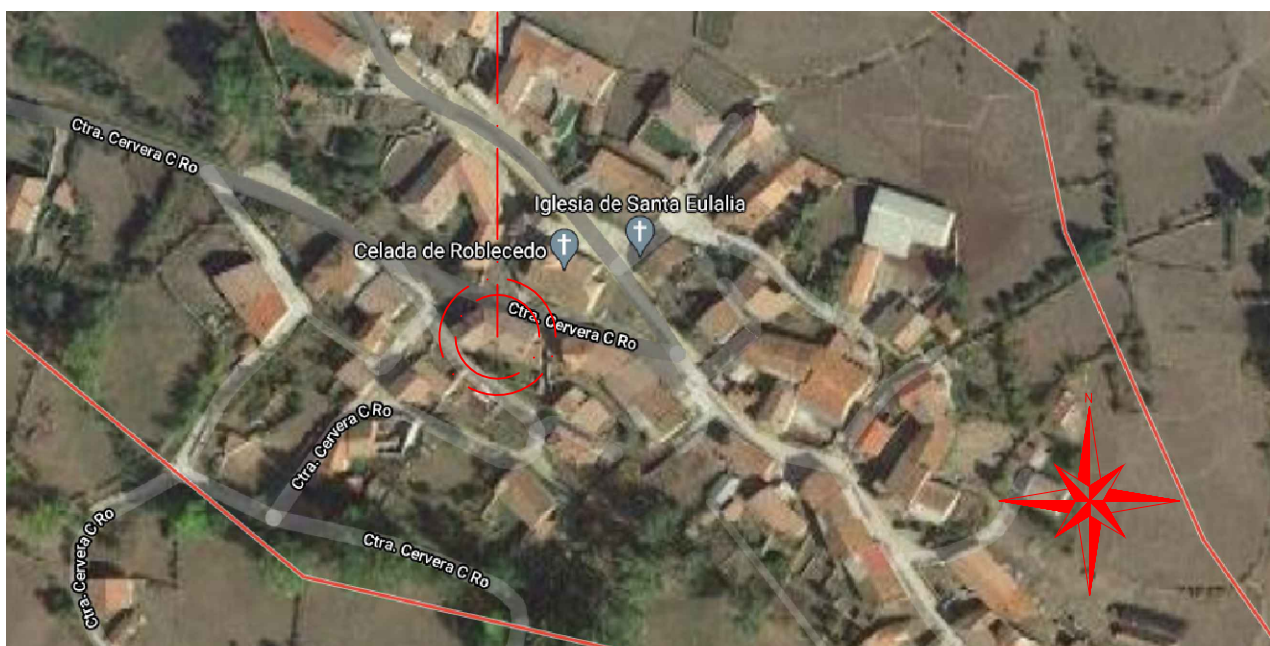
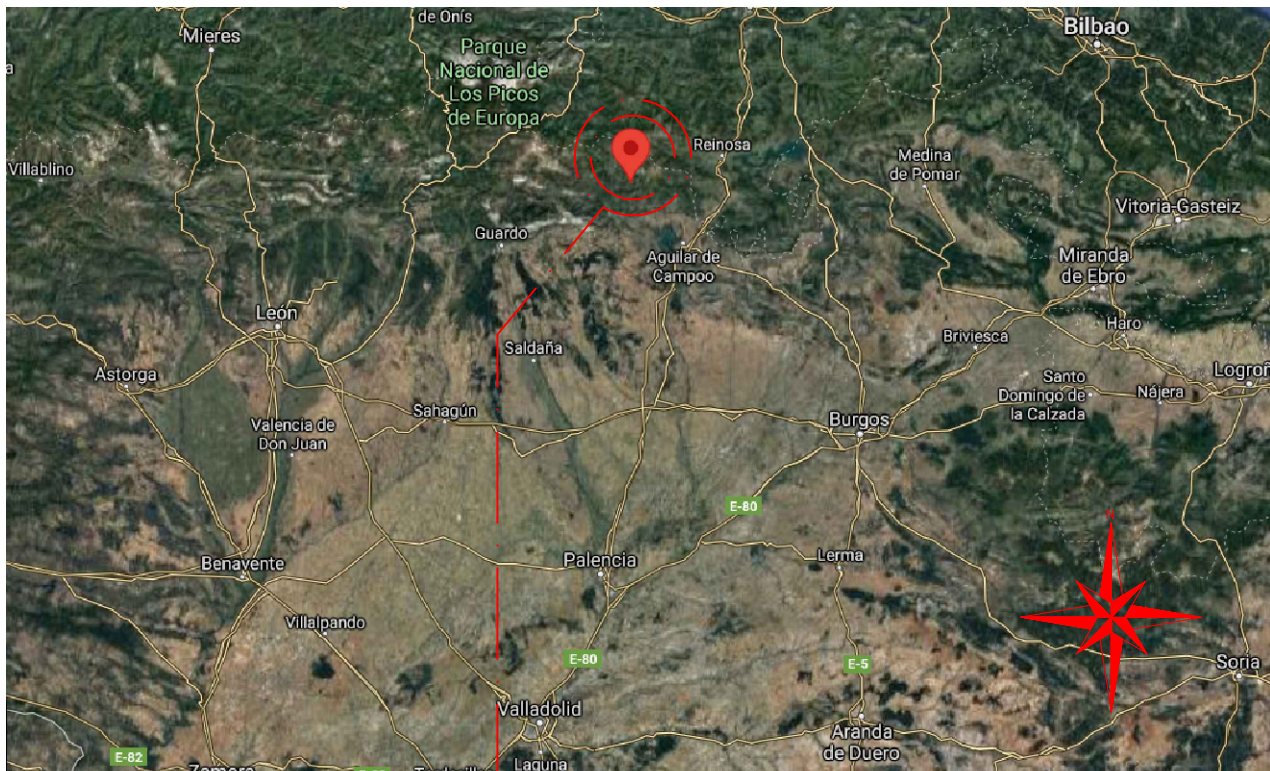


BIBLIOGRAFÍA DE PÁGINAS WEB

- [1] IDAE, <http://sieeweb.idae.es/consumofinal/> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [7] AEE, <https://www.aeeolica.org/comunicacion/la-actualidad-eolica-en-5-minutos/boletin-febrero-2020/4019-la-eolica-supera-los-25-700-mw-instalados-en-espana-tras-un-ano-de-intensa-actividad> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [8] AEE, <https://es.statista.com/estadisticas/1004273/participacion-de-la-generacion-hidraulica-en-la-generacion-total-en-espana/> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [9] IAEA, <https://www.iaea.org/es/newscenter/pressreleases/recursos-mundiales-de-uranio-son-suficientes> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [10] Our World in Data, <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [17] TECNOSOLAB, <https://tecnosolab.com/producto/placas-solares/placa-solar-jinko-cheetah-perc-60-340w> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [18] AUTOSOLAR, <https://autosolar.es/paneles-de-conexion-a-red/panel-jasolar-380w-monocristalino-perc> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [19] AUTOSOLAR, [Inversor Huawei SUN2000-3KTL-L1 3000W | al Mejor Precio \(autosolar.es\)](https://autosolar.es/inversor-huawei-sun2000-3ktl-l1-3000w) (fecha última consulta: julio de 2021)
- [20] AUTOSOLAR, <https://autosolar.es/vatimetro/vatimetro-chint-monofasico-ddsu666> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [21] AUTOSOLAR, <https://autosolar.es/estructuras-cubierta-teja/estructura-cubierta-tejas-5-paneles-solares> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [23] AUTOSOLAR, <https://autosolar.es/cable-unifilar/cable-unifilar-6-mm2-solar-pv-zz-f-rojo> (fecha última consulta: julio de 2021)
- [24] PVPC <https://www.esios.ree.es/es/pvpc> (fecha última consulta: julio de 2021)



ANEXO 1: Planos

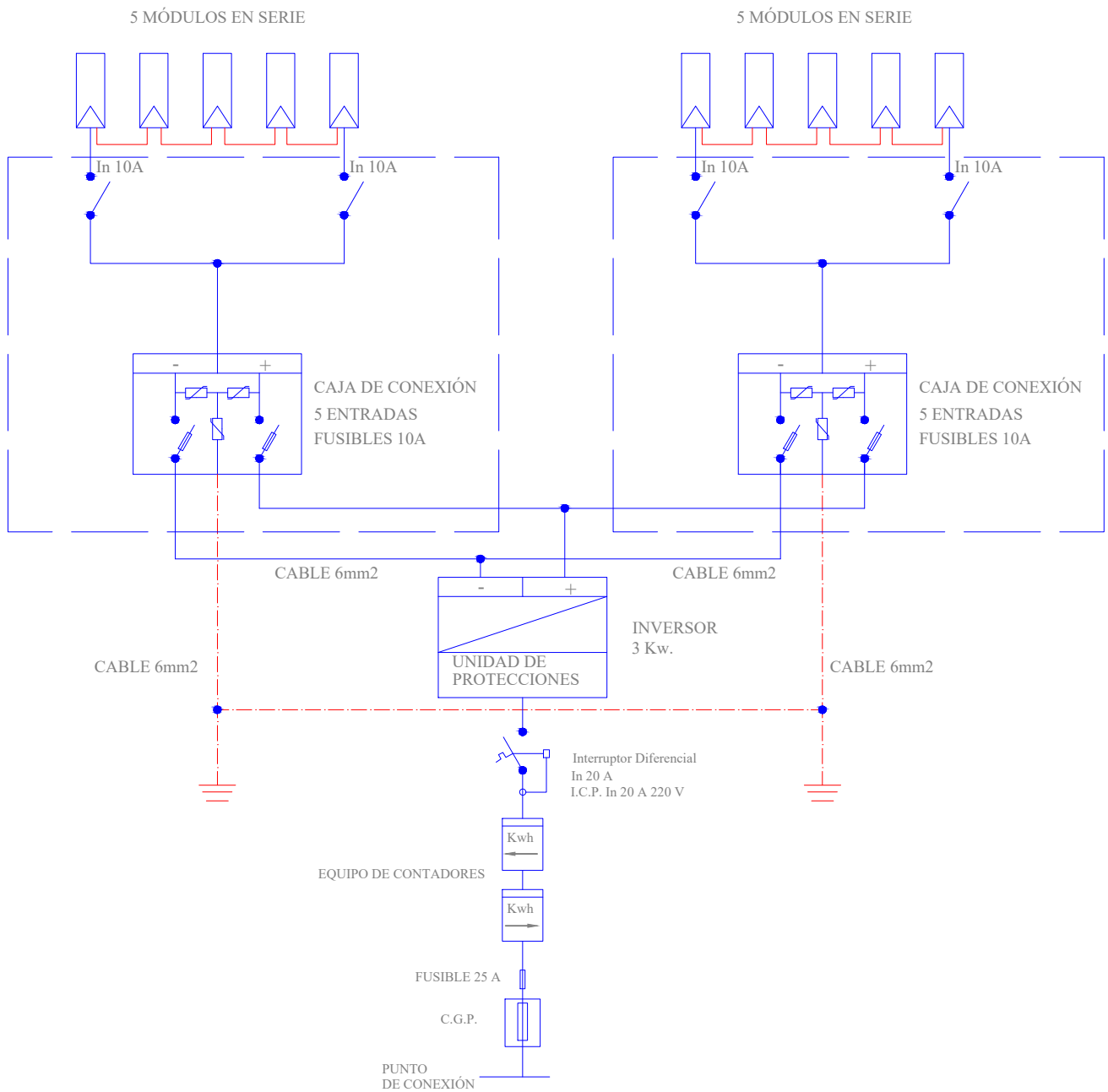


Celada de Robledo s/n, Palencia

TÍTULO		DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	PLANO Nº
PROPIETARIO		ÓSCAR RAMOS DIEZ	01
SITUACIÓN		CELADA DE ROBLECEDO	FIRMA
ESCALA	PLANO		
s/n	UBICACIÓN DE LA VIVIENDA		
FECHA			
JUNIO 2021			



TÍTULO		DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	PLANO N°
PROPIETARIO		ÓSCAR RAMOS DIEZ	02
SITUACIÓN		CELADA DE ROBLECEDO	
ESCALA	1:220	PLANO	FIRMA
FECHA	JUNIO 2021	UBICACIÓN PANELES SOLARES	



TÍTULO	DIMENSIONADO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	PLANO N°	03
PROPIETARIO	ÓSCAR RAMOS DIEZ	FIRMA	
SITUACIÓN	CELADA DE ROBLECEDO		
ESCALA	s/n	PLANO	
FECHA	JUNIO 2021	ESQUEMA UNIFILIAR	