

Trabajo Fin de Grado

Instalación fotovoltaica para autoconsumo en la
empresa General de Polímeros, SL

Autor/es

Emilio Lázaro Mora

Director/es

Sergio Fernández Monforte

Escuela Politécnica de Teruel

2023

RESUMEN

Este Trabajo Final de Grado consiste en el estudio y dimensionado de una instalación fotovoltaica conectada a red para el autoconsumo de una industria dedicada a la fabricación de polímeros, en la localidad turolense de Escucha.

Para ello, se han realizado los cálculos correspondientes en cuanto a potencia y energía, dimensionamiento de los diferentes elementos que componen dicha instalación, planos correspondientes, pliego de condiciones si finalmente la empresa decide instalar las placas solares y el presupuesto resultante de tal operación.

Al tratarse de un proyecto técnico, su estructura será la correspondientes a este tipo de documentos, como se podrá observar en este documento.

ABSTRACT

This End of Grade Project consists in the study and measurement of a photovoltaic installation connected to the electric network for autoconsum of an industry which made polymers and is located in Eschuca, Teruel.

In order to know how the installation will be, the calculations which have been made refer to: power and energy, diferents elements os the installation, planes, specifications if the company finally decides to install the solar panels and the budget of this decision.

Due to this work is a tecnical proyect, its structur will be proportional to this type of documents since it will be observe in next lines.

ÍNDICE

1	DEFINICIONES PREVIAS	1
2	MOTIVACIÓN	2
3	MEMORIA	2
3.1	Objeto	2
3.2	Alcance del proyecto	2
3.3	Datos básicos de la instalación	2
3.4	Legislación aplicable	3
3.5	Introducción a la energía solar	5
3.5.1	El efecto fotovoltaico y la célula fotovoltaica	5
3.5.2	Situación actual y futura	7
3.5.3	Sector solar en España	8
3.6	Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.	9
4	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	12
4.1	Descripción de la instalación	12
4.2	Antecedentes del proyecto	12
4.3	Análisis previo	13
4.4	Potencia total instalada	16
4.5	Energía generada	17
4.6	Inversores	17
4.7	Cableado	18
4.8	Protecciones	18
4.8.1	Aparamenta corriente continua	18
4.8.2	Aparamenta corriente alterna	19
4.9	Puesta a tierra	19
5	TRÁMITES ADMINISTRATIVOS	20
5.1	Administración nacional	20
5.2	Administración autonómica	20
5.2.1	Modalidades de autoconsumo	20
5.2.2	Legislación y/o autorización de las instalaciones	20
5.2.3	Inscripción de autoconsumidores en el RADNE	21
5.2.4	Otros trámites para las instalaciones de generación asociadas a suministros recogidos a autoconsumo	21

5.3	Trámites con la compañía Eléctrica. ENDESA.....	21
6	Referencias.....	23
ANEXOS		
	ANEXO I: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	II
	ANEXO II MATERIALES	XIV
	ANEXO III: PLANOS	XXXVI
	ANEXO IV : PLIEGO DE CONDICIONES	XLI
	ANEXO V : ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	LXXXI
	ANEXO VI : PRESUPUESTO.....	CXI
	ANEXO VII : Hoja de cálculos para instalación solar fotovoltaica (anexo digital)	

LISTADO DE FIGURAS

Ilustración 1.Efecto fotoeléctrico	5
Ilustración 2. Dentro de una célula fotovoltaica	6
Ilustración 3.Fuente: El futuro de la energía solar fotovoltaica. IRENA.....	7
Ilustración 4. Ejemplo módulo bifacial (4)	8
Ilustración 5.Capacidad de paneles solares instalados (7).....	9
Ilustración 6 Fuente:AmasPlus	10
Ilustración 7. Consumo anual en kWh	12
Ilustración 8. Consumo en franja P6	13
Ilustración 9. Importe en la factura de la luz	13
Ilustración 10. PVGIS con orientación este	14
Ilustración 11. PVGIS con orientación oeste	14

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Datos orientación este.....	15
Tabla 2. Datos orientación este.....	15
Tabla 3. Características principales panel solar (16)	16
Tabla 4. Valores eléctricos configuración paneles	16
Tabla 5. Características eléctricas del inversor	17

1 DEFINICIONES PREVIAS

Antes de comenzar la lectura del proyecto, es necesario conocer una serie de definiciones, que son de gran ayuda para el entendimiento del proyecto:

- Hora Solar Pico (HSP): unidad de medida empleada para la irradiación solar. Se define como la energía por unidad de superficie que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de 1000 W/m^2 . (11)
- Kilovatio-hora (kWh): unidad de energía expresada en formato potencia-tiempo, dando a entender que se trata de la energía que se es capaz de producir y sustentar a una cierta potencia en un tiempo determinado. (12)
- Watio- pico (Wp): Se define la potencia pico de una célula o módulo fotovoltaico como la máxima que es capaz de suministrar en condiciones estándar de iluminación y temperatura, esto es bajo una irradiancia espectral AM1.5G, 100 mW/cm^2 , 25°C . (18)
- Voltaje en Máxima Potencia (V_{mp}): voltaje generado por la placa solar cuando esta trabaja a máxima potencia. (13)
- Intensidad por cortocircuito (I_{sc}): máxima corriente producida por el panel en situación anómala de cortocircuito. (13)
- Tarifa de energía de 6 periodos: son aquellas tarifas eléctricas, solo disponibles para consumidores con una potencia instalada superior a 420 kW y conectada a la red de alta tensión. En ella, se distinguen 6 periodos distintos, tanto para el término de potencia como para el de consumo. Estas franjas horarias se clasifican desde P1 hasta P6 (siendo esta última la más barata) y sus franjas horarias, dependerán del tipo de factura que se haya acordado con la empresa suministradora.
- Azimut: ángulo que forma la dirección sur con la proyección horizontal del sol, hacia el norte por el noreste o por el noroeste, considerando la orientación sur con $\psi = 0^\circ$, y considerando los ángulos entre el sur y el noreste negativos y entre el sur y el noroeste positivos. (25)
- MPPT : “*Maximum Power Point Tracker*” en inglés, lo que en español significa seguidor del punto máximo de potencia. Se trata de un mecanismo basado en un algoritmo matemático cuyo fin es el seguimiento de la potencia de una instalación. En los inversores, permite obtener un balance entre el voltaje y la corriente en aquellas placas que trabajen a máxima potencia.
- Anteproyecto: es una propuesta de proyecto, en la cual se trazan o plasman las ideas y líneas fundamentales a desarrollar posteriormente en el proyecto. Con este documento, el proyectista consigue organizar, aclarar y clarificar sus ideas para obtener el objetivo final de una manera más sencilla y directa. (23)
- Estudio de impacto ambiental: estudio realizado por el promotor del proyecto cuya finalidad es evaluar los posibles efectos, tanto significativos como no, y proponer medidas para minimizarlos o eliminarlos (24).

2 MOTIVACIÓN

La realización de este proyecto surge tras una reunión con el tutor Sergio Fernández, que se puso en contacto con la empresa Genepol, dedicada a la fabricación de granza de polímeros a partir del reciclado de plástico film en la localidad turolense de Escucha.

Debido a su actividad industrial, su factura eléctrica es bastante elevada, por lo que, para poder ahorrar costes, decidieron realizar un estudio sobre si la instalación de unas placas solares, les saldría rentable.

Es por ello, que tras el consenso de todas las partes, surge la posibilidad de realizar este proyecto, aprovechándolo como Trabajo Final de Grado.

Un detalle a destacar sobre dicho documento es que a pesar de ser un trabajo final, su estructura se intentará asemejar lo más posible a un proyecto técnico como tal.

3 MEMORIA

3.1 Objeto

El propósito de este Trabajo Final de Grado (TFG) es el estudio y dimensionado de una instalación fotovoltaica, para abastecer a la empresa General de Polímeros, SL, situada en la localidad de Escucha, Teruel.

3.2 Alcance del proyecto

Se pretende diseñar una instalación de autoconsumo solar de un total de 423 kW, estableciéndola como instalación de autoconsumo con excedentes sin compensación como dictamina el RD 244/2019 y teniendo que crear un proyecto técnico firmado por un ingeniero ya que se superan los 10 kW netos de potencia nominal.

Se especificarán tanto, componentes de la instalación, pliego de condiciones para poder realizar dicha instalación, presupuesto y diferentes tipos de planos y anexos.

3.3 Datos básicos de la instalación

Con el objetivo de aminorar el tiempo de tramitación, en este apartado se va a dar una serie de datos (1) y que harán más fácil conocer como es la instalación que se pretende definir:

- Emplazamiento: Arrabal Sureste, 44770 Escucha, Teruel
- Objeto de la memoria: nueva instalación
- Uso de la instalación: 13A
- Potencia pico: 423 kW
- Potencia nominal: 360 kW
- Tensión en continua: 640,35V
- Sección cables circuito panel-inversor: 6 mm²
- Cable de circuito panel-inversor: Prysun H1Z2Z2-K
- Caída de tensión panel-inversor: 1,5%
- Intensidad de cálculo panel-inversor: 23,06A

- Intensidad admisible panel-inversor: 59A
- Protección intensidad panel-inversor: 30A
- Sección cables circuito inversor-cuadro eléctrico: 25 mm²
- Cable circuito inversor-cuadro eléctrico: Afumex Class 1000V (AS) RZ1-K (AS)
- Caída de tensión inversor-cuadro eléctrico: 1,5%
- Intensidad cálculo inversor-cuadro eléctrico: 65A
- Intensidad admisible inversor-cuadro eléctrico: 97A
- Protecciones intensidad inversor-cuadro eléctrico: 80A
- Agrupación de los paneles: 15 paneles en serie
- Agrupación inversores: 2 inversores por nave a los que llegan dos agrupaciones de paneles solares.
- Sección conductor de tierra de los paneles: 6 mm²
- Sección conductor de tierra inversores: 16 mm²
- Cable de tierra: cable de cobre desnudo

3.4 Legislación aplicable

Las normas que han sido tenidas en cuenta y que establecen el marco jurídico de este proyecto son:

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Habrá que tener en consideración al Real Decreto-ley 20/2022, de 27 de diciembre, ya que introduce una serie de modificaciones en este.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT).
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto-Ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.

- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y de energía eléctrica, artículo 23 (BOE nº 340 de 30 de diciembre de 2020) y su modificación Decreto-ley 29/2021, de 21 de diciembre, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito.
- Guías técnicas empleadas:
 - ITC-04. Documentación y puesta en servicio de las instalaciones
 - ITC-08. Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica
 - ITC-18. Instalaciones de puesta a tierra
 - ITC-22. Protecciones contra sobreintensidades
 - ITC-23. Protecciones contra sobretensiones
 - ITC-40. Instalaciones generadoras de baja tensión
- Ley 1/2021, de 11 de febrero, de simplificación administrativa, donde el artículo 59.2 establece que modalidades como la de autoconsumo sin excedentes no precisarán autorización administrativa, de construcción y de explotación, sin perjuicio de la declaración responsable exigible conforme a la reglamentación técnica aplicable a dichas instalaciones.
- UNE-HD 60364-4-43:2013. Protección frente a sobreintensidades.
- UNE-HD 60364-5-52:2022. Cálculo corrientes admisibles.

3.5 Introducción a la energía solar

3.5.1 El efecto fotovoltaico y la célula fotovoltaica

La obtención de energía a través del sol se basa en el efecto fotoeléctrico. Este se produce cuando las partículas de luz llamadas fotones, impactan con los electrones de un metal, arrancando sus átomos. Ese electrón que se ha liberado, produce una corriente eléctrica en su viaje hacia otro átomo.

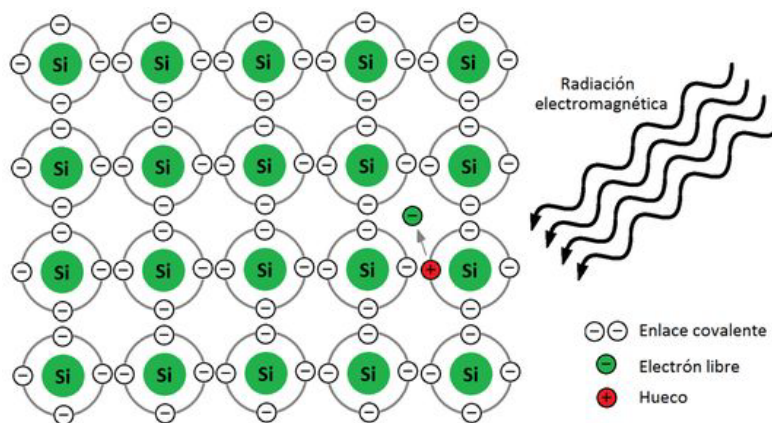


Ilustración 1.Efecto fotoeléctrico

Este efecto, fue descubierto y descrito por el físico alemán Heinrich Hertz en 1887, aunque la primera célula fotovoltaica fue fabricada por Charles Fritts en 1884 y estaba formada por selenio recubierto de una fina capa de oro. Sin embargo, no fue hasta el año 1953, cuando Daryl Chapin, Calvin Fuller y Gerald Pearson descubren la célula fotovoltaica de silicio, mucho más eficiente que las de selenio, cambiando por completo el panorama de las placas solares. (2)

Respecto a la célula fotovoltaica, son mecanismos capaces de transformar la energía lumínica en energía solar, gracias al efecto anteriormente descrito. Su funcionamiento radica en la unión de dos semiconductores con cargas opuestas separados por una carga neutra, la capa negativa genera un exceso de electrones y la positiva carece de uno, produciendo en la capa neutra la neutralización de las cargas, la cual, al verse expuesta a la luz solar por la zona negativa, libera electrones, con el consecuente aumento de diferencia de potencial entre ambas zonas.

Al tratarse de un circuito cerrado, esta diferencia da lugar a corriente eléctrica, parte de la cual se trata de la electricidad que le llega al usuario.

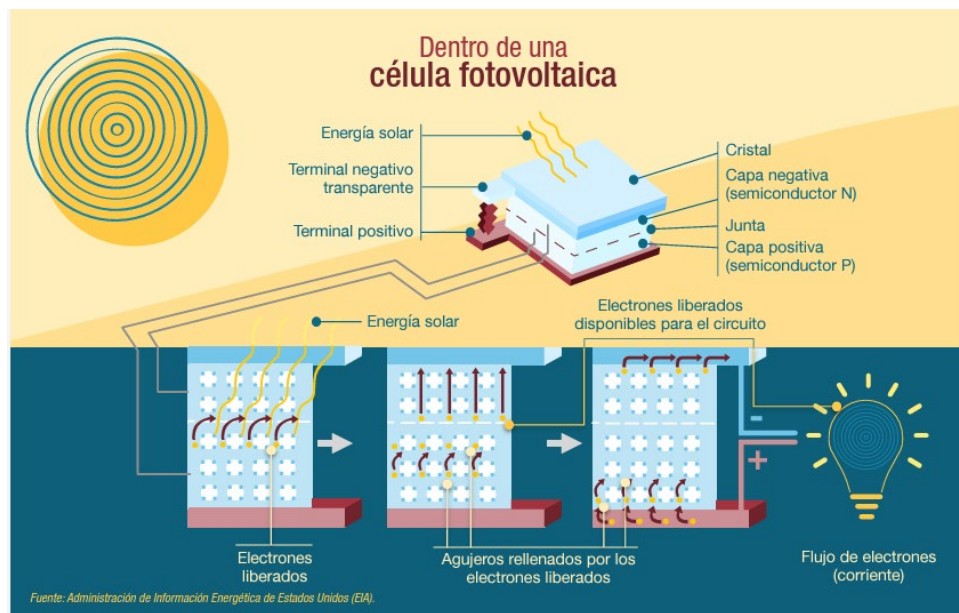


Ilustración 2. Dentro de una célula fotovoltaica

En el mundo de las células fotovoltaicas, existe una amplia gama de ellas, dependiendo del material semiconductor. Las más empleadas son las de silicio, debido a su gran abundancia en la superficie terrestre, lo que lo hace un material accesible y sobre todo barato. En el mercado, principalmente se pueden encontrar tres tipos:

- Células de silicio monocristalino: poseen un único cristal de silicio de estructura uniforme, garantizando un rendimiento del 18-25%. Como inconveniente, requiere un mayor tiempo y coste de fabricación.
- Células de silicio policristalino: números cristales de silicio superpuestos ofreciendo rendimientos del 16-20%, aunque con costes de producción menores a los monocristalinos.
- Células de silicio amorfo: sobre una superficie de sustratos flexibles (vidrio, metal y plástico), se hace descansar una estructura de silicio atómica irregular, permitiendo una mejor integración arquitectónica. Eso sí, el rendimiento de esta clase de células es muy inferior al resto, pues ronda el 6-8%.

Hay otras variantes que a día de hoy todavía se están desarrollando y experimentando con ellas. Existen las células fotovoltaicas multiunión, con numerosas uniones P/N de diferentes materiales semiconductores, llegando a alcanzar eficiencias del 45-50% (en laboratorio), o las células en tándem que permiten la obtención de mayores rendimientos, gracias al apilamiento monolítico de células con diferentes intervalos de banda, destacando el empleo de un material con altas perspectivas de futuro con es la perovskita. (3)

3.5.2 Situación actual y futura

Es evidente que el mundo está realizando un proceso de descarbonización y eliminación de cualquier materia fósiles como fuente para la obtención de energía. Esta transición medioambiental y de emisiones cero ha hecho que el sector de las energías renovables se encuentre en pleno auge y expansión, teniendo más inversión financiera y tecnológica que nunca. Socialmente, las energías renovables, a nivel general, son conocidas por todos, pero con la característica de que la mayoría no es sabedora del potencial que poseen a día de hoy.

Poniendo el foco en la energía solar, es la que más está evolucionando e implantando, sobre todo a nivel individual para autoconsumo o instalaciones fuera de red.

En 2018, la potencia acumulada a nivel mundial rondaba los 485.826 MW, lo que representa el 20.6% de la energía producida por medio naturales, según informó la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA debido a sus abreviaturas en inglés).

Tras el acuerdo realizado en la COP-21 de París, se ha producido una aceleración desmesurada de implementar energía solar fotovoltaica para conseguir los objetivos de reducir las emisiones de CO₂. Es por ello que se prevé que, en 2050, se convierta en la segunda fuente de generación eléctrica, aportando el 25% de la electricidad a escala global, con una capacidad de 8.519 GW para dicho año.

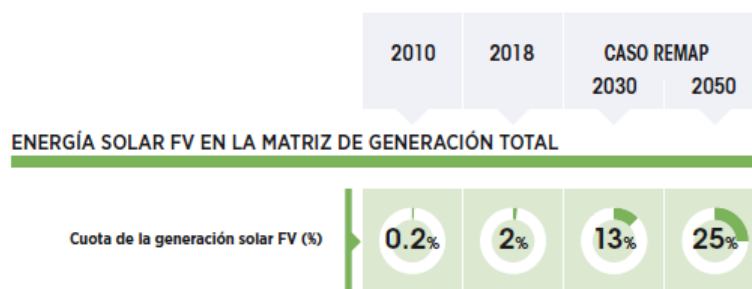


Ilustración 3. Fuente: El futuro de la energía solar fotovoltaica. IRENA

Este objetivo tan ambicioso con la tendencia actual será perfectamente alcanzable.

¿A que hace referencia esa tendencia? Pues bien, uno se refiere a dos aspectos en concreto:

- Aumento de las inversiones en la energía solar fotovoltaica: se prevé un incremento del 78% de las inversiones anuales de aquí al 2050, pasando de los 106.750 € /año a los 179.786,88 €/año, hablando en términos medios y a escala global.
- Mejora continua de la eficiencia de los paneles y sistemas instalados: el sector solar posee una característica en particular: una rápida evolución. Cada año, se obtienen paneles más eficientes y económicos (aparición de economía de escala en el sector), aunque en cierto que se lleva unos años, en las que los paneles de silicio no sobrepasan el 25% de eficiencia. Además, hoy por hoy, las tecnologías de primera generación son el motor de la industria, pero proyectos tan interesantes como los módulos bifaciales, la tecnología perovskitas (módulos de yodo, plomo y una molécula orgánica) o la tecnología kerteritas (fabricada con elementos abundantes en la corteza

terrestre como zinc y cobre) crean esperanzas y altas expectativas a corto plazo para seguir impulsando al sector.

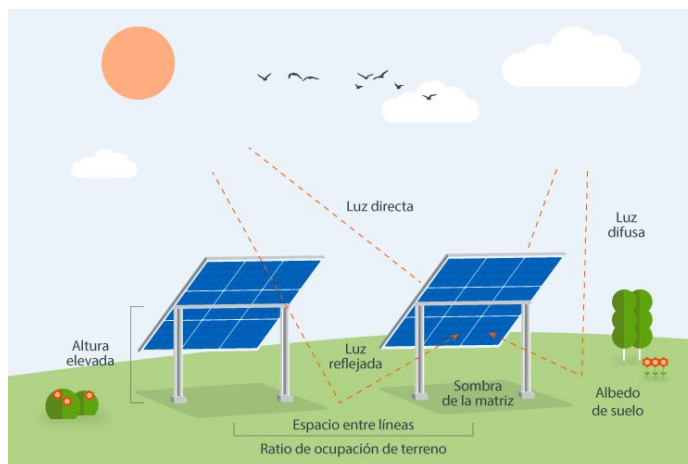


Ilustración 4. Ejemplo módulo bifacial (4)

Otra ventaja producida por el aumento de instalaciones solares, será el abaratamiento de la energía, llegando a ser perfectamente competitiva con cualquier otro tipo. En 2018, su precio en el mercado fue de media 1133,86 €/kW (muy alto), mientras que para 2030, se reducirá hasta los 320-782 €/kW y para el 2050 hasta los 155-451 €/kW.

Concluyendo con este apartado, para que todo esto se consiga llevar a cabo, será necesaria la creación de políticas socioeconómicas, dando empleo a unos 18 millones de personas (a nivel global) hasta la fecha de 2050, facilitando la burocracia existente a día de hoy, formando a más gente en este ámbito y fomentado todas las innovaciones que aparezcan. Es por ello, que la energía solar es un sector en plena expansión del cual aún hay mucho que descubrir y explotar. (5)

3.5.3 Sector solar en España

La situación de la energía solar a nivel nacional es de grandes expectativas y crecimiento. A día de hoy, España posee el segundo lugar en el mercado (detrás de Alemania) con una producción de 7,5 GW con una potencia instalada de 21 048 MW en todo el territorio nacional.

Sin embargo, no siempre le ha ido bien al sector solar en nuestro país. La primera instalación conectada a red que se creó fue en San Agustín de Guadalix, Comunidad de Madrid, en el año 1984, aunque no sería hasta la siguiente década cuando se empezaría de verdad a implementar proyectos, muchos de ellos conectados de manera no legítima, pues existía un vacío legislativo.

En el año 1998, con la aprobación del Real Decreto 2818/1998, se establecían primas de 0,18 y 0,36 € por kWh vertido a red. El impulso real a las renovables vendría con dos reales decretos posteriores: RD 436/2004 y el RD 661/2007, aumento las primas hasta los 0,44 €/kWh, lo que hizo que España se situase en 2008 en puestos cabeceros mundiales respecto a potencia fotovoltaica instalada, ya que en un solo año se instalaron 2708 MW. Sin embargo, a finales de dicho año, empieza el frenazo drástico en España.

El 30 de septiembre de 2008, entra en vigor el RD 1578/2008, que regula nuevas primas en función de la ubicación de la instalación (suelo o tejado) junto con un cupo máximo de potencial anual que iría adaptándose en función de la situación del mercado. En 2012, se aprueba el RDL 1/2012 que dejaba sin primas a las nuevas plantas fotovoltaicas no inscritas en

cupos, agravando todavía más la crisis del sector. Para hacerse una idea, en 2014 la potencia instalada era de 4672 MW (57% más que hace 6 años), incrementándose 49 MW en 2015 y 55MW en 2016, crecimiento insuficiente para los objetivos establecidos por la UE.

Es por ello, que, en el año 2018, el gobierno elimina el “impuesto al Sol” que grababa la conexión a red y empieza incrementa las ayudas y subvenciones, con soporte de la UE y los fondos *Next Generation* aprobados en 2021, tanto para grandes inversores como para particulares.

En 2019, España disponía de 4767 MW, multiplicándose hasta por tres a fecha de 2022 alcanzando los 13100 MW (dato de agosto, según la Red Eléctrica Española), representando el 8,05% del total de la energía.

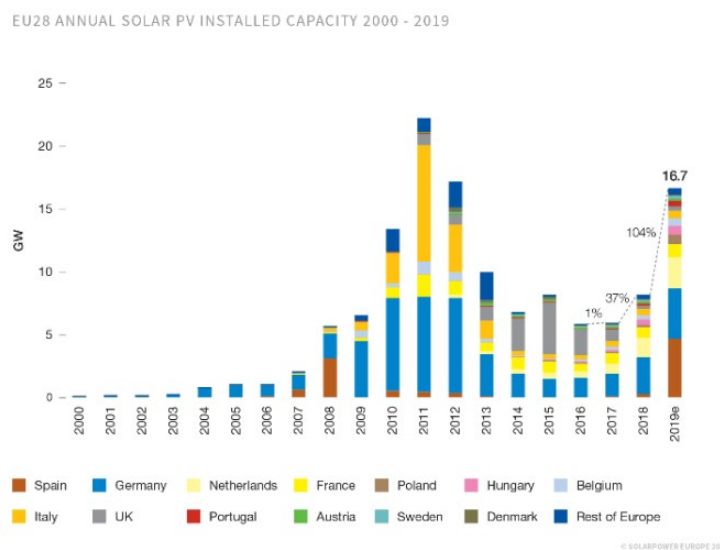


Ilustración 5.Capacidad de paneles solares instalados (7)

Esta tendencia es contigua a la explicada en el apartado anterior, ya que a nivel mundial el proceso de obtener energía de emisión cero es cada vez acelerado y real y España posee las características perfectas para seguir siendo referente de esta tecnología, siempre y cuando se siga incentivando y fomentando la instalación de módulos fotovoltaicos. (7)

3.6 Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.

Este tipo de instalaciones funcionan como un generador más, produciendo energía eléctrica que será consumida por un circuito eléctrico. La principal característica de este modelo es que el suministro de energía es compartido con la red de distribución, pues en la mayoría de los casos, la planta fotovoltaica es incapaz de suministrar al consumidor toda la energía requerida. (8)

Por el contrario, si se consigue un excedente de energía, esta se vierte a la red, obteniendo primas por parte del estado. Sin embargo, hay que destacar que, en España, estas primas han sido denegadas para instalaciones nuevas (Real Decreto Ley 1/2012, de 27 de enero) y minoradas para las ya existentes (Real Decreto 413/2014 y la Orden Ministerial IET 1045/2014 que lo desarrolla). (9)

La composición de las instalaciones conectadas a red, suelen ser algo más simples que las destinadas al autoconsumo, pues poseen menos elementos. Los dispositivos principales que configuran estos sistemas son:

- Paneles solares fotovoltaicos: transforman radiación solar en energía eléctrica.
- Inversor: convierte la corriente continua de las placas en corriente alterna con la misma forma de onda que la proporcionada por la red de distribución.
- Cuadro de interconexión con la red eléctrica comercial. En él, se encuentran dos contadores, uno para medir la energía que produce y se vierte a la red y otro más pequeño, cuya función es descontar de la energía total, la consumida por los equipos fotovoltaicos de la energía.

Esquemáticamente y de manera general, la disposición y unión de estos elementos sería la siguiente:

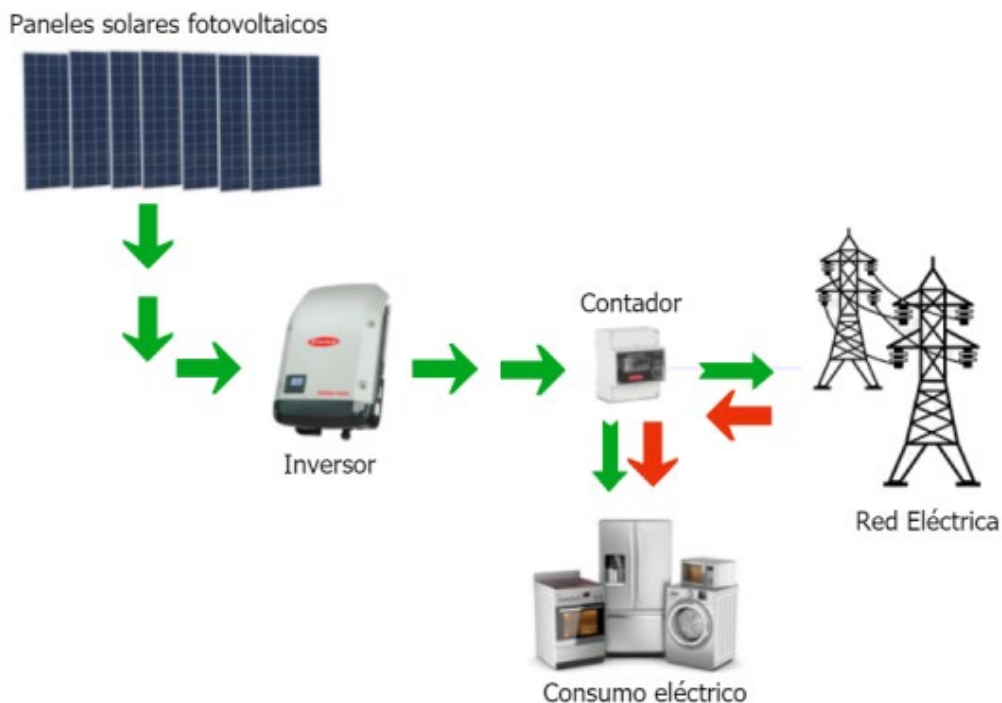


Ilustración 6 Fuente:AmasPlus

El tamaño de estas instalaciones, suele ser independiente al consumo eléctrico del consumidor, facilitando así su diseño. Muchas veces, lo más importante es la inversión inicial y el espacio disponible, teniendo en cuenta la posterior rentabilización.

Bajo la legislación española (RD 244/2019), existen varios tipos de instalaciones conectadas a red (10):

- Autoconsumo fotovoltaico sin excedentes: instalaciones cuyos excedentes están vetados a ser vertidos en la red. Es obligatorio la colocación de un sistema para impedir que estos, acaben en la red pública.
- Autoconsumo fotovoltaico con excedentes: además de poseer calidad de consumidor, sus excedentes se que pueden ser vertido a la red. Se encuentran dos modalidades:

- Instalación con compensación por excedentes: las comercializadoras incentivan los kWh que se vierten en la red. La cuantía dependerá de los distintos acuerdos alcanzados entre consumidor y compañía suministradora, que exigirá una serie de requisitos.
- Instalación sin compensación por excedentes: decisión del consumidor, al cual, no le convienen los requisitos o prefiere disponer de sistemas de baterías antes que vender la energía a un bajo precio.

Para conexiones inferiores o iguales a 10 kW, será suficiente con presentar una Memoria Técnica de Diseño (MTD) realizada por una empresa instaladora habilitada, mientras que, si se superan los 10 kW, habrá que realizar un proyecto técnico redactado y firmado por un técnico titulado competente.

Este tipo de instalaciones están sujetas al procedimiento regulado en el RD 1183/2020 para poder ser tramitadas (21). A grandes rasgos, el proceso sería el siguiente:

- Solicitud acceso y punto de conexión. Se presentarán documentos de identificación, avales en caso de necesitarlos, alcance del estudio de impacto ambiental ordinario y anteproyecto.
- Subsanación de la solicitud presentada, en un plazo de 20 días desde la recepción de esta por parte del gestor de red.
- Evaluación de la solicitud de acceso y conexión. Se pueden dar tres casos: aceptación, denegación o aceptación parcial (existiendo capacidad de acceso, esta sea inferior a la solicitada).
- Resultado del análisis de la solicitud: propuesta prevista. Aquí se incluirán otra serie de documentos como: parámetros técnicos, situaciones que puedan restringir el derecho de acceso temporalmente, condiciones y requisitos de las líneas de evacuación, pliego de condiciones técnicas y presupuesto.
- Aceptación de la propuesta. El solicitante dispondrá de 30 días para aceptarla.
- Emisión de los permisos de acceso a conexión. El gestor de red, deberá presentar en plazo de 20 días (desde notificación de la aceptación) los permisos de acceso y conexión.
- Conflictos y discrepancias. Solicitudes para la resolución de conflictos ante el órgano competente. La solicitud deberá presentarse en el plazo de 1 mes desde que el solicitante tenga conocimiento del hecho que la motiva.

4 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

4.1 Descripción de la instalación

En relación a la instalación fotovoltaica, esta se trata de un sistema de autoconsumo conectado a red y sin compensación por excedente, instalando los generadores fotovoltaicos en las cubiertas de las cinco naves que posee la empresa. De esta manera, la potencia nominal del campo es de 360 kW, pues esta es la obtenida tras la suma de la salida de todos los inversores.

A continuación, se procede a definir cada una de las partes de la instalación, tanto cuantitativamente como cualitativamente.

4.2 Antecedentes del proyecto

Antes de dar comienzo a la descripción de la instalación, es necesario conocer detalladamente la empresa General de Polímeros, SL.

Genepol, con sede en La Coruña y centro operativo en Escucha (Teruel), se dedica a la obtención de grana de polietileno de baja densidad (LDPE) reciclado. La producción anual ronda entorno a las 1200 toneladas y para ello se dispone de 8000 m² de naves cubiertas y 3000 m² de almacén exterior. Su mercado es tanto nacional como internacional, tanto para vender su producto como para la obtención de materia prima, pues para la elaboración del polietileno necesita bolsas de film, plástico industrial y plástico agrícola. (14)

Como consumidor electrointensivo, se encuentra sumergido en numerosos proyectos para reducir gastos energéticos y mejorar la eficiencia de su proceso productivo. Es por ello, que este proyecto surge debido a la necesidad de la instalación de energías renovables en su planta, para reducir gastos en la factura eléctrica y aminorar el impacto contaminante de su actividad industrial.

Desde 2017, fecha de su creación, hasta 2021 (últimos datos de gasto energético), la empresa se ha visto obligada a consumir cada año más energía, con la repercusión económica que eso conlleva, viendo agravada por la pandemia vírica del año 2020 y el posterior inicio de la invasión en Ucrania.

A continuación, se muestran unos gráficos para poder hacerse consciente, de la gran cantidad de energía que consumen las naves industriales:

- Consumo energético general:

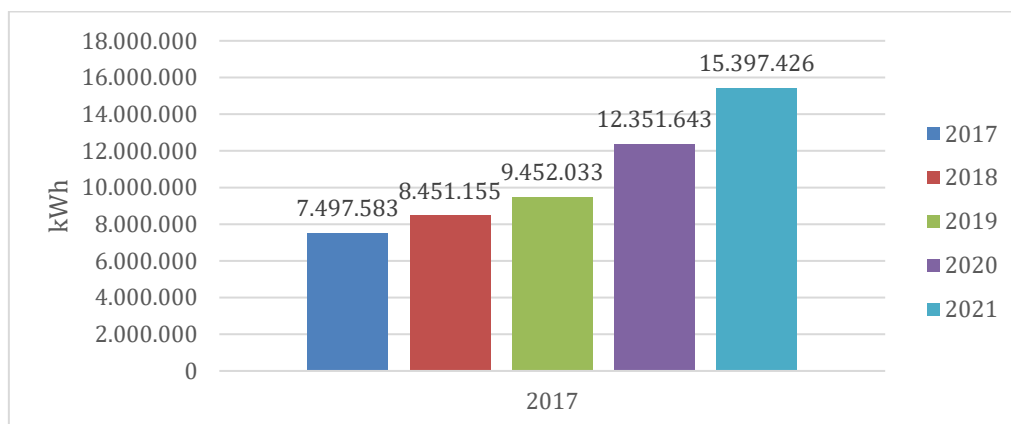


Ilustración 7. Consumo anual en kWh

- Consumo correspondiente a P6:

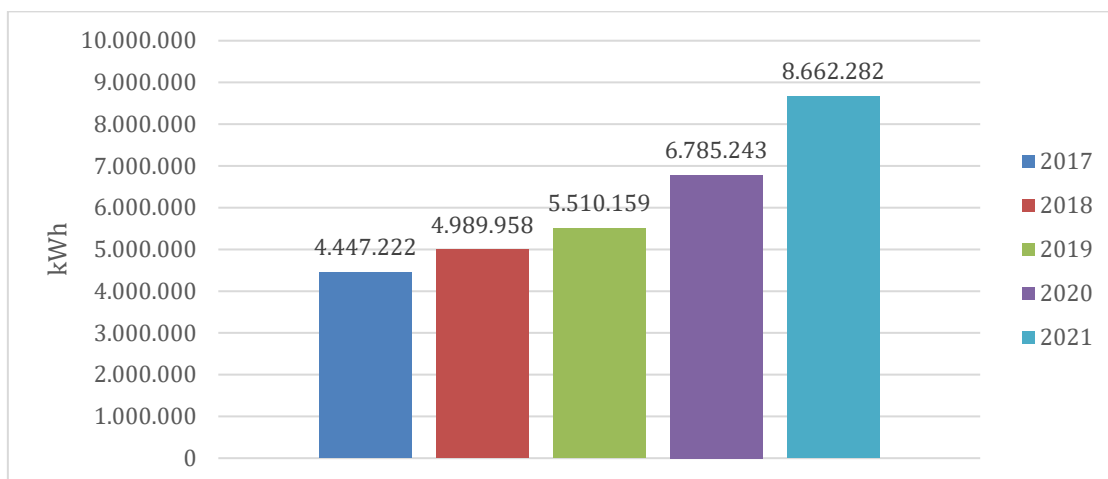


Ilustración 8. Consumo en franja P6

- Importes monetarios anuales:

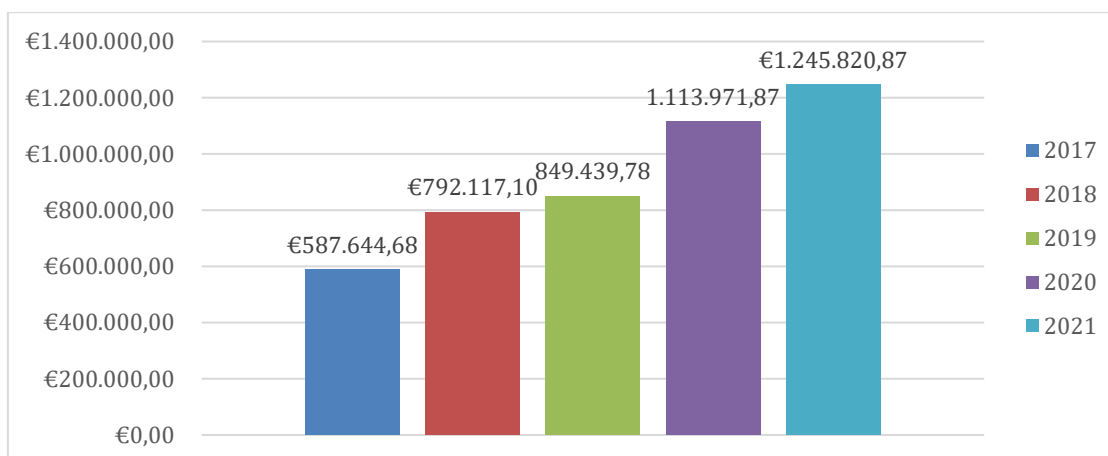


Ilustración 9. Importe en la factura de la energía eléctrica

4.3 Análisis previo

Para conocer la radiación solar en el área geográfica de la instalación y la producción energética que se obtendrá, se hace empleo de la aplicación PVGIS, programa oficial y desarrollado por la Unión Europea, la cual permite calcular mediante un sistema de información geográfico los parámetros de un sistema solar fotovoltaico.

Los datos han sido calculados para 1 kW de potencia instalada, pues así, más tarde, a la hora de calcular la para toda la instalación, es más fácil obtener las relaciones entre los distintos parámetros, al hacer el equivalente a la HSP.

Como no se disponía de terreno específico para la colocación de paneles solares en suelo, no había otra opción que colocarlos en las cubiertas de las naves. Es por ello que era necesario conocer en cuál de las dos orientaciones salía, este u oeste, salía mejor poner paneles solares, sin descartar la opción de instalar en ambas vertientes.

Una vez considerado esto, se muestran dos figuras, que muestran los datos introducidos en PVGIS, para hacerse una idea más clara de cómo han sido obtenidos los datos básicos y conocer un poco más afondo la aplicación:

- Orientación este:

The screenshot shows the PVGIS web application interface. On the left is a map of a rural area with a blue location pin. The right panel contains the following settings:

- Cursor:** 40.789, -0.814
- Selected:** 40.788, -0.810
- Elevation (m):** 1115
- PVGIS ver.:** 5.2
- Use terrain shadows:** ☒ Calculated horizon
- Solar radiation database:** PVGIS-SARAH2
- PV technology:** Crystalline silicon
- Installed peak PV power [kWp]:** 1
- System loss [%]:** 0
- Fixed mounting options:**
 - Mounting position:** Roof added / Building integrated
 - Slope [°]:** 16
 - Azimuth [°]:** -96
 - ☐ Optimize slope
 - ☐ Optimize slope and azimuth
- PV electricity price:**
 - ☐ PV system cost (your currency)
 - Interest [%/year]
 - Lifetime [years]

Buttons at the bottom include 'Visualize results', 'csv', and 'json'.

Ilustración 10. PVGIS con orientación este

- Orientación oeste:

The screenshot shows the PVGIS web application interface with the same map as before. The right panel settings are identical to the previous one, except for the azimuth:

- Azimuth [°]:** 84

All other settings and the bottom buttons remain the same.

Ilustración 11. PVGIS con orientación oeste

Los datos obtenidos, se recogen en las siguientes tablas, aunque se muestran aquellos que posteriormente se emplean en los cálculos:

- Orientación este:

Producción anual de energía fotovoltaica HSP:	1422,74 kWh
Irradiación anual en el plano:	1614,19 kWh/m ²
Ángulo de incidencia:	-3,75 %
Efectos espectrales:	0 %
Temperatura y baja irradiancia:	-8,96 %
Pérdida total:	-11,86 %

Tabla 1. Datos orientación este

- Orientación oeste:

Producción anual de energía fotovoltaica HSP:	1436,05 kWh
Irradiación anual en el plano [kWh/m ²]:	1631,19 kWh/m ²
Ángulo de incidencia:	-3,69 %
Efectos espectrales:	0 %
Temperatura y baja irradiancia:	-9,15 %
Pérdida total:	-11,96 %

Tabla 2. Datos orientación este

Como se puede apreciar, la diferencia de producción es tan insignificante, que se toma la decisión de instalar paneles solares en ambas orientaciones, para sacar el máximo rendimiento a la instalación, pues cabe recordar que la empresa está catalogada como consumidor electrointensivo y hay que intentar aprovechar al máximo esta instalación para reducir al máximo sus altas facturas eléctricas.

4.4 Potencia total instalada

En cuanto a potencia total instalada, esta se refiere a la potencia generada por los paneles fotovoltaicos. El valor que se obtiene, es la suma total de todos los paneles funcionando a pleno rendimiento, dato que se obtiene en la hoja de características del fabricante.

El panel que se va a instalar en las cubiertas de las naves es el modelo JAM72S20 445-470/MR del fabricante Ja Solar, un panel monocristalino de silicio con rendimientos de hasta el 20,2%. Una de sus principales características es el uso de la tecnología PERC (colocación de una capa reflectante para aprovechar al máximo la radiación (15)) con la que se obtiene una mayor producción y un rendimiento térmico mejor. Gracias a esto, el panel posee las siguientes características:

Potencia Pico(PMÁX)	470 Wp
Voltaje a potencia máxima(Vmp)	42,69V
Voltaje en circuito abierto(Voc)	50,31V
Corriente a potencia máxima(Imp)	11,01A
Corriente de cortocircuito(Isc)	11,53A
Eficiencia del módulo	21,2%

Tabla 3. Características principales panel solar (16 J. 4.-4.)

Además, el panel cuenta con 12 años de garantía en caso de avería mecánica y 25 años hasta que la potencia nominal se reduce al 80% del valor máximo.

Para esta instalación, se han empleado 180 paneles por nave, colocados en las dos orientaciones, haciendo un total de 900 en toda la planta. Con esta cantidad de generadores, la potencia total instalada suma un total de 423kW. Estos paneles, se fijaran a la cubierta mediante una estructura de 5 paneles de la marca *Valcat structures* y se conectarán mediante Conectores *WEIDMULLER PVStick*.

Respecto a la agrupación de estos, se han conectado 15 paneles en serie y posteriormente, 2 series en paralelo para poder alimentar eficazmente al inversor. Con esta configuración, los valores eléctricos son los siguientes:

Vmp serie	640,35V
Voc serie	885,21V
Intensidad nominal paralelo	23,06A

Tabla 4. Valores eléctricos configuración paneles

4.5 Energía generada

La energía generada en una instalación eléctrica, hace referencia a la cantidad de kilovatios hora que son capaces de producir los paneles solares. Hay múltiples factores que influyen sobre este parámetro como lo son las sombras, ubicación de la instalación o la irradiación que incide sobre ella.

A continuación, se va a mostrar la energía producida en la nave en cada una de las vertientes, dando una razón más del porqué se ha decidido colocar paneles solares en todas las cubiertas:

- Vertiente este: 300909,51 kWh/año
- Vertiente oeste: 303724,575 kWh/año

Como se aprecia aquí, claramente la producción es ínfimamente superior al oeste y sale más rentable colocar paneles solares en ambas orientaciones.

De esta manera, la energía total de la instalación es de un total de 604634,085 kWh/año, representando un 4% del consumo de la empresa respecto al año 2021.

4.6 Inversores

El número total de inversores es de 10, pues debido a la estructuración de los paneles solares, son el máximo número que se pueden obtener. Están distribuidos de manera uniforme, por lo que a cada nave le corresponde dos inversores.

Respecto al modelo, se ha empleado el modelo SUN2000-30/36/40KTL-M3 de la marca asiática Huawei. Se trata de un modelo de la gama media, aunque es comúnmente empleado en instalaciones conectadas a red con altos requerimientos de potencia, gracias a las siguientes características:

Máxima eficiencia	98,7 %
Tensión máxima entrada	1.100V
Intensidad máxima por MPPT	26A
Intensidad cortocircuito máxima	40A
Rango de tensión de operación	200V ~ 1000V
Tensión nominal de entrada	600 V
Cantidad de entradas	8
Cantidad de MPPTs	4

Tabla 5. Características eléctricas del inversor

Una de sus principales ventajas son las 4 MPPTs que incorpora, ya que permiten la instalación de paneles en cuatro grupos, siendo cada uno de ellos diferentes (distinta inclinación, ubicación...) y la formación de strings con distintas características eléctricas. Esto maximiza la eficiencia de los paneles con la consecuencia de amortizar más rápido la inversión inicial ya que se ofrece todo el tiempo la máxima energía. (17)

El conjunto de los inversores establecen la potencial nominal de la instalación ella.

4.7 Cableado

En la instalación hay dos partes, la parte de corriente continua y la parte de corriente alterna.

La parte de corriente continua corresponde a la unión de los paneles solares entre sí y posteriormente a los inversores, mientras que la parte de corriente alterna es aquella que va desde la salida de los inversores a los correspondientes cuadro de máquinas.

En ambas partes, el cable empleado es de polietileno reticulado (XPLE), pues son capaces de soportar altas cargas y presente una alta resistencia al calentamiento. Para la parte de corrientes continua, el cable instalado es el Prysun H1Z2Z2-K con una sección de 6 mm², mientras que, para alterna, el cable escogido es el Afumex Class 1000V (AS) RZ1-K (AS) de sección 25 mm².

Ambos cables son instalados frecuentemente en las instalaciones solares y por lo tanto no habrá problemas a la hora de obtenerlo en el mercado, pues actualmente, hay una crisis en cuanto a disipación de componentes eléctricos en venta.

4.8 Protecciones

Los elementos de protección que han de estar presentes en la instalación, deben garantizar tanto la seguridad y la salud de las personas como la protección de los equipos empleados. Todo esto, queda reflejado en el RD 1633/2011 el cual especifica las siguientes pautas:

- Un elemento de corte general que proporcione aislamiento entre el generador y la red.
- Interruptor automático diferencial para proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra.
- Interruptor automático de la conexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
- Protecciones de la conexión máxima y mínima frecuencia (50,5 Hz y 48 Hz con una temporización máxima de 0.5 y de 3 segundos respectivamente) y máxima y mínima tensión entre fases (1,15 Un y 0,85 Un). Esta tipo de protección, se encuentra disponibles dentro del inversor.

4.8.1 Aparatación corriente continua

El cuadro de protección para proteger a los paneles, entre otros dispositivos, contará con dos fusibles tipo gPV (específicos para instalaciones fotovoltaicas) de dos calibres:

- Fusible 1000VDC-10x38 de 15 A. Este fusible se encarga de proteger cada una de las series, por lo que solamente tendrá que soportar la corriente nominal del panel.
- Fusible 1000VDC-10x38 de 30 A. Fusible de calibre mayor, pues protege a las series una vez conectadas ya en paralelo y dispuestas a alimentar al inversor.

A su vez, todos los paneles estarán protegidos por un protector contra sobretensiones transitorias tipo II, concretamente de la marca *Vigivolt* (véase en el anexo de materiales).

Respecto al inversor, al disponer del resto de protecciones (se pueden observar en el anexo de materiales), no hace falta incluir más dispositivos.

los cables y paneles ya disponen del obligado asilamiento tipo II, el cual se encarga de evitar posibles contactos directos de la corriente con el instalador o persona que se encuentre cerca de estos.

4.8.2 Aparamenta corriente alterna

Esta sección de protección comienza en la salida del inversor. Se colocará de nuevo un cuadro general de mando, aunque este va a ser diferente, en cuanto a componentes, al de la parte de corriente continua.

En su interior, se colocará un PIA de 4 polos, protegiendo al cuadro de máquinas frente a sobrecargas y cortocircuitos. Cabe destacar, que en este interruptor automático se encuentra unida la aparatenta frente a sobretensiones transitorias. El calibre de este dispositivo es de 63 A, algo justo, pues en alguna hora del día se pueden llegar a alcanzar los 61,12 A en la salida del inversor. Sin embargo, por temas de simplicidad a la hora del diseño, se decide no aumentar el calibre del PIA, ya que si se colocase un interruptor de intensidad nominal 100 A, el cuadro de protección tendría que disponer de una serie de dispositivos obligatorios.

A continuación, tal y como marca la legislación, se añade un diferencial de sensibilidad 300mA. Este contará con 4 polos de nuevo y un calibre de 63 A.

4.9 Puesta a tierra

Para la resistencia de tierra, al existir ya máquinas eléctricas dentro de las naves, se conectará la instalación a las resistencias ya existente. Aun así, para asegurar el funcionamiento correcto y el cumplimiento de la legislación, con ayuda de un telurómetro, se comprobará que esta sea inferior a 20 Ω .

Respecto a los cables, se obtienen diferentes secciones siguiendo las directrices impuestas en la ITC-18 del Reglamento de Baja Tensión, siendo por tanto las siguientes:

- Sección corriente continua: 6 mm²
- Sección corriente alterna: 16 mm²

Para ambos casos, el cable escogido es el TOXFREE ZH H07Z1-K(AS), eso sí, cada uno con sus respectivas secciones, por lo que las características no son exactamente las mismas, como se podrá observar en el anexo de materiales.

5 TRÁMITES ADMINISTRATIVOS

Como toda instalación eléctrica, obra nueva, reforma o modificación de las características iniciales en una nave, se requiere un proceso administrativo, el cual, dependiendo de la comunidad autónoma en la que se encuentre, habrá que realizar una serie de papeles u otros.

5.1 Administración nacional

Tal y como marca IDAE en su guía profesional (20), toda instalación eléctrica de autoconsumo sin compensación debe inicialmente, contar con los siguientes papeles:

- Proyecto técnico, ya que la potencia instalada es superior a 10 kW

Respecto a la venta de la energía excedentaria, esta será vendida al mercado como cualquier otro tipo de energía renovable, cogeneración y residuos, aunque no se le podrá aplicar el Impuesto sobre el Valor de la Producción de Energía Eléctrica del 7% (Actualmente suspendido hasta el 31 de diciembre de 2023 mediante el artículo 5 del RD-I 20/2022).

El productor deberá registrarse en el RAIPEE y presentar un contrato de representación en el mercado, además de satisfacer con todas las obligaciones técnicas que imponen este tipo de actividades y cumplir con las obligaciones fiscales y/o tributarias.

5.2 Administración autonómica

Para este proyecto, la legislación que hay que aplicar la marca el Gobierno de Aragón (19), tendiendo que seguir una serie de pasos, como identificar el tipo de autoconsumo, obtener una serie de certificados o darse de alta en el registro de autoconsumidores, entre otros.

5.2.1 Modalidades de autoconsumo

Las modalidades existentes ya han sido especificadas en el punto 3.6, siendo la de este proyecto una instalación de autoconsumo con excedentes sin compensación. Además, todo

Como el resto de modalidades, esta deberá estar registrada en el Registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica del Ministerio para la Transición Ecológica (en adelante RADNE) tal y como se detalla a continuación.

5.2.2 Legislación y/o autorización de las instalaciones

Para poder tener una planta de autoconsumo, es necesario entender dos aspectos:

- Obtención del Certificado de Instalación Eléctrica (CIE, modelo 0004) diligenciado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma
- Obtención de la autorización de explotación, a la que hace referencia el artículo 53.1.c) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, expedida por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.
- Al tratarse de una instalación inferior a 100 kW, esta queda sujeta por el régimen de autorización administrativa previa, autorización administrativa de construcción y autorización de explotación establecido en el artículo 53.1 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Al igual que en los puntos, habrá que dirigirse al órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Con independencia de los permisos necesarios a obtener, una vez ejecutadas las obras se deberá entregar la documentación preceptiva para la inscripción de la instalación de generación.

5.2.3 Inscripción de autoconsumidores en el RADNE

La inscripción comienza dándose de alta a través del trámite electrónico (nº 2459), el cual trata de asegurar una serie de requisitos, pago de tasas y documentación disponible en dicho proceso.

El trámite va dirigido a la Dirección General de Energía y Minas del Gobierno de Aragón. Primero habrá que obtener la aprobación del Certificado de Instalación Eléctrica (CIE, modelo 0004) antes de darse de alta en dicho registro. Cabe destacar, que no cabe la posibilidad de realizar tal proceso de manera presencial, siempre se hará vía telemática.

5.2.4 Otros trámites para las instalaciones de generación asociadas a suministros recogidos a autoconsumo

En este caso, para las instalaciones de autoconsumo con excedentes sin compensación, es necesario presentar ninguno de estos trámites:

- Depósito de garantía económica para el acceso y conexión.
- Obtener los permisos de acceso y conexión a la red de distribución o transporte a la que se conecten.
- Obligación de inscripción en el RAIPEE (sección segunda) a través de la Comunidad Autónoma siguiendo el trámite nº 1572 del Gobierno de Aragón, que incluye el formulario y detalle de la documentación que debe presentar ante la Dirección General de Energía y Minas.

5.3 Trámites con la compañía Eléctrica. ENDESA.

Desde Endesa (21), se requiere por su parte una serie de trámites administrativos para poder dar de alta la instalación de autoconsumo. Puesto que siguen un orden cronológico, los voy a ir exponiendo uno a uno y en orden de realización:

- Permiso de obra y autorización ambiental. La obra tendrá que comunicarse tanto al Ayuntamiento correspondiente, en este caso al de la localidad de Escucha, como al gobierno de Aragón. El propio ayuntamiento decidirá si hay que realizar una declaración responsable de obra y/o una comunicación previa de obra. Respecto a la autorización ambiental, a tratarse de una instalación superior a 100 kW y con excedentes, deberá ser sometida a tal proceso.
- Código de autoconsumo (CAU). Número proporcionado por la compañía eléctrica para identificar a la instalación.
- Contrato de acceso con la compañía eléctrica. Tras recibir los datos proporcionados por la CCAA, remitidos por Endesa, se tendrán 10 días para poder revisarlos, modificarlos y contratar el producto más adecuado.
- Obtención Certificado Instalación Eléctrica (CIE), el cual nos va a garantizar tener la instalación en perfectas condiciones. Además, en Aragón, es obligatorio tenerlo

6 Referencias

- 1, C. M. (Febrero de 2023). *Seguridad Industrial. Formularios, impresos y tablas para inspecciones de baja tensión*. Obtenido de <https://www.aragon.es/-/formularios-impresos-y-tablas-baja-tension>
- 2, W. (11 de Sep de 2022). *Efecto fotoeléctrico*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_fotoel%C3%A9ctrico
- 3, C. f. (02 de Marzo de 2023). *Células fotovoltaicas: conoce su evolución, sus diferentes tipos y las últimas innovaciones*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/celulas-fotovoltaicas-fotoelectronica>
- 4, P. B. (02 de Marzo de 2023). *Paneles bifaciales: ¿Qué los hace diferentes?* Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/paneles-solares-bifaciales>
- 5, I. (. (2019). *EL FUTURO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA*.
- 6, W. (14 de Enero de 2023). *Energía solar en España*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_en_Espa%C3%B1a
- 7, N. (. (02 de Marzo de 2023). *El futuro de la energía solar en España*. Obtenido de <https://noticiadelaciencia.com/art/42172/el-futuro-de-la-energia-solar-en-espana>
- 8, E. (28 de Enero de 2019). *Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica (Autoconsumo Fotovoltaico)*. Obtenido de <https://ecofener.com/blog/instalaciones-fotovoltaicas-conectadas-a-la-red-electrica-autoconsumo-fotovoltaico/#:~:text=Las%20instalaciones%20fotovoltaicas%20conectadas%20a,o%20una%20instalaci%C3%B3n%20para%20autoconsumo>.
- 9, J. d. (02 de Marzo de 2023). *INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED*. Obtenido de <https://energia.jcyl.es/web/es/energias-renovables-ordenacion-energetica/instalaciones-fotovoltaicas-conectadas.html>
- 10, t. (7 de Abril de 2022). *Instalaciones de autoconsumo conectadas a la red: Qué son, tipos, precios y mas*. Obtenido de <https://www.tunergia.es/post/instalaciones-autoconsumo-conectadas-red>
- 11, W. (04 de Noviembre de 2020). *Hora Solar Pico* . Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Hora_solar_pico
- 12, W. (01 de febrero de 2023). *Vatio-hora*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Vatio-hora>
- 13, D. S. (03 de Abril de 2015). *Importancia y significado de los valores Vmp, Voc, Isc e Imp de un panel solar*. Obtenido de https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/significado-valores-isc-imp-voc-vmp-instalacion_1
- 14, G. (07 de Marzo de 2023). *Genepol, SL*. Obtenido de <https://genepol.com/>
- 15, T. (05 de Julio de 2019). *TECNOLOGIA PERC y HALF CELL en PANELES SOLARES*. Obtenido de [https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/#:~:text=PERC%20\(Passivated%20Emitter%20Rear%20Cell,parte%20trasera%20del%20panel%20solar](https://tecnosolab.com/noticias/tecnologia-perc-y-half-cell-en-paneles-solares/#:~:text=PERC%20(Passivated%20Emitter%20Rear%20Cell,parte%20trasera%20del%20panel%20solar).
- 16, J. 4.-4. (07 de marzo de 2023). *Autosolar*. Obtenido de <https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-ja-solar-460w-24v-monocristalino-perc>

- 17, A. (13 de Marzo de 2023). *Inversor Huawei SUN2000-40KTL-M3 Trifásico*. Obtenido de <https://autosolar.es/inversores-de-red-trifasicos/inversor-huawei-sun2000-40ktl-m3-trifasico>
- 18, S. U. (16 de marzo de 2023). *vatio pico*. Obtenido de <https://sierterm.es/content/vatio-pico/>
- 19, G. d. (25 de Febrero de 2023). *Autoconsumo de energía eléctrica en Aragón*. Obtenido de <https://www.aragon.es/-/autoconsumo-de-energia-electrica-en-aragon>
- 20, I. (enero de 2023). *Gúia Profesional de Tramitación autoconsumo*. Obtenido de <https://www.idae.es/publicaciones/guia-profesional-de-tramitacion-del-autoconsumo>
- 21, E. (24 de Abril de 2023). *¿Qué documentación necesitas para tramitar tu instalación de autoconsumo eléctrico?* Obtenido de <https://www.endesa.com/es/luz-y-gas/autoconsumo-endesa/documentacion-autoconsumo-electrico>
- 22, S. (05 de junio de 2018). *Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>
- 23, S. (19 de Mayo de 2023). *Significado de Anteproyecto*. Obtenido de <https://www.significados.com/anteproyecto/>
- 24, E. (05 de Julio de 2021). *¿Qué es lo que se evalúa en un estudio de impacto ambiental?* Obtenido de <https://www.eurofins-environment.es/es/estudio-impacto-ambiental/#:~:text=El%20Estudio%20de%20Impacto%20Ambiental,prevenir%20y%20minimizar%20dichos%20efectos.>
- 25, S. (05 de junio de 2018). *Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>