



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**Legalización y puesta en marcha del panel
fotovoltaico situado en el IndUVa.**

Autor:

García Vicente, Emilio

Tutor:

Pisano Alonso, Jesús Ángel

Dpto. de Ingeniería Eléctrica

Valladolid, Septiembre 2021.





RESUMEN

Las energías renovables, en los últimos años, están adquiriendo mayor importancia en el ámbito nacional y mundial. En España, mediante el PNIEC se pretende conseguir una serie de objetivos, marcados de cara a 2030, con el fin de reducir los gases de efecto invernadero.

Dentro de las energías renovables, la solar fotovoltaica, se encuentra en auge. Mediante el Real Decreto 244/2019, de autoconsumo energético, se pretende facilitar y animar a la población a utilizar instalaciones de autoconsumo, reduciendo la dependencia energética del extranjero. De este modo se impulsaría el sector energético español.

En este trabajo se han detallado cada uno de los pasos para legalizar y tramitar la placa solar fotovoltaica situada en el Aulario IndUVa de Valladolid siguiendo el RD 244/2019 y apostando por un autoconsumo con excedentes acogido a compensación.

PALABRAS CLAVE

Energías renovables, Solar fotovoltaica, Placa fotovoltaica, Autoconsumo, Legalización.

ABSTRACT

In recent years, renewable energies have become increasingly important both nationally and globally. In Spain, the PNIEC aims to achieve a series of objectives set for 2030 in order to reduce greenhouse gases.

Among renewable energies, photovoltaic solar energy is on the rise. Royal Decree 244/2019, on energy self-consumption, aims to facilitate and encourage the population to use self-consumption installations, reducing energy dependence on foreign countries. In this way, the Spanish energy sector would be boosted.

This work has detailed each of the steps to legalise and process the photovoltaic solar panel located in the Aulario IndUVa of Valladolid following the RD 244/2019 and opting for self-consumption with surpluses with compensation.



KEYWORDS

Renewable energies, Solar photovoltaic, Photovoltaic panels, Self-consumption, Legalisation.



ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| Introducción y objetivos..... | 9 |
| Competencias..... | 10 |
| Capítulo 1. Energías renovables. Energía solar..... | 13 |
| 1.1 Introducción a las energías renovables..... | 13 |
| 1.2 Tipos de energías renovables..... | 13 |
| 1.3 Energía solar. Características generales..... | 17 |
| 1.3.1 Funcionamiento de una placa fotovoltaica..... | 18 |
| 1.3.2 Elementos de una instalación solar fotovoltaica..... | 19 |
| Capítulo 2. Situación de la Energía solar en España..... | 26 |
| 2.1 Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC)..... | 28 |
| Capítulo 3. Real Decreto 244/2019, de 5 de abril..... | 31 |
| Capítulo 4. Aulario IndUva..... | 36 |
| 4.1 Sistemas pasivos..... | 36 |
| 4.2 Energías renovables..... | 37 |
| 4.3 Placa solar fotovoltaica integrada en la fachada del edificio..... | 38 |
| 4.3.1 Inversor FRONIUS SYMU..... | 39 |
| 4.4 Estudio previo de la placa solar fotovoltaica..... | 42 |
| Capítulo 5. Tramitación y legalización..... | 49 |
| 5.1 Definiciones..... | 49 |
| 5.2 Autoconsumo con excedentes acogido a compensación..... | 50 |
| 5.2.1 Índice de pasos a seguir..... | 51 |
| 5.2.2 Tramitación previa a la instalación..... | 52 |
| 5.2.3 Tramitación posterior a la instalación..... | 56 |
| CONCLUSIONES..... | 68 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 69 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Aerogenerador eléctrico..... | 14 |
| Figura 2. Embalse de generación de energía eléctrica a partir del movimiento de las mareas. | 17 |
| Figura 3. Efecto fotoeléctrico. (Fuente: CSIC) | 19 |
| Figura 4. Esquema de configuración general de una instalación fotovoltaica | 19 |
| Figura 5. Partes de un panel solar fotovoltaico. (Fuente: Areatecnologia)..... | 20 |
| Figura 6. Esquema básico de conexión del regulador. | 22 |
| Figura 7. Inversor CC-CC. (Fuente: Tobajas, M. Carlos. Instalaciones solares fotovoltaicas)..... | 23 |
| Figura 8. Onda senoidal, cuadrada y modificada generada por un inversor. (Fuente: Panelessolares.pe)..... | 24 |
| Figura 9. Fuente de corriente de onda pura o senoidal. (Fuente: generatuluz) | 25 |
| Figura 10. Mapa de potencia instalada en España, Enero 2020. (Fuente. REE- Red Eléctrica Española) | 27 |
| Figura 11. Estructura de la generación de energía solar fotovoltaica (MWh) en Castilla y León. (Fuente REE)..... | 28 |
| Figura 12. Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica (MW)..... | 29 |
| Figura 13. Esquema de instalaciones de autoconsumo sin excedentes. (Fuente. Guía IDAE de autoconsumo)..... | 31 |
| Figura 14. Esquema de instalaciones de autoconsumo con excedentes. (Fuente. Guía IDAE de autoconsumo)..... | 32 |
| Figura 15. Esquema de un pozo canadiense o provenzal, funcionamiento en verano. (Fuente. Sitiosolar)..... | 37 |
| Figura 16. Placa fotovoltaica situada en la fachada sur-este del Aulario IndUva de la Universidad de Valladolid..... | 38 |
| Figura 17. Partes del inversor Fronius Symu..... | 39 |
| Figura 18. Producción fotovoltaica y consumos del edificio para un día lectivo en Septiembre. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)..... | 43 |



Figura 19. Producción fotovoltaica y consumos del edificio para un día lectivo en septiembre. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo).....44

Figura 20. Representación de la producción fotovoltaica y los consumos del edificio IndUva para una semana tipo de enero. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)45

Figura 21. Representación de la producción FV y los consumos del edificio IndUva para una semana tipo de julio. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo).....45

Figura 22. Representación de los costes de la factura eléctrica sin generación FV, modalidad sin excedentes y modalidad con excedentes acogido a compensación. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo).....48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas del inversor solar Fronius Symo.....41

Tabla 2. Características técnicas del inversor solar Fronius Symo.....42

Tabla 3. Costes facturas mensuales y ahorro mensual producido con la modalidad de Autoconsumo CON Excedentes acogido a Compensación. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)46

Tabla 4. Costes facturas y ahorro mensual producido con la modalidad de Autoconsumo SIN Excedentes acogido a Compensación. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)47

Tabla 5. Tasas por actuaciones y servicios en materia de eficiencia energética.59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I: Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.



Anexo II: Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Anexo III:

Certificado de instalación eléctrica.
Manual de Usuario.

Anexo IV: Autorización de explotación.

Anexo V: Tasas del año 2021. (EYH/308/2021, de 31 de marzo – BOCyL 13-04-21)

Anexo VI: Guía profesional de tramitación del autoconsumo. IDEA.



Introducción y objetivos.

El Aulario IndUva de la Universidad de Valladolid comenzó a impartir clases en el año 2018. Este edificio alberga a los estudiantes de las diferentes carreras de ingeniería, procedentes de la antigua Facultad Politécnica y de la Escuela de Ingeniería con sede en el Paseo del Cauce.

El edificio cuenta con la más última y moderna tecnología destinada a la eficiencia energética, motivo por el cual ha recibido diferentes reconocimientos y premios.

El Aulario IndUva apuesta por el autoconsumo energético, por ello la fachada sur-este se encuentra recubierta de una gran placa fotovoltaica.

En estos últimos años se han realizado varios estudios sobre la placa fotovoltaica para determinar con exactitud la cantidad de energía que es capaz de producir, las horas de radiación solar que recibe a lo largo de los diferentes meses del año, etc...

Actualmente, esta placa está instalada y lista para comenzar a producir energía, salvo por la tramitación y legalización de la misma, que no se ha procedido a realizar, por lo que la producción y autoconsumo de energía eléctrica aún no es una realidad.

Este Trabajo Fin de Grado pretende realizar una introducción a las diferentes energías renovables, centrándose especialmente en la energía solar fotovoltaica. También se plasma la situación de la solar fotovoltaica en España y se muestran los objetivos marcados por el Gobierno de España de cara a 2030 mediante el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC).

Finalmente y como parte principal del trabajo, se detallan cada uno de los pasos a seguir para tramitar y legalizar la placa solar fotovoltaica del IndUva y que su funcionamiento sea una realidad en el menor tiempo posible. Estos pasos a seguir siguen en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, y especialmente, el Real Decreto 244/2019, del 5 de abril, de autoconsumo.



Competencias.

La finalidad del trabajo fin de carrera es el desarrollo de las capacidades y competencias adquiridas por el alumno a lo largo del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales.

Algunas de las competencias genéricas, comunes para todas las titulaciones de Ingeniero Industrial, son las siguientes:

- CG1: Capacidad de análisis y síntesis.
- CG2: Capacidad de organización y planificación de tiempo.
- CG3: Capacidad de expresión oral.
- CG4: Capacidad de expresión escrita.
- CG5: Capacidad para aprender y trabajar de forma autónoma.
- CG6: Capacidad de resolución de problemas.
- CG8: Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica.
- CG9: Capacidad para trabajar en equipo de forma eficaz. Consultando información con personas del mismo campo, interactuando con ellas, tratando y siguiendo las indicaciones y consejos del tutor...
- CG12: Capacidad para la motivación por el logro y la mejora continua.
- CG13: Capacidad para actuar éticamente y con compromiso social.
- CG14: Capacidad de evaluar.
- CG15: Capacidad para el manejo de especificaciones técnicas y para la elaboración de informes técnicos.

Otras competencias específicas comunes a todas las titulaciones de grado de este ámbito y otras propias de cada tecnología específica.

Módulo de formación básica:



- CE2: Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo, y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.
- CE6: Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas.

Módulo común a la rama industrial:

- CE10: Conocimiento y utilización de los principios de teoría de circuitos y máquinas eléctricas.
- CE11: Conocimientos de los fundamentos de la electrónica.
- CE14: Conocimiento y utilización de los principios de resistencia de materiales.
- CE16: Conocimientos básicos y aplicación de tecnologías medioambientales y sostenibilidad.
- CE18: Conocimientos y capacidades para organizar y gestionar proyectos. Conocer la estructura organizativa y las funciones de una oficina de proyectos.

Módulo de tecnología específica en Ingenierías Industrial.

Módulo de Ampliación de Básicas y Optatividad:

- CE23: Conocimiento de la química de polímeros, metales y sus aleaciones. Conocimiento básico de métodos de análisis químico aplicado al control de calidad.

Para conocer y entender detalladamente el proceso químico de funcionamiento de una célula fotovoltaica.

Módulo de Tecnologías Industriales:

- CE25: Capacidad para el cálculo y diseño de máquinas eléctricas.



- CE26: Conocimientos sobre control de máquinas y accionamientos eléctricos y sus aplicaciones.
- CE27: Conocimiento sobre sistemas eléctricos de potencia y sus aplicaciones.
- CE28: Conocimientos aplicados de ingeniería térmica.
- CE40: Capacidad para aplicar conocimientos de tecnología, componentes y materiales.
- CE41: Conocimiento de las relaciones material-forma-proceso-coste.
- CE48: Conocimiento aplicado de electrónica de potencia.
Conocimiento aplicado en el inversor fotovoltaico.
- CE53: Capacidad de proyectar, visualizar y comunicar ideas.
- CE54: Capacidad para aplicar los conocimientos de tecnología, componentes y materias.
- CE55: Comprender y aplicar conocimientos de Legislación.
Aplicando las distintas Leyes, Reales Decretos, Normas UNE-EN, etc.
- CE58: Aplicar normas, reglamentos y especificaciones de obligado cumplimiento.
Como en el apartado anterior.
- CE59: Trabajo a realizar en una empresa en el ámbito industrial.
- CE60: Ejercicio original a realizar individualmente, presentar y defender ante un tribunal universitario, consistente en un proyecto en el ámbito industrial, de naturaleza profesional, en el que se sintetizen e integren las competencias adquiridas en las enseñanzas.

1 Capítulo 1. Energías renovables. Energía solar.

1.1 Introducción a las energías renovables.

Las energías renovables son aquellas fuentes energéticas que se regeneran de manera natural y son prácticamente inagotables.

Este tipo de energías ayudan a potenciar el autoconsumo. De esta forma el consumidor es capaz de producir y generar su propia energía.

Son energías beneficiosas para el medio ambiente. El uso de este tipo de energías, en vez de las energías tradicionales, favorecen la reducción de contaminantes, la emisión de gases de efecto invernadero, reducen la huella de carbono y contribuyen a la mejora de la calidad del aire. Las energías renovables son nuestro mejor aliado en la lucha contra el cambio climático.

Las energías renovables son un recurso natural gratuito e inagotable. Al generar la energía a través de fuentes naturales, podemos beneficiarnos de ella en cualquier parte del mundo.

Generar este tipo de energía es cada vez menos costoso gracias a los avances científicos y tecnológicos. Produce beneficios para economía favoreciendo la creación de empleo directo y ayudando a lograr la dependencia energética de nuestro país, reduciendo la importación de combustibles fósiles.

1.2 Tipos de energías renovables.

A continuación se realiza una enumeración de las diferentes energías renovables definiendo cada una de ellas, así como explicando sus principales características, algunas de sus ventajas y sus desventajas:

- **Energía eólica:** Es la energía producida del viento y consiste en la generación de energía eléctrica a través del movimiento de las palas de un aerogenerador impulsadas por el viento.

Este tipo de energía se produce en los parques eólicos. Los parques eólicos son centrales eléctricas formadas por agrupaciones de aerogeneradores conectados a molinos encargados de aprovechar la

energía del viento. Estas centrales de producción eléctrica son tanto marinas como terrestres.

La energía eólica es la tecnología más eficiente, no genera emisiones, es inagotable, autóctona y creadora de riqueza y empleo.



Figura 1. Aerogenerador eléctrico.

- Energía hidroeléctrica o hidráulica: Este tipo de energía aprovecha la fuerza del agua para producir energía eléctrica a través de las centrales hidroeléctricas. Estas centrales aprovechan la energía potencial de una determinada masa de agua transportándola entre dos puntos situados a distinta altitud. Cuando el agua cae de un punto a otro pasa por unas turbinas, las cuales transmiten energía a un alternador encargado de producir la energía eléctrica.

Algunas de las ventajas de la energía hidráulica son:

- La reutilización: Estamos hablando de un recurso inagotable procedente de la lluvia.
- La duración de las instalaciones hidroeléctricas. Estas instalaciones tienen una vida útil estimada de 1 siglo.
- Sostenibilidad: Los gases de efecto invernadero se ven reducidos mediante el uso de este tipo de energía.



- Flexibilidad a la hora de utilizar el agua embalsada, facilitando la gestión de los picos de demanda energética.
 - Control de los embalses: De esta forma se puede controlar el caudal de los ríos, almacenando agua para los periodos más secos. Este tipo de control asegura el abastecimiento de agua potable.
 - Bajos costes de explotación, La puesta en marcha de las instalaciones conlleva una gran inversión.
- Bioenergía: Es la materia obtenida de la biomasa o de las sustancias orgánicas de animales y plantas.

Este tipo de energía renovable presenta grandes ventajas:

- Disminuye las emisiones de CO₂.
- Se pueden recuperar terrenos erosionados mediante los cultivos bio-energéticos.
- Las cenizas de la combustión de la biomasa se pueden devolver al suelo aportando minerales que favorecen el crecimiento de las plantas.
- Los combustibles bio-energéticos se degradan mucho más rápido que los combustibles convencionales.

También presentan algunos inconvenientes como:

- Los procesos de combustión pueden generar partículas tóxicas.
- El monocultivo intensivo reduce la biodiversidad.
- Presenta altos costes de instalación.
- En la actualidad no se puede regular este tipo de energía, ya que no existe un marco institucional.



- Energía geotérmica: Es aquella energía calorífica contenida en el interior de la tierra, incluyendo aguas subterráneas. Dependiendo de las temperaturas del material hay varios tipos de energía geotérmica utilizada para la generación de electricidad, la utilización térmica industrial, en calefacción, refrigeración y ACS.

Algunas de las ventajas de la energía geotérmica son:

- El ahorro económico.
- Es ecológica.
- Requiere un mantenimiento mínimo.
- Reduce la dependencia energética.
- Tiene una larga vida útil.

También presenta algunas desventajas como:

- Un alto costo de la instalación.
 - Puede contaminar acuíferos
 - No se puede transportar.
 - No es apta para todas las localizaciones.
 - Se requiere un estudio previo geográfico y climatológico.
-
- Energía mareomotriz: Es la energía obtenida de las mareas. Para su aprovechamiento se construyen embalses que se llenan y se vacían en función de las mareas, este movimiento activa unas turbinas que generan electricidad. Este tipo de energía no produce combustibles fósiles ni gases de efecto invernadero, además las instalaciones son silenciosas y fáciles de mantener. Una de las grandes ventajas de este tipo de energía renovable es que se puede producir en cualquier época del año.



Figura 2. Embalse de generación de energía eléctrica a partir del movimiento de las mareas.

- Energía solar: Es la energía aprovechada procedente del sol.

En el siguiente apartado nos centramos en este tipo de energía, ya que es la protagonista de este trabajo, explicando con mayor detalle sus diferentes características y la situación actual en España.

1.3 Energía solar. Características generales.

La energía solar es la que llega a la tierra en forma de radiación electromagnética procedente del sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. Este tipo de energía es inagotable y muy abundante, además de ser una energía limpia, lo que supone una alternativa a otros tipos de energía no renovables como la energía fósil o la nuclear.

La energía solar puede ser aprovechada como energía térmica o fotoeléctrica para su posterior consumo. La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento de la energía que genera el sol a través de un medio portador de calor como puede ser el agua o el aire, aunque el aprovechamiento es menor que el que se obtiene con la energía fotovoltaica.

La energía fotovoltaica consiste en la transformación de la energía solar en energía eléctrica a través de las placas solares o fotovoltaicas.

Algunas de las ventajas de la energía solar fotovoltaica son las siguientes:

- Es una energía renovable que no produce gases de efecto invernadero.
- El coste de la instalación de paneles solares cada vez es menor. La amortización se produce en pocos años y este tipo de instalaciones tiene una larga vida útil, incluso en condiciones adversas.
- El coste de mantenimiento de los paneles fotovoltaicos se considera bajo en comparación con las instalaciones de otro tipo de energías renovables.
- Es una tecnología que no produce contaminación acústica.
- La energía generada puede consumirse de manera inmediata.

La principal desventaja de la solar fotovoltaica es la dependencia de la radiación solar.

El impacto visual de los paneles solares que recubren tejados, fachadas y paisajes también ha generado un debate en la actualidad.

1.3.1 Funcionamiento de una placa fotovoltaica.

La energía de los fotones del espectro visible de luz solar es transformada directamente en electricidad mediante las células fotovoltaicas. Gracias a los materiales por los que están confeccionados estas células es posible esta obtención de electricidad. Los fotones, que alcanzan la superficie de la tierra, procedentes de la radiación solar son absorbidos por estas placas, las cuales transfieren la energía de los fotones a los electrones de los orbitales enlazantes del semiconductor. Este proceso genera un aumento de conductividad que experimenta el material semiconductor bajo iluminación. Este proceso fue denominado efecto fotovoltaico en el siglo XIX por Becquerel.

Se produce un efecto de difusión generado por el desplazamiento de los electrones. Esta difusión genera energía calorífica que eleva la temperatura

del material. Aplicando una diferencia de potencial se consigue que el movimiento caótico de los electrones adquiera un movimiento direccional, es decir, una corriente eléctrica.

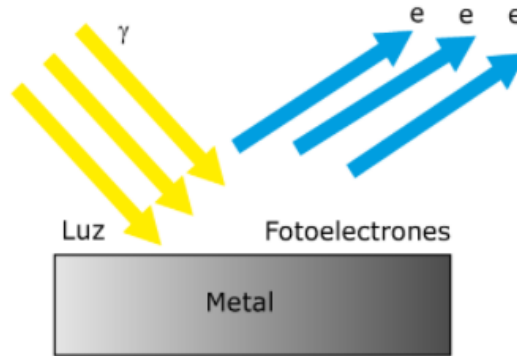


Figura 3. Efecto fotoeléctrico. (Fuente: CSIC)

La ecuación del efecto fotoeléctrico es la siguiente:

$$E = h * f$$

Donde:

- E: Energía recibida de los fotones.
- h: Constante de Planck = $6.62 \cdot 10^{-34}$ J*s
- f: frecuencia (Hz).

1.3.2 Elementos de una instalación solar fotovoltaica.

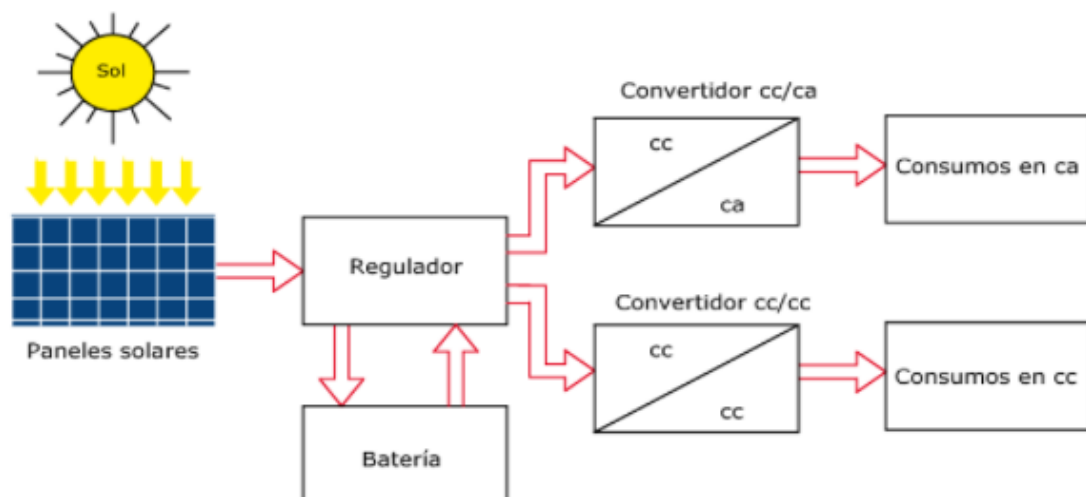


Figura 4. Esquema de configuración general de una instalación fotovoltaica

- **Placa fotovoltaica o módulo fotovoltaico:** es la encargada de recibir la radiación solar como se ha explicado en el apartado anterior, 1.3.1.

Todo módulo tiene una serie de elementos físicos que conforma la propia placa:

- **Cubierta exterior:** Es el elemento encargado de proteger la placa solar de los agentes atmosféricos externos. Esta cubierta es necesaria pero presenta un inconveniente, reduce ligeramente el rendimiento del panel.

Normalmente están fabricadas con vidrio metálico con bajo contenido de hierro. Este material es resistente y además favorece la transmisión de la radiación solar.

- **Encapsulante:** Conformados de EVA (etil-vinil-acetileno), un copolímero termoplástico transparente que deja pasar los rayos de sol y actúa como elemento protector y de cohesión.

La EVA presenta algunos inconvenientes como una corta vida útil o la fácil adherencia al polvo, lo que genera suciedad y opacidad reduciendo la transmisión solar.

- **Marco soporte o de apoyo:** Es el elemento físico que da robustez y cohesión a la placa. El marco suele ser de aluminio o acero inoxidable, materiales resistentes y duraderos, ya que está expuesto a los agentes atmosféricos.

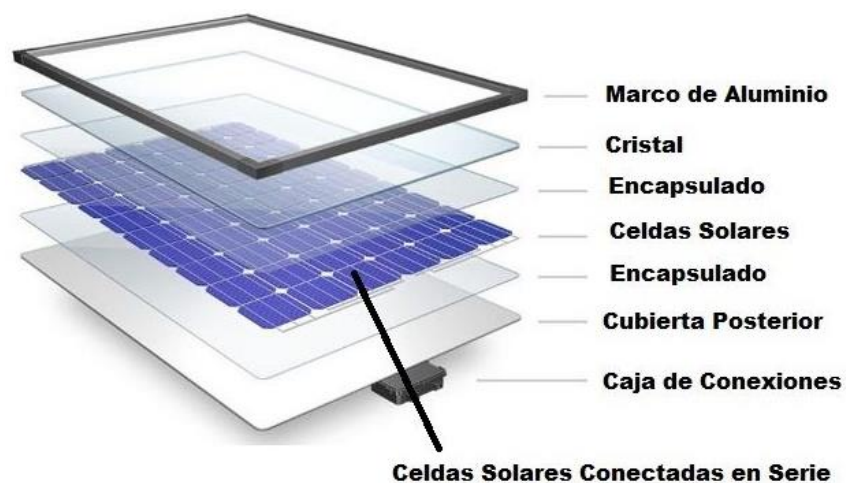


Figura 5. Partes de un panel solar fotovoltaico. (Fuente: Areatecnología)



- **Regulador:** Este elemento no aparece en todas las instalaciones fotovoltaicas. La misión principal del regulador es evitar sobrecargas en los inversores, ya que podrían producir daños irreversibles. El regulador también nos asegura que la instalación funcione con la mayor eficacia posible y es el encargado de regular la carga y descarga de las baterías, lo que reduce las averías y los problemas en el sistema.

Carlos Tobajas Vázquez en su libro Instalaciones solares fotovoltaicas hace una división en dos tipos distintos de reguladores:

- Reguladores shunt o paralelo: Este tipo de reguladores permiten que solo pueda pasar una pequeña cantidad de corriente, de este modo se evita la autodescarga. El resto de corriente se consume en el módulo como corriente de autocircuito. Esta corriente no genera problemas y simplemente genera un pequeño calentamiento adicional sin importancia.
- Reguladores en serie: Este regulador funciona mediante un relé mecánico encargado de cortar la corriente entre el módulo y la batería cuando se alcanza la tensión límite de carga. Cuando se produce un descenso de la tensión, el relé se vuelve a conectar procediendo a una nueva carga de la batería.

El aumento de la demanda de las instalaciones fotovoltaicas está dando lugar al continuo desarrollo de las mismas, y lo que conlleva, un desarrollo de sus elementos. En los últimos años han aparecido nuevos tipos de reguladores basados en los dos mencionados anteriormente:

- Reguladores de doble circuito: Este tipo de reguladores están conectados a otro circuito y tienen como finalidad aprovechar la corriente que sobra de la instalación desviándola a este segundo circuito. De esta forma no se pierde energía.
- Reguladores con dos niveles de carga: Estos reguladores suelen incorporar microprocesadores que regulan los niveles de carga de la batería. Su finalidad es establecer niveles de carga de 100%.

- Reguladores multi-etapa: Este tipo de reguladores es utilizado especialmente en grandes instalaciones fotovoltaicas. Suelen tener gran capacidad y son los encargados de cargar las baterías de los diferentes módulos.
- Reguladores de relé de estado sólido: El autor explica que este tipo de reguladores soporta potencias considerables y se encarga de eliminar la chispa de ruptura producida en los reguladores en serie. Están basados en la tecnología MOSFET (transistor de efecto de campo).

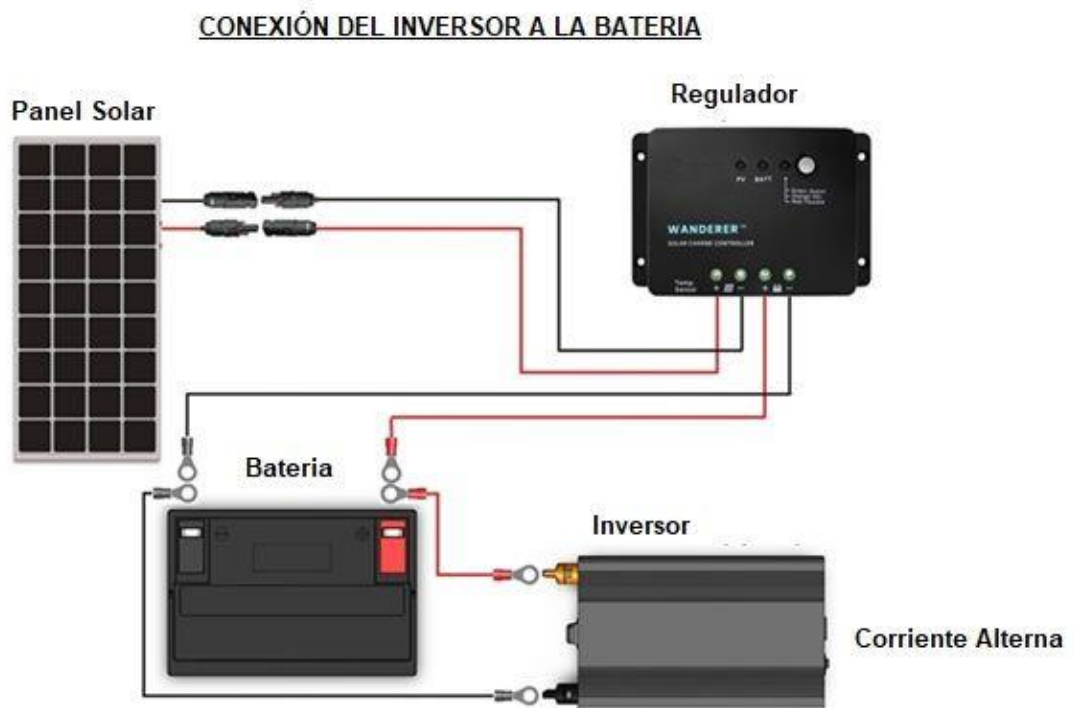


Figura 6. Esquema básico de conexión del regulador.

- **Batería o acumulador:**

Es el elemento encargado de almacenar la energía eléctrica generada por la placa fotovoltaica, y así poder utilizarse más tarde, Por ejemplo en horas en las que no se produce radiación solar.

Las baterías o acumuladores no son imprescindibles en las instalaciones fotovoltaicas y en muchas ocasiones no aparecen.

Las baterías o acumuladores pueden ser de dos tipos en función de su utilidad:

- De arranque: Son capaces de suministrar una gran cantidad de energía en un breve periodo de tiempo.
 - Estacionarios: Producen energía de forma permanente.
- **Inversor o convertidor:** Es un dispositivo electrónico encargado de transformar la corriente a la forma más adecuada para su uso. Los inversores más comunes son:
 - Inversor de corriente continua - corriente continua (CC-CC).
 - Inversor de corriente continua - corriente alterna (CC-CA).

- **Inversor CC – CC:**

Estos tipos de inversores se utilizan cuando la tensión en los bornes de la batería no coincide con la tensión de los aparatos de consumo. Presentan un rendimiento mayor del 90% y de esta forma se evitan pérdidas de potencia.

Los convertidores de CC-CC funcionan transformando la CC en CA por medio de un circuito de condensadores y semiconductores. Una vez transformada en CA, la corriente se puede aumentar, disminuir y ajustar el voltaje, por medio de un transformador. Una vez que se obtienen las características deseadas se vuelve a transformar la corriente alterna en corriente continua.

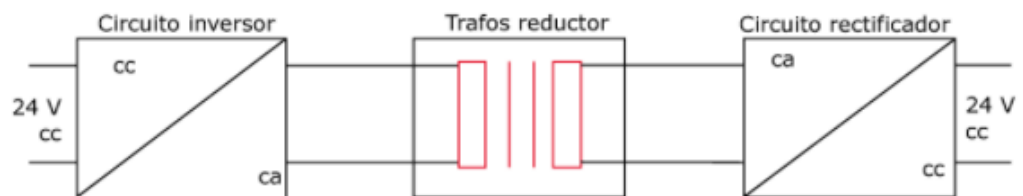


Figura 7. Inversor CC-CC. (Fuente: Tobajas, M. Carlos. Instalaciones solares fotovoltaicas)

- **Inversor CC – CA:**

Transforma la corriente continua en corriente alterna por medio de un circuito. La entrada del circuito puede ser una batería o directamente la celda solar.

Los inversores de CC - CA presenta una serie de funciones principales:

- Controlan las sobrecargas en la salida limitando la intensidad. De esta forma sirven como elemento de seguridad.
- Ajustan la tensión de salida a la deseada.
- Mantienen la frecuencia de salida.

Los inversores de CC - CA pueden ser de onda cuadrada o de onda senoidal:

Los inversores de onda cuadrada o modificada son más simples que los de onda senoidal. La corriente alterna que generan es cuadrada y esta suavizada asemejándola a la onda senoidal.

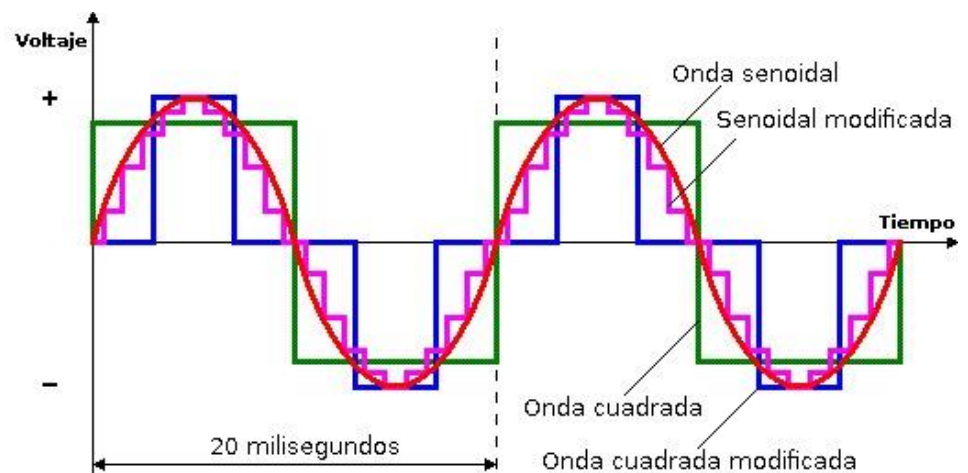


Figura 8. Onda senoidal, cuadrada y modificada generada por un inversor. (Fuente: Panelessolares.pe)

Los inversores de onda senoidal consiguen este tipo de onda mediante un oscilador. A continuación pasa la corriente por un amplificador antes de llegar a la bobina primaria. Estos inversores son más caros que los de onda cuadrada.

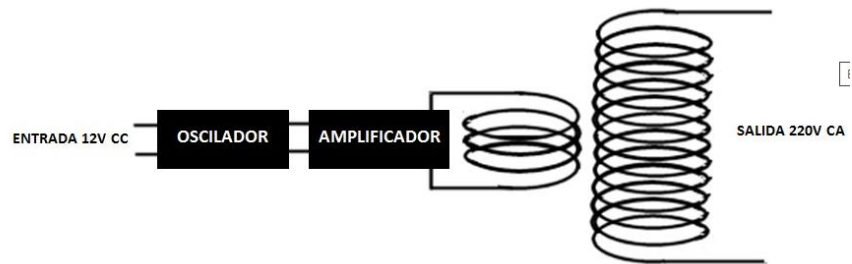


Figura 9. Fuente de corriente de onda pura o senoidal. (Fuente: generatuluz)

2 Capítulo 2. Situación de la Energía solar en España.

En España, durante muchos años se ha tratado de impulsar la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables, aunque siempre ha habido limitantes u obstáculos en su impulso y desarrollo. Hoy en día eso ha cambiado de una forma drástica por parte del consumidor final y la regulación, además otras barreras que, a su juicio, dificultan la implantación del autoconsumo eléctrico en España.

Con el nuevo Real Decreto 244/2019 se suprimen los permisos de conexión para instalaciones de hasta 15 kilovatios y se está trabajando para homogeneizar y simplificar los permisos urbanísticos.

Esto ha supuesto grandes cambios y un gran crecimiento en la oferta para la generación de energía solar a partir de las placas fotovoltaicas.

El Ministerio apuesta por las energías renovables, impulsando una energía verde y sostenible, además de fomentar el autoconsumo eliminando el conocido impuesto al sol, así como otros limitantes. Con estos cambios desde el sector de las energías renovables consideran que existe una oportunidad de mejorar la situación que tiene España respecto a otros países europeos en este sector que en algunas cuestiones se encuentran más aventajados.

Entre los años 2016 - 2020, en España, la capacidad instalada de este tipo de energía aumentó un 20% según el informe la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) y este crecimiento estuvo liderado por la fotovoltaica. Según concluyen en el informe sobre el Estudio del impacto macroeconómico de las Energías Renovables en España, cada vez se instala este tipo de energía con costes más bajos, hasta el punto de que el coste de este tipo de instalación está confluyendo con el coste de las energías tradicionales.

En cuanto al sector solar fotovoltaico en España, un informe de Unión Española Fotovoltaica (UNEF) anual sobre las energías fotovoltaicas apunta a que ha crecido en potencia instalada un 135% en el último año, algo que se considera un cambio de rumbo del sector a tener muy en cuenta. Esto se debe a varios motivos, según concluyen, entre ellos a la mayor competitividad tecnológica y abaratamiento de costes, la subasta de renovables presentada por el gobierno, los objetivos marcados por la Unión Europea para fomentar este tipo de tecnologías en el mix energético global y la concienciación sobre el desarrollo del autoconsumo como medida de ahorro energético.

Según los datos de la UNEF, la fotovoltaica en España, en enero de 2020, representó el 3,5% del mix eléctrico. Además el este sector da empleo a unas 60.000 personas y este sector contribuye directamente al 0.24% del PIB.

El 2019 se generó un impacto económico de 3.540 M € debido a las exportaciones del sector fotovoltaico según la UNEF.

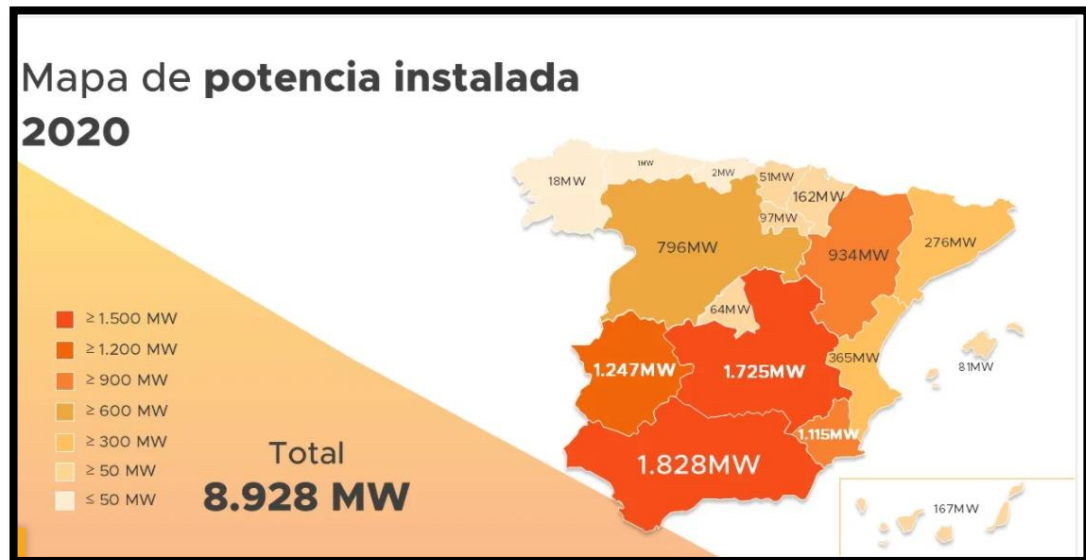


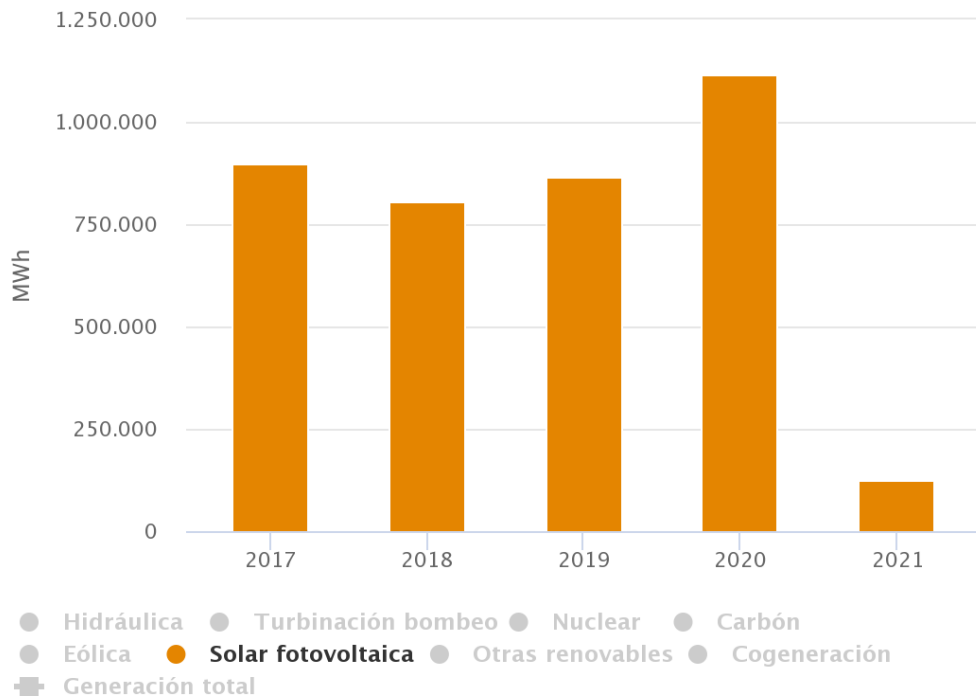
Figura 10. Mapa de potencia instalada en España, Enero 2020. (Fuente. REE- Red Eléctrica Española)

Podemos observar como Castilla la Mancha y Andalucía son las comunidades con mayor generación de energía eléctrica con 1725 MW y 1828 MW respectivamente.

Ha llegado en los últimos años un cambio de mentalidad por parte del consumidor, en la que ven el autoconsumo como una forma de ahorro de cara al futuro y donde el instalador tiene una nueva oportunidad de negocio.

La energía solar está dando pasos agigantados y su crecimiento está transformando el mundo en los últimos años. Desde hace tiempo se está viviendo un cambio mundial en cuanto a la generación y uso de las energías renovables y van reemplazando a las tradicionales. Un cambio de rumbo que comenzó con el protocolo de Kyoto, donde se llegó a un acuerdo internacional con el principal objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Y que continuó con el compromiso que alcanzó la unión Europea en 2011 en materia de cambio climático. En el que se estableció

como objetivo la reducción de las emisiones de CO₂ entre un 80% y 95% entre 2050- 2100.



Fuente: www.ree.es

Figura 11. Estructura de la generación de energía solar fotovoltaica (MWh) en Castilla y León. (Fuente REE)

2.1 Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC).

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) es una serie de objetivos planteados por el Gobierno de España con el fin de cumplir los objetivos previstos por la Unión Europea para 2030 y con fin último de descarbonización en 2050. Esta serie de objetivos de cara 2030 según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en España son los siguientes:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a 1990 un 23%.

- Que las energías renovables supongan el 42% sobre el consumo total de energía bruta.
- Mejorar la eficiencia en un 39,5% tanto en el sector residencial como en el industrial.
- Reducir el grado de dependencia energética del exterior de un 74% a un 61% en 2030.

Esta serie de medidas afecta tanto a la ciudadanía, como a pymes e industrias.

En 2030, el PNIEC, pretende conseguir una potencia total instalada en el sector eléctrico de 161 GW, muy por encima de los 105 GW actuales, de los que 39 GW serán de solar fotovoltaica.

| Parque de generación del Escenario Objetivo (MW) | | | | |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Año | 2015 | 2020* | 2025* | 2030* |
| Eólica (terrestre y marítima) | 22.925 | 28.033 | 40.633 | 50.333 |
| Solar fotovoltaica | 4.854 | 9.071 | 21.713 | 39.181 |
| Solar termoeléctrica | 2.300 | 2.303 | 4.803 | 7.303 |
| Hidráulica | 14.104 | 14.109 | 14.359 | 14.609 |
| Bombeo Mixto | 2.687 | 2.687 | 2.687 | 2.687 |
| Bombeo Puro | 3.337 | 3.337 | 4.212 | 6.837 |
| Biogás | 223 | 211 | 241 | 241 |
| Otras renovables | 0 | 0 | 40 | 80 |
| Biomasa | 677 | 613 | 815 | 1.408 |
| Carbón | 11.311 | 7.897 | 2.165 | 0 |
| Ciclo combinado | 26.612 | 26.612 | 26.612 | 26.612 |
| Cogeneración | 6.143 | 5.239 | 4.373 | 3.670 |
| Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares) | 3.708 | 3.708 | 2.781 | 1.854 |
| Residuos y otros | 893 | 610 | 470 | 341 |
| Nuclear | 7.399 | 7.399 | 7.399 | 3.181 |
| Almacenamiento | 0 | 0 | 500 | 2.500 |
| Total | 107.173 | 111.829 | 133.802 | 160.837 |

Figura 12. Evolución de la potencia instalada de energía eléctrica (MW)

Los datos 2025 y 2030 son estimaciones del Escenario Objetivo del borrador actualizado del PNIEC.

Actualmente, en España, el sector fotovoltaico se encuentra completamente comprometido con la sostenibilidad y así reducir, todo lo posible, el impacto ambiental generado por las instalaciones fotovoltaicas.

En cuanto al marco normativo español y europeo, en relación con el sector energético y producción eléctrica, es muy amplio. Principalmente se centra en la sostenibilidad energética, la estabilidad económica y la competencia de mercados.



Prestamos especial importancia al Real Decreto 244/2019, 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

3 Capítulo 3. Real Decreto 244/2019, de 5 de abril.

[La Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico \(Anexo 1\)](#), define el autoconsumo como el consumo de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación conectadas en el interior de una red de un consumidor o a través de una línea directa de energía eléctrica asociadas a un consumidor.

[El Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica \(Anexo 2\)](#), pretende facilitar el autoconsumo y favorecer al sistema eléctrico, energético, la economía y a los consumidores.

En artículo 4 del Real Decreto 244/2019 se establece una **clasificación de modalidades de autoconsumo**:

- **Modalidad de suministro de autoconsumo sin excedentes:** En este tipo modalidad, la instalación dispone de un mecanismo de antivertido a la red que impide la inyección de energía excedentaria. Podrán ser instalaciones individuales o colectivas y se conectarán a la red interior de los consumidores.

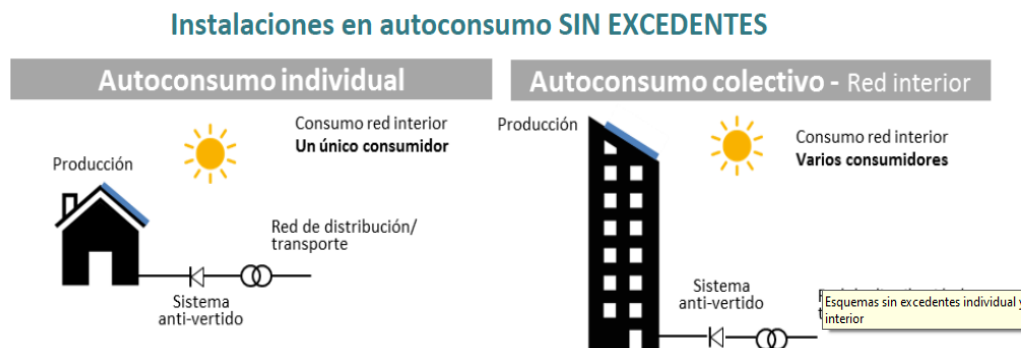


Figura 13. Esquema de instalaciones de autoconsumo sin excedentes. (Fuente. Guía IDAE de autoconsumo).

- **Modalidad de suministro de autoconsumo con excedentes:** En esta modalidad las instalaciones de producción próximas y asociadas a las de consumo podrán, además de suministrar energía para el autoconsumo, inyectar energía excedentaria a las redes de transporte y distribución.

Podrán ser instalaciones individuales o colectivas y podrán conectarse a la red interior de los consumidores o a la red de distribución.

La modalidad de suministro con excedentes se divide en:

a) Modalidad con excedentes acogida a compensación:

Pertencen a esta modalidad, aquellos casos en los que voluntariamente el consumidor y el productor opten por acogerse a un mecanismo de compensación de excedentes siempre que se cumplan una serie de requisitos:

- i. La fuente de energía sea de origen renovable.
- ii. La potencia total producida no sea superior a 100 KW.
- iii. Contrato único entre consumidor y auxiliares.
- iv. El consumidor y productor hayan suscrito un contrato de compensación de excedentes.
- v. La instalación no tenga otro régimen retributivo adicional.

b) Modalidad con excedentes no acogida a compensación:

Pertencen a esta modalidad, todos los casos de autoconsumo que no cumplan alguno de los requisitos anteriores.



Figura 14. Esquema de instalaciones de autoconsumo con excedentes. (Fuente. Guía IDAE de autoconsumo).

En el **capítulo IV** se establecen los requisitos de medida y gestión de la energía. Todas las modalidades de autoconsumo deberán disponer de los equipos de medida necesarios para facturar correctamente los precios, tarifas, cargos, peajes de acceso y otros costes y servicios del sistema que resulten.



Todos los consumidores acogidos a cualquier modalidad de autoconsumo deben disponer de un equipo de medida bidireccional en el punto de frontera.

Además se debe disponer de un equipo de medida que registre la generación neta.

En alguno de estos casos anteriores, estos equipos de medida pueden ser sustituidos por otros tipos de equipos si las instalaciones presentan algunas particularidades.

En el artículo 11 se especifica que los puntos de medida de las instalaciones acogidas a modalidad de autoconsumo se ajustarán a los requisitos y condiciones establecidos en el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto.

En el **capítulo VI** del Real Decreto 244/2016, se explica la aplicación de peajes de acceso a las redes de transporte y distribución y cargos a las modalidades de autoconsumo.

En el artículo 16 se cita que en la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación, los titulares de las instalaciones de producción, deberán satisfacer los peajes de acceso establecidos en el Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por la energía horaria excedentaria vertida.

Mientras que en el artículo 17 del presente Real Decreto, se especifica que, de acuerdo con el artículo 9.5 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, la energía autoconsumida de origen renovable, cogeneración o residuos estará exenta de todo tipo de peajes.

En el **capítulo VII**, artículo 19, se explica cómo proceder a realizar el registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica. Este registro se realizará según lo previsto en el artículo 9.4 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

El registro se realiza de forma telemática y corresponde a la Administración del Estado, a través de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica.



En el artículo 22, se explica que la Administración General del Estado realizará inspecciones en colaboración con los órganos competentes de las comunidades autónomas.

En el **Capítulo VII**, artículo 23, disposición adicional segunda, se establece que se debe hacer una remisión de información relativa de las instalaciones de autoconsumo.

En el Real Decreto se explica que antes del 31 de marzo de cada año, los gestores de las redes de transporte y distribución deben remitir a la Dirección General de Política Energética y Minas la siguiente información relacionada con las instalaciones de autoconsumo conectadas a las redes:

- I. Número de instalaciones.
- II. Potencia instalada.
- III. Energía vertida.

Se establece una clasificación a efectos de lo anterior, especificando los siguientes rangos:

A. Niveles de tensión:

- Baja tensión: hasta 1 KV.
- Media tensión: mayor de 1kV y menor a 36kV.
- Alta tensión: mayor a 36kV y menor a 220kV.
- Muy alta tensión: igual o superior a 220kV.

B. Rangos de potencia instalada:

- Menor que 20kW.
- Entre 20 kW y 1 MW.
- Superior a 1MW.

El Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, finaliza con dos anexos:

En el **Anexo I**, se proceden a explicar los sistemas para evitar el vertido de la energía a la red eléctrica. Para ello se podrá utilizar un elemento de corte o de limitación de corriente o sistemas de medida que habiliten la desconexión de la generación de la red situados aguas arriba de la instalación generadora.



En el **anexo II** se muestra la estructura del registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica y de los datos que deberán ser remitidos por las Comunidades Autónomas.

4 Capítulo 4. Aulario IndUVa.

El aulario IndUVa, situado en el Campus Esgueva de la Universidad de Valladolid, forma parte de la reforma de la antigua facultad de ciencias. Este edificio anexionado a la Facultad de Ciencias, actualmente en reforma, se convierten en la Sede Mergelina de la Escuela de Ingenierías Industriales.

El aulario IndUVa tiene un fin docente, formado por seis plantas y un pequeño sótano, alberga 34 aulas hasta alcanzar una ocupación máxima en torno a 2500 alumnos. La superficie total construida es de 5.845,93 m² y desde septiembre de 2018 se encuentra en uso. Este edificio busca la conexión con otros edificios universitarios así como un entorno verde de arbolado y jardines que lo complementan.

Una característica que hace diferente este edificio es su eficiencia energética, mediante un diseño basado en el clima y en los sistemas pasivos. El aulario IndUVa busca aprovechar los recursos que ofrece su ubicación mediante un análisis del clima, de la parcela y de sus alrededores beneficiándose de la energía solar, del terreno, de la vegetación y el agua. El diseño incorpora materias de construcción de baja toxicidad (sin COV compuestos orgánicos volátiles) minimizando contaminantes y así se pretende evitar impactos negativos en la salud. La utilización de materiales ecológicos, con alto contenido de material reciclado, pretende mejorar el confort térmico y acústico reduciendo la huella ecológica del edificio.

4.1 Sistemas pasivos.

- **Compacidad:** La forma compacta del edificio reduce la superficie en contacto con el exterior, lo que permite minimizar las pérdidas y aprovechar la ganancia solar.
- **Orientación:** El edificio cuenta con grandes ventanales orientados noreste y sureste. En ambas fachadas aparecen parasoles que evitan deslumbramientos.
- **Iluminación natural:** Los parasoles junto con los grandes ventanales favorecen la entrada de luz natural. Las aulas con poca iluminación natural se complementan con el sistema Parans, encargado de introducir luz natural, captada en la cubierta, mediante fibra óptica.

- Biodiversidad: La implantación de cubiertas verdes en el edificio favorecen el aislamiento térmico del edificio, protegen de la luz UV, crea hábitats de vida silvestre, etc.
- Materiales de cambio de fase: Algunas aulas se han cubierto con materiales compuestos de yeso y microcápsulas de micronal encargados de disminuir algunos grados de temperatura en el interior.

4.2 Energías renovables.

- Calefacción de distrito: El aula IndUva está conectado con la red de calor de biomasa de la Universidad.
- Pozos canadienses: Este tipo de instalación geotérmica permite aprovechar las temperaturas estables de la capa superficial del subsuelo, proporcionando al edificio temperamiento en invierno y menores temperaturas en verano. Esta técnica consiste en enterrar unos conductos a unos metros del subsuelo y hacer circular aire por ellos, intercambiando aire del exterior con el interior del edificio. De esta forma se aprovecha el comportamiento térmico del subsuelo, que debido a su gran masa, mantiene una gran estabilidad térmica, evitando así los picos de frío y de calor.

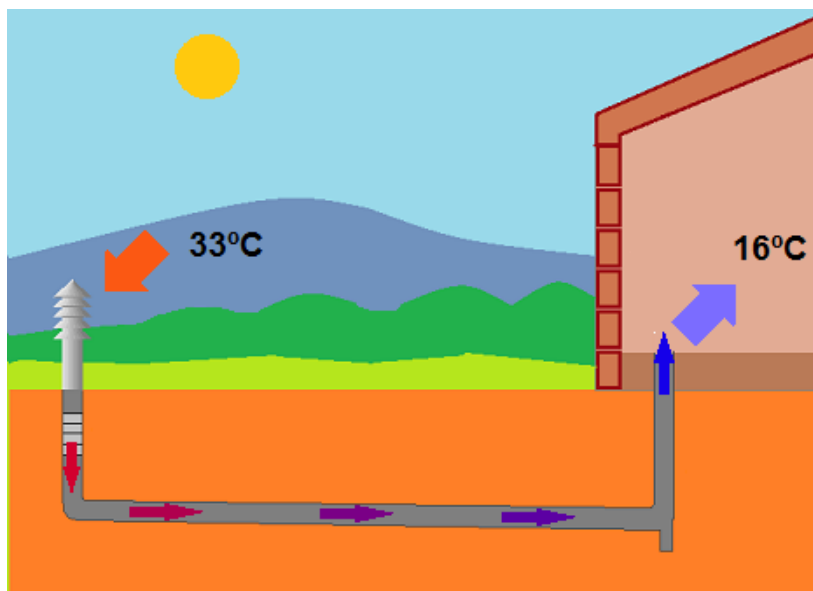


Figura 15. Esquema de un pozo canadiense o provenzal, funcionamiento en verano. (Fuente. Sitiosolar)

- Placa solar fotovoltaica

4.3 Placa solar fotovoltaica integrada en la fachada del edificio.

En la fachada sur-este del edificio se encuentra situada la placa fotovoltaica. La instalación cuenta con 272 paneles dispuestos en posición vertical formando 90° respecto a la horizontal del suelo.

Las células solares están formadas por Teluro de Cadmio (CdTe). Esta nueva tecnología consiste en una delgada capa semiconductor diseñada para absorber y convertir la luz solar en electricidad. Una de las ventajas principales es el menor coste comparado con las placas convencionales de silicio cristalino. Además este tipo de tecnología tiene una huella de carbono más pequeña y de todas las tecnologías solares presenta el menor tiempo en cuanto a amortización.



Figura 16. Placa fotovoltaica situada en la fachada sur-este del Aulario IndUva de la Universidad de Valladolid.

Otra de las grandes ventajas del Teluro de Cadmio es el alto rendimiento que genera, así como una gran fiabilidad, llegando a durar, este tipo de módulos, más de 25 años. Además estas instalaciones son respetuosas con el medio ambiente, ya que la reducción de emisiones de contaminante atmosféricos y gases de efecto invernadero es mínima en comparación con la red eléctrica actual.

Cada uno de los paneles fotovoltaicos cuenta con una superficie de 1200mm x 600mm y con un espesor de 6,9 mm, ocupando una superficie total de 205,269 m² de la fachada sur-este del edificio. El peso de cada panel es de 12 kg y las cajas de conexiones presentan un grado de protección IP65 haciendo referencia a la norma internacional CEI 60529 Degrees of Protection.

El azimut de la instalación es de -45° ya que la fachada se encuentra orientada aproximadamente a 45 ° Este del Sur.

4.3.1 INVERSOR FRONIUS SYMU.

El inversor Fronius Symu 20.0-3-M se ha instalado en la instalación fotovoltaica del Aulario IndUVa. Es un inversor CC – CA encargado de transformar la corriente continua generada en el módulo solar en corriente alterna como se ha explicado previamente en el apartado 1.3.2.

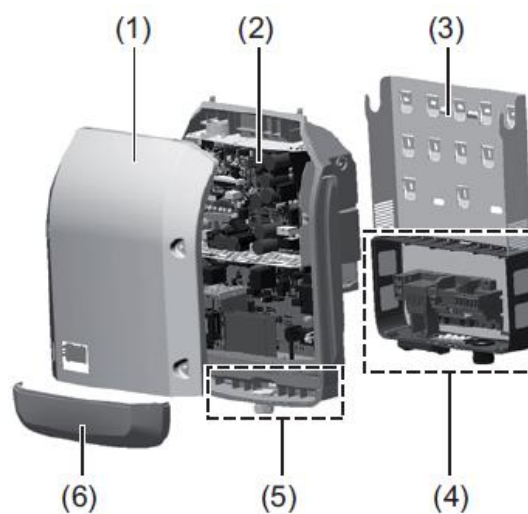


Figura 17. Partes del inversor Fronius Symu.



- (1) Tapa de la caja.
- (2) Inversor.
- (3) Soporte mural.
- (4) Zona de conexión incluyendo el interruptor principal CC
- (5) Zona de conexión de datos.
- (6) Cubierta de la comunicación de datos.

Este tipo de inversor tiene una potencia de salida nominal de 20000 W, dato que caracteriza al inversor y en este trabajo adquiere gran importancia. Este es necesario tenerlo en cuenta para tramitar y legalizar la instalación fotovoltaica.

El inversor Fronius Symu 20.0-3-M ofrece el máximo de seguridad durante su montaje y servicio.

Presenta un sistema completamente automático capaz de realizar distintas funciones:

- Es capaz de monitorizar la red después del alba analizando si hay suficiente energía en los módulos solares. Si la irradiación solar es insuficiente comienza a suministrar energía a la red.
- Analizando la tensión y la frecuencia de la red pública es capaz de analizar si se ha producido alguna situación anómala en la misma. En este caso, el inversor, detiene automáticamente el servicio.
- Es capaz de regular la potencia de salida en determinadas condiciones. Por ejemplo si se produce un aumento de temperatura, este reduce automáticamente la potencia de salida por seguridad. Este aumento de temperatura es posible que se produzca por una elevada temperatura ambiente o por una disipación de calor insuficiente.
- Si la oferta energética no es suficiente para alimentar la red, el inversor interrumpe por completo la conexión entre la electrónica conductora y la red y detiene el servicio. Se mantienen todos los ajustes y datos memorizados.

Las características técnicas del inversor Fronius Symo 20.0-3-M se muestran a continuación en la siguiente tabla:

A continuación se presenta una tabla con las características técnicas del inversor del Aulario IndUVa Fronius Symu 20.0-3-M:

| Fronius Symo | 15.0-3-M | 17.5-3-M | 20.0-3-M |
|--|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Datos de entrada | | | |
| Gama de tensión MPP | 320 - 800 V CC | 370 - 800 V CC | 420 - 800 V CC |
| Máxima tensión de entrada (con 1000 W/m ² / -10 °C en marcha sin carga) | 1000 V CC | | |
| Mínima tensión de entrada | 200 V CC | | |
| Máxima corriente de entrada (MPP1 / MPP2) (MPP1 + MPP2) | 33,0 / 27,0 A 51,0 A | | |
| Máxima corriente de cortocircuito de los módulos solares (I _{SC PV}) (MPP1 / MPP2) | 49,5 / 40,5 A | | |
| Máxima corriente de retroalimentación ⁴⁾ | 49,5 / 40,5 A | | |
| Datos de salida | | | |
| Potencia de salida nominal (P _{nom}) | 15000 W | 17500 W | 20000 W |
| Máxima potencia de salida | 15000 W | 17500 W | 20000 W |
| Tensión de red nominal | 3~ NPE 400 / 230 V o 3~ NPE 380 / 220 | | |
| Mínima tensión de red | 150 V / 260 V | | |
| Máxima tensión de red | 280 V / 485 V | | |
| Corriente de salida nominal con 220 / 230 V | 22,7 / 21,7 A | 26,5 / 25,4 A | 30,3 / 29 A |
| Máxima corriente de salida | 32 A | | |
| Frecuencia nominal | 50 / 60 Hz ¹⁾ | | |
| Coefficiente de distorsión no lineal | < 1,5 % | < 1,5 % | < 1,25 % |
| Factor de potencia Cos phi | 0 - 1 ind./cap. ²⁾ | | |
| Máxima corriente de falta de salida por período de tiempo | 64 A / 2,34 ms | | |
| Datos generales | | | |
| Máximo rendimiento | 98 % | | |
| Rendimiento Rendimiento U _{DCmin} / U _{DCnom} / U _{DCmax} | 96,2 / 97,6 / 97,1 % | 96,4 / 97,7 / 97,2 % | 96,5 / 97,8 / 97,3 % |

Tabla 1. Características técnicas del inversor solar Fronius Symo.

| Fronius Symo | 15.0-3-M | 17.5-3-M | 20.0-3-M |
|---|--|----------|----------|
| Autoconsumo nocturno | 0,7 W & 117 VA | | |
| Refrigeración | Ventilación forzada regulada | | |
| Tipo de protección | IP 66 | | |
| Dimensiones (altura x anchura x longitud) | 725 x 510 x 225 mm | | |
| Peso | 43,4 kg / 43,2 kg | | |
| Temperatura ambiente admisible | - 25 °C - +60 °C | | |
| Humedad del aire admisible | 0 - 100 % | | |
| Clase de aparato CEM | B | | |
| Categoría de sobretensión CC / CA | 2 / 3 | | |
| Grado de suciedad | 2 | | |
| Emisión de ruido | 65 dB(A) (ref. 1pW) | | |
| Dispositivos de protección | | | |
| Medición del aislamiento CC | Integrada | | |
| Comportamiento en caso de sobrecarga CC | Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia CC | | |
| Seccionador CC | Integrado | | |
| Monitorización de corriente de falta | Integrada | | |

Tabla 2. Características técnicas del inversor solar Fronius Symo.

4.4 Estudio previo de la placa solar fotovoltaica.

En el año 2020, Clara Martín Sobrino, ingeniera eléctrica, realizó un estudio mediante el programa informático de simulación PVSYST, durante su trabajo fin de carrera, Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del Real Decreto 244/2019 de Autoconsumo.

Este estudio consistía en simular la energía producida por la placa fotovoltaica situada en el Aulario IndUva. De esta forma se pretenden analizar los resultados tanto energéticos como económicos y así elegir la modalidad de autoconsumo que mejor se adapte a las necesidades del edificio.

En primer lugar, se realizó un estudio gráfico de la producción fotovoltaica y el consumo eléctrico de un día lectivo en septiembre.

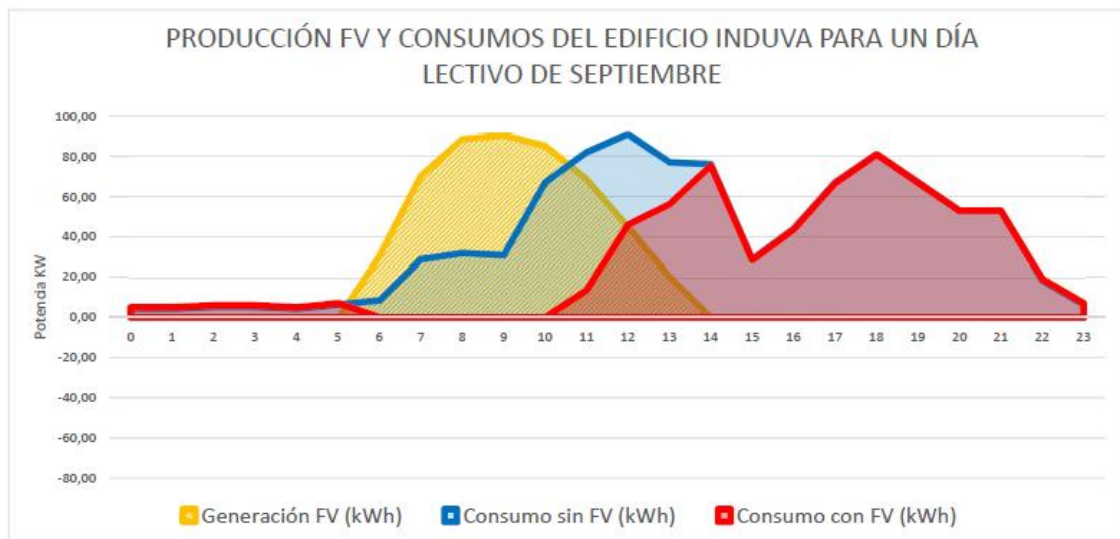


Figura 18. Producción fotovoltaica y consumos del edificio para un día lectivo en Septiembre. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)

En el gráfico de la figura 18 se representa la curva de consumo para una modalidad de Autoconsumo sin excedentes. En esta modalidad de autoconsumo no existen valores negativos, ya que no se vierte la energía excedentaria a la red, gracias a un sistema antivertido.

Se puede observar que a partir del amanecer (5 am - 6 am) comienza a generarse energía fotovoltaica (curva amarilla) y el consumo del edificio es nulo (curva roja) hasta las 10 am o 11 am aproximadamente. Durante estas horas la energía fotovoltaica producida es mayor que la energía FV consumida (curva azul).

A partir de las 11 am, el consumo del edificio es mayor que la energía FV que se produce. En este caso la energía generada no es suficiente para cubrir todos los consumos y se debe comprar energía a la red.

La curva roja, consumo con fotovoltaica (KWh), es la resultante de restar los datos de consumo sin FV y los datos de generación FV. Se puede observar que a partir de las 14:00 h, la gráfica roja se superpone con la azul, ya que no hay generación fotovoltaica y toda la energía consumida se debe comprar a la red.

Durante la noche, no se produce energía FV y además el consumo del edificio es mínimo.

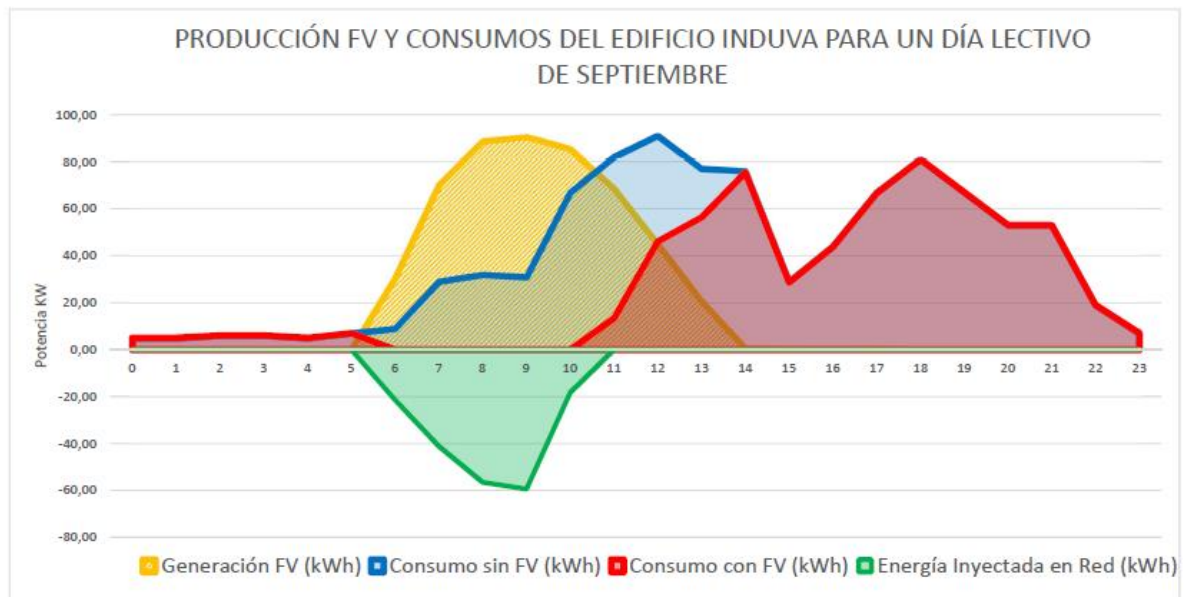


Figura 19. Producción fotovoltaica y consumos del edificio para un día lectivo en septiembre. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)

En la figura 19 se muestra la producción fotovoltaica acogida a un modelo de producción con excedentes. La gráfica verde negativa muestra la energía sobrante que se suministra a la red.

Se puede observar que la energía excedentaria se produce cuando las curvas de generación de FV y de consumo se cruzan. Cuando la generación de FV es mayor que el consumo del edificio, la energía sobrante se inyecta a la red.

A continuación, la autora, realizó una representación gráfica de cada uno de los meses del año. En las siguientes figuras se muestran los meses del año más característicos y que presentan diferencias mayores con meses más comunes como septiembre.

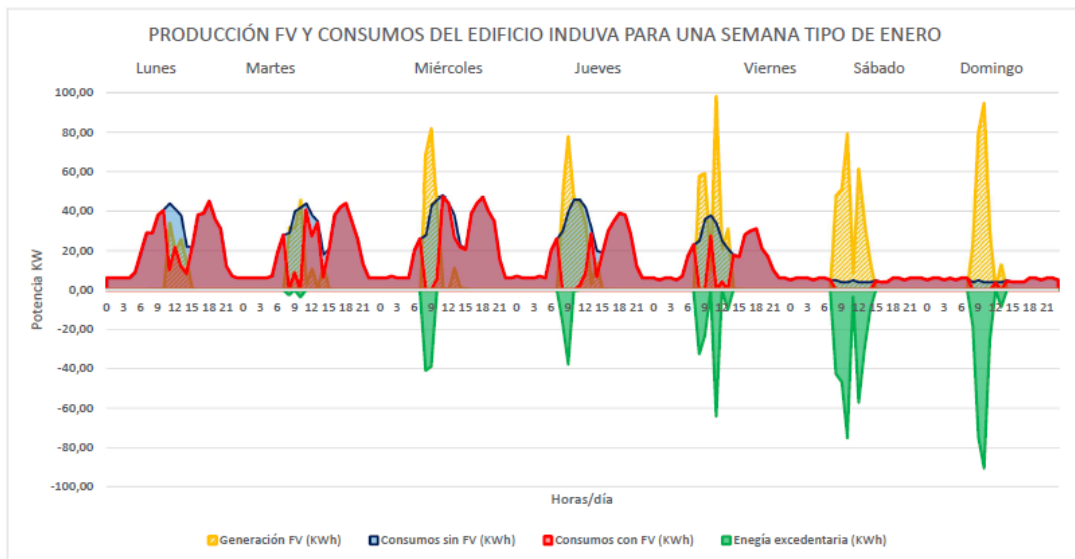


Figura 20. Representación de la producción fotovoltaica y los consumos del edificio IndUVA para una semana tipo de enero. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)

En la figura 20, se representa el mes de enero. En este mes se producen pocas horas de luz al día. La generación de energía FV aparece entre las 8 am y las 15:00 h aproximadamente. Se puede observar que durante la semana, de lunes a jueves, la energía excedentaria (gráfica verde) es mínima o incluso nula, ya que se genera poca FV y además la demanda eléctrica del edificio es muy elevada debido a las pocas horas de luz.

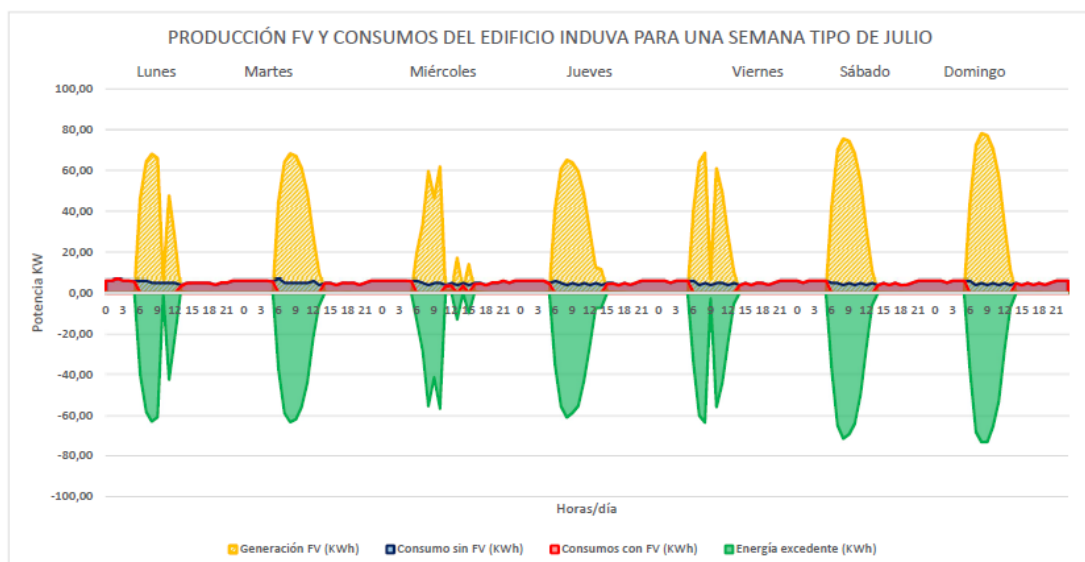


Figura 21. Representación de la producción FV y los consumos del edificio IndUVA para una semana tipo de julio. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)

Por otro lado, en la figura 21, se representa la producción de FV en el mes de julio. En este mes la actividad lectiva del edificio es mínima, mientras que al ser un mes de verano, las horas de luz y de radiación solar aumentan considerablemente. Por lo tanto, la generación de fotovoltaica es mucho mayor que el consumo del edificio, esto se traduce en una producción muy elevada de energía excedentaria.

En segundo lugar, en el Trabajo Fin de Grado, Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del Real Decreto 244/2019 de Autoconsumo, se realizó un estudio económico. En este estudio se realiza una comparación entre las diferentes modalidades de autoconsumo y así poder escoger la que más rentabilidad produzca.

Autoconsumo con excedentes acogido a compensación:

El ahorro mensual se ha calculado de la siguiente forma:

$$\text{Ahorro mensual (€)} = \text{Coste sin FV} - \text{coste con FV} + \text{ingresos de E. excedentaria} - \text{amortización FV.}$$

| | COSTE FACTURA MENSUAL SIN FV (€) | COSTE FACTURA MENSUAL CON FV (€) | INGRESOS MENSUALES POR COMPENSACION DE EXCEDENTES (€) | COSTE FACTURA MENSUAL COMPENSADA | AMORTIZACIÓN PLANTA FV (€) | AHORRO MENSUAL Autoconsumo con excedentes (€) |
|------------|----------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------|---|
| ENERO | 2326 | 1931 | 134 | 1796 | 167 | 363 |
| FEBRERO | 2217 | 1471 | 100 | 1371 | 167 | 679 |
| MARZO | 2164 | 1564 | 264 | 1300 | 167 | 697 |
| ABRIL | 1488 | 1019 | 324 | 695 | 167 | 626 |
| MAYO | 1884 | 1228 | 291 | 937 | 167 | 780 |
| JUNIO | 1459 | 990 | 293 | 697 | 167 | 595 |
| JULIO | 395 | 252 | 532 | 0 | 167 | 508 |
| AGOSTO | 371 | 241 | 467 | 0 | 167 | 430 |
| SEPTIEMBRE | 2312 | 1829 | 247 | 1582 | 167 | 564 |
| OCTUBRE | 1848 | 1202 | 178 | 1024 | 167 | 658 |
| NOVIEMBRE | 1429 | 1071 | 143 | 928 | 167 | 334 |
| DICIEMBRE | 1100 | 835 | 244 | 592 | 167 | 98,00 |

Tabla 3. Costes facturas mensuales y ahorro mensual producido con la modalidad de Autoconsumo CON Excedentes acogido a Compensación. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)

En la tabla 3 se recoge el coste de la factura correspondiente al consumo sin la energía generada en la planta fotovoltaica, el coste de la factura teniendo en cuenta la generación fotovoltaica, la cantidad monetaria que se compensaría en la factura por compensación con excedentes, el importe mensual que supone la inversión de la planta, el coste una vez restada la compensación de excedentes y el ahorro conseguido.

En el autoconsumo con excedentes podemos observar que se produce un beneficio en la factura de la luz. En el mes de julio se produce el mayor ingreso llegando a valores próximos a 532€.

Autoconsumo sin excedentes:

El ahorro mensual se ha calculado de la siguiente forma:

Ahorro mensual (€) = Coste sin FV – coste con FV – amortización FV.

| | COSTE FACTURA MENSUAL SIN FV (€) | COSTE FACTURA MENSUAL CON FV (€) | AMORTIZACIÓN PLANTA FV (€) | AHORRO MENSUAL Autoconsumo SIN excedentes (€) |
|------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---|
| ENERO | 2326 | 1931 | 167 | 228 |
| FEBRERO | 2217 | 1472 | 167 | 578 |
| MARZO | 2164 | 1564 | 167 | 433 |
| ABRIL | 1488 | 1020 | 167 | 301 |
| MAYO | 1884 | 1229 | 167 | 489 |
| JUNIO | 1459 | 991 | 167 | 302 |
| JULIO | 395 | 252 | 167 | 0 |
| AGOSTO | 371 | 242 | 167 | 0 |
| SEPTIEMBRE | 2313 | 1829 | 167 | 317 |
| OCTUBRE | 1849 | 1203 | 167 | 479 |
| NOVIEMBRE | 1429 | 1071 | 167 | 192 |
| DICIEMBRE | 1100 | 835 | 167 | 98 |

Tabla 4. Costes facturas y ahorro mensual producido con la modalidad de Autoconsumo SIN Excedentes acogido a Compensación. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)

Comparando ambas tablas (tabla 3 y tabla 4), claramente podemos observar que el ahorro mensual producido por la modalidad de autoconsumo con excedentes acogido a compensación es mayor.

Por otra parte, el autoconsumo sin excedentes también presenta algunas ventajas:

- La realización de trámites administrativos y la legalización con este tipo de modalidad es más sencilla.
- Esta modalidad también permite la instalación de baterías o acumuladores siendo una alternativa muy interesante.

A continuación se muestra una gráfica comparativa de los costes de la factura de la electricidad entre el coste sin fotovoltaica, el coste de la factura para una modalidad sin excedentes y una modalidad con excedentes acogida a compensación:

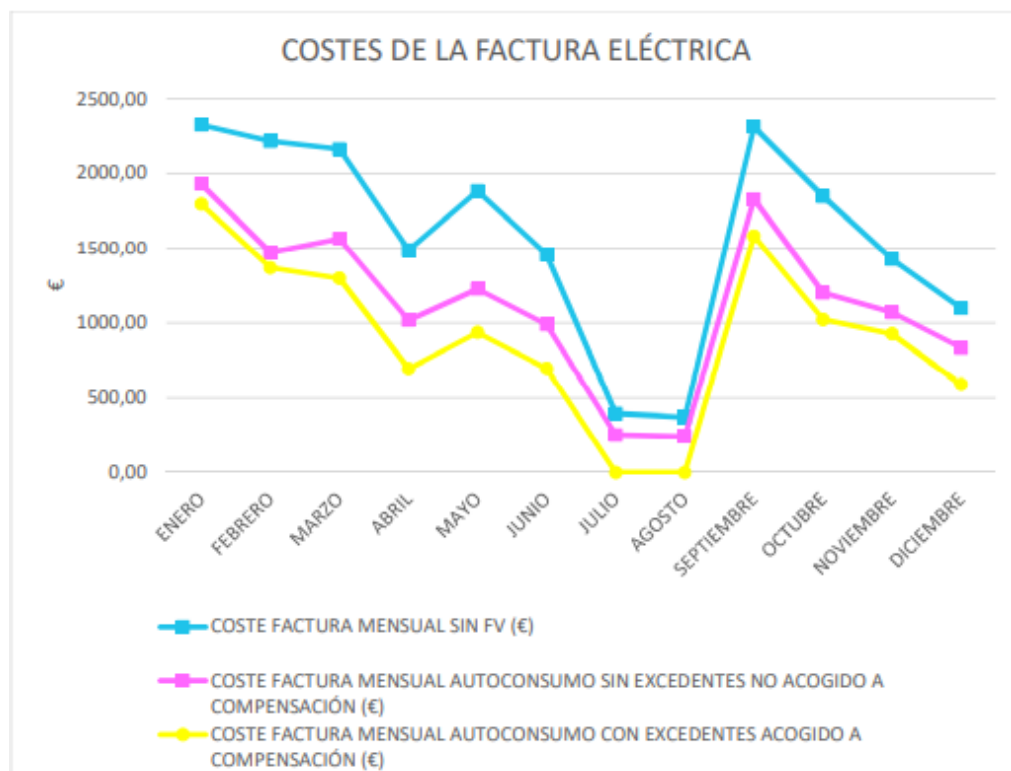


Figura 22. Representación de los costes de la factura eléctrica sin generación FV, modalidad sin excedentes y modalidad con excedentes acogido a compensación. (Fuente: Sobrino, Clara. Integración de Planta Fotovoltaica en Edificio al amparo del RD 244/2019 de autoconsumo)

Teniendo en cuenta el punto de vista económico y energético basándonos en los gráficos y en las tablas anteriores se puede afirmar que la modalidad de autoconsumo elegida es una **modalidad de Autoconsumo CON Excedentes acogida al Mecanismo de Compensación**.

5 Capítulo 5. Tramitación y legalización.

5.1 Definiciones.

Antes de entrar en materia, se presentan algunas definiciones de interés:

- **Autoconsumo colectivo:** Es una instalación de placas fotovoltaicas compartida entre varios participantes.
- **Código de autoconsumo (CAU):** Código que identifica el kit de autoconsumo solar. Este código de de identificación es suministrado por la empresa distribuidora.
- **Instalación aislada:** Aquella en la que no existe en ningún momento capacidad física de conexión eléctrica con la red de transporte o distribución ni directa ni indirectamente a través de una instalación propia o ajena. Las instalaciones desconectadas de la red mediante dispositivos interruptores o equivalentes no se considerarán aisladas a los efectos de la aplicación de este real decreto”, de acuerdo con la definición establecida en el artículo 3.d) del Real Decreto 244/2018, de 5 de abril.
- **Instalación conectada a la red:** Aquellas instalaciones en la que el vertido de energía eléctrica se realiza directamente a la red.
- **Instalación de generación:** Instalación, que a partir de una de una fuente de energía primaria, se encarga de la producción de energía eléctrica.
- **Instalación de producción:** Son aquellas instalaciones de generación inscritas en el registro administrativo de instalaciones de producción eléctrica del Ministerio para la transición ecológica.

También son aquellas instalaciones de generación que aún no están inscritas en el registro de producción pero cumplen una serie de requisitos según la Ley 24/2013, de 26 diciembre, del sector eléctrico, artículo 9.3:

- Tengan una potencia inferior a 100 W.
- Se encuentren asociadas a cualquier modalidad de autoconsumo.

- Inyecten energía excedentaria en las redes de transporte y distribución.

- **Mecanismo de antivertido:** Dispositivo o conjunto de dispositivos que impiden en todo momento el vertido de energía eléctrica a la red. Estos dispositivos están obligados a cumplir la normativa de seguridad y calidad que le sea de aplicación. En el caso de BT deben cumplir lo previsto en la ITC-BT-40.

- **Potencia instalada:** Según el RD 244/2019, de 5 de abril, se entiende por potencia instalada, en el caso de instalaciones fotovoltaicas, la potencia máxima del inversor o la suma de las potencias máximas de los inversores.

- **Red interior:** Es el conjunto de conductores, equipos activos y elementos de conexión necesarios para dar servicio a una red receptora.

- **Saldo neto horario:** Es la diferencia entre los consumos de energía procedentes de la red de distribución y los excedentes del autoconsumo cedidos a la red. Se calcula cada hora para cada uno de los consumidores asociados a la instalación de autoconsumo.

- **Servicios auxiliares de producción:** Suministros de energía eléctrica necesarios para proveer el servicio básico en cualquier régimen de funcionamiento de la instalación de generación. (RD 1110/2007, de 24 de agosto, artículo 3).

5.2 Autoconsumo con excedentes acogido a compensación.

Para la legalización y tramitación de la placa solar fotovoltaica situada en la fachada del Aulario IndUva se han seguido los pasos marcados por la [Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo \(Anexo 6\)](#) elaborada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) junto con el Grupo de Trabajo de Autoconsumo de ENERAGEN. Además esta Guía ha sido coordinada y revisada por el Departamento Solar del IDAE y por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO).

La Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo está configurada según el Real Decreto 244/2019 por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica y regula las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

En estudios previos realizados de la placa fotovoltaica de IndUva se ha llegado a la conclusión que la opción más conveniente en base a las características y el rendimiento de la placa es optar por un **autoconsumo con excedentes acogido a compensación**.

El proceso de tramitación consta de 17 pasos, divididos en dos grandes grupos: previos a la instalación y posteriores a la instalación.

Debido a las características de la placa solar de Aulario IndUva, la instalación quedará exenta de ciertos trámites.

5.2.1 ÍNDICE DE PASOS A SEGUIR.

Tramitación previa a la instalación:

1. [Diseño de la instalación.](#)
2. [Permisos de acceso y conexión y avales o garantías.](#)
3. [Autorización ambiental y de utilidad pública.](#)
4. [Autorización administrativa previa y de construcción.](#)
5. [Licencia de obras.](#)
6. [Ejecución de la instalación.](#)

Tramitación posterior a la instalación:

7. [Inspección inicial e inspecciones periódicas.](#)
8. [Certificados de las instalación y certificado fin de obra.](#)
9. [Autorización de Explotación.](#)
10. [Contrato de acceso para la instalación de autoconsumo.](#)
11. [Contrato de suministro de energía para servicios auxiliares.](#)
12. [Licencia de actividad.](#)
13. [Acuerdo de reparto y contrato de compensación con excedentes.](#)
14. [Inscripción en el registro autonómico de autoconsumo.](#)
15. [Inscripción de el Registro Administrativo de Autoconsumo de Energía Eléctrica.](#)
16. [Inscripción en el Registro Administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica \(RAIPRE\).](#)



17. [Contrato de venta de energía.](#)

A continuación se describirán detalladamente los trámites necesarios para la legalización y puesta en marcha de la placa fotovoltaica ante las administraciones y compañías eléctricas distribuidoras y comercializadoras.

5.2.2 Tramitación previa a la instalación.

A continuación se detallan los pasos de tramitación del 1-6 previos a la construcción de la instalación:

1. Diseño de la instalación:

La instalación del Aulario IndUVA tiene una potencia en el inversor de 20 KW conectada a Baja Tensión por lo que fue obligatorio la realización y redacción de un proyecto técnico firmado por un técnico titulado.

En el proyecto técnico aparece toda la información y documentación técnica de la instalación.

La empresa instaladora se encargó de realizar un estudio en el que se incluyera el cálculo del consumo eléctrico de los servicios auxiliares de la instalación (consumo de standby) y el porcentaje que estos equipos representan respecto a la energía neta generada por la instalación. (Detallado en el paso 11).

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

2. Permisos de acceso y conexión y avales o garantías:

Al tratarse una instalación con excedentes acogida a compensación fue obligatoria, en su día, la solicitud de permisos de acceso y conexión y por lo tanto fue necesaria la presentación de avales y garantías.

La placa fotovoltaica estudiada al tener una potencia de 20 KW, es decir, superior a 15 KW e inferior a 100KW, siguió el procedimiento



regulado por el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, artículo 4. A continuación se describen los pasos marcados por este RD:

(a) Solicitud de acceso y punto de conexión:

El promotor de la instalación remitió a la compañía distribuidora una solicitud en la que se reflejaba: el contacto del promotor; la ubicación de la instalación; el esquema unifilar de la misma; punto propuesto para realizar la conexión según el RD 1110/2007; una declaración responsable del propietario; las características y descripción de la instalación, así como la tecnología utilizada; y un justificante de garantía económica según lo previsto en el RD 1955/2000.

(b) Respuesta a la solicitud con la propuesta de condiciones de acceso y conexión.

La respuesta por parte de la empresa distribuidora se realizó en el plazo de un mes.

(c) Denegación de la solicitud:

En algunos casos se puede denegar la solicitud si no se cumplen los siguientes requisitos:

- (i) La potencia nominal máxima es inferior a la potencia de la instalación.
- (ii) Si no se cumplen determinados criterios de seguridad y continuidad del suministro.

(d) Vigencia:

Antes de la finalización de un plazo de tres meses, el solicitante debe informar a la empresa distribuidora de la aceptación de las condiciones propuestas.

(e) Reclamaciones:

En un plazo de 30 días si la empresa distribuidora o el solicitante no está de acuerdo con las condiciones de conexión.

(f) Plazo de ejecución:

Una vez aceptada la propuesta por ambas partes, el solicitante está en disposición de ejecutar la instalación sin necesidad de realizar una inscripción en el Registro



Administrativo, ya que posee una potencia en el inversor menor de 100KW.

(g) Condiciones económicas de la conexión:

Al ser una instalación de 20 KW debe estar sujeta al régimen económico vigente en el capítulo II del título IV del RD 1955/2000, de 1 de diciembre, y en los artículos 24 y 25 del RD 1048/2013, de 27 de diciembre.

(h) Cesión de instalaciones:

Este punto solo afecta a instalaciones utilizadas por más de un consumidor.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

3. Autorización ambiental y de utilidad pública:

En el caso de la instalación fotovoltaica del Aulario IndUVa no fue necesaria esta tramitación ambiental, ya que posee una potencia de 20KW, es decir, inferior a 100 KW y se trata de una instalación de autoconsumo con excedentes.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

4. Autorización administrativa previa y de construcción:

Según el Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, disposición adicional quinta (BOE nº 423 de 10 de octubre de 2015) las instalaciones de potencia menor o igual a 100 KW conectadas a Baja Tensión, como es el caso de la placa fotovoltaica analizada, quedan excluidas de la autorización previa y de construcción.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

5. Licencia de obras e impuesto de construcciones y obras:

La solicitud de licencia de obras es un trámite que se debe realizar según la normativa vigente de cada municipio.



En algunas instalaciones fotovoltaicas es suficiente con una declaración responsable de obra y una comunicación previa de obra.

La placa fotovoltaica del Aulario IndUVa se incluyó en el proyecto técnico de la obra del edificio, considerado obra mayor por el Ayuntamiento de Valladolid.

La solicitud de la licencia de obra se puede realizar de forma presencial en el Registro General del Ayuntamiento o a través de la Sede Electrónica del Ayuntamiento de Valladolid.

La documentación a presentar para la adquisición de la licencia de obra fue la siguiente:

- Solicitud debidamente cumplimentada.
- Cuestionario de estadística de edificación y vivienda.
- Justificante de abono de la tasa por prestación de servicios urbanísticos.
- Proyecto técnico, en formato digital, redactado por el técnico competente.

Además, el proyecto técnico debe incluir: la justificación del cumplimiento de la normativa urbanística, el presupuesto de ejecución de material de obra y un estudio de gestión de residuos.

A continuación se adjunta un enlace directo a la Sede Electrónica del Ayuntamiento de Valladolid, donde se puede realizar la licencia urbanística de obras mayores:

<https://www.valladolid.gob.es/es/tramites-servicios/tramites-tema/impuestos-tasas/licencia-urbanistica-obras-mayores>

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

6. Ejecución de la instalación:

En el caso de la placa fotovoltaica del Aulario IndUVa, al tener una potencia menor de 100 KW y conectada en BT y además tratarse de autoconsumo con excedentes, la instalación se ejecutó siguiendo el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).



Además fue necesario, según la normativa vigente, aplicar los requisitos recogidos en el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto (BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2007), por el que se regulan las configuraciones de medida para las instalaciones de autoconsumo con excedentes.

Por último para la ejecución de la instalación también se tuvo en cuenta el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, capítulo IV, en el que se establecen los requisitos de medida y gestión de la energía.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

Estos pasos detallados previamente, han sido ejecutados. Actualmente la instalación se encuentra preparada y lista para ponerse en marcha.

5.2.3 Tramitación posterior a la instalación.

A continuación se detallan los pasos del 7-17 necesarios para tramitar y legalizar la placa fotovoltaica del Aulario IndUVA:

7. Inspección inicial e inspecciones periódicas:

La instalación fotovoltaica situada en el Aulario IndUVA será sometida a una inspección inicial ya que este edificio está considerado de pública concurrencia. Esta inspección inicial será realizada por el Organismo de Control Autorizado (OCA).

Los Organismo de Control son aquellas personas físicas o jurídicas autorizadas pueden verificar el cumplimiento de las condiciones y requisitos de seguridad establecidos en los Reglamentos de Seguridad para los productos e instalaciones industriales.

Este tipo de instalaciones también estarán sometidas a una serie de inspecciones periódicas cada tres años y se encargarán de realizarlas técnicos titulados o los Organismos de Control.



La norma aplicada para la realización de estas inspecciones será la UNE-EN-62446-1:2017.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

8. Certificados de las instalación y certificado fin de obra:

En el caso de las instalaciones conectadas a Baja Tensión y con una potencia superior a 10 KW, como es el caso de la instalación a estudio, es necesario un Certificado de Instalación, y un Certificado Fin de Obra.

- El Certificado de Instalación debe ser emitido por la empresa instaladora y realizado por un instalador en BT de la empresa. La guía IDAE explica que en este certificado constará que la instalación se ha realizado conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) y sus instrucciones técnicas complementarias de acuerdo con la documentación técnica. Además deberán justificarse las modificaciones realizadas en la ejecución de la instalación. Legislación aplicable en el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (BOE 18-09-2002).
- El Certificado Fin de Obra debe certificar que la instalación ha sido ejecutada en base a las Instrucciones Técnicas Complementarias en Baja Tensión, ITC-BT-04, (documentación y puesta en servicio de las instalaciones). Este certificado debe estar firmado por el técnico competente.

La tramitación se puede realizar de forma presencial en diferentes lugares:

- En los Servicios Territoriales de Industria, Comercio y Economía.
- En las Oficinas de asistencia en materia de registros de la Junta de Castilla y León.
- En los lugares establecidos en el artículo 16.4 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.



- A través de internet desde la página oficial de tramitación de la Junta de Castilla y León, www.tramitacastillayleon.jcyl.es.

Las personas autorizadas para realizar esta solicitud son los instaladores eléctricos de baja tensión reconocidos y autorizados por la Administración de Castilla y León. Además las empresas distribuidoras de energía eléctrica están autorizadas para consultar el contenido de los certificados.

La documentación a presentar será la siguiente:

- Carpeta de baja tensión: Según los modelos de la Dirección General de Industria deberá ir acompañada de la hoja de solicitud e inscripción y de la hoja resumen de las características de la instalación.
- Proyecto técnico, ya que se trata de una instalación de potencia superior a 10 KW y en BT.
- Certificado de la instalación: Deberán seguir los modelos probados por la Dirección General de Industria y se presentará por quintuplicado.
- Es necesario la presentación de un ejemplar del Anexo de Información al Usuario.
- Una copia de la Dirección de Obra para el titular y otra para la Administración.
- Es necesaria la [liquidación de tasas \(Anexo 5\)](#) correspondiente por actuaciones y servicios en materia de certificaciones de eficiencia energética de edificios de Castilla y León. (Código 308.4 <<Inscripción y control de instalaciones eléctricas>>) recogidas según la Orden Anual por la que se acuerda la publicación de las tarifas de tasas vigentes. Regulación en los artículos 173 a 176 de la Ley 12/2001, de 20 de diciembre, de Tasas y Precios Públicos de la Comunidad de Castilla y León.

| Código 308.4 | Tasa por actuaciones y servicios en materia de certificaciones de eficiencia energética de edificios de Castilla y León (volver al índice) | Cuotas (Euros) |
|-----------------|--|----------------|
| | Por bloques de viviendas o edificios del sector terciario | 86,93 |
| | Por viviendas unifamiliares, viviendas dentro de un bloque de viviendas, o locales | 29,10 |

Tabla 5. Tasas por actuaciones y servicios en materia de eficiencia energética.

El plazo de solicitud permanece abierto siempre.

El plazo de resolución es inmediato o en su defecto en un plazo máximo de tres días. El encargado de realizarlo es el Órgano competente una vez ha sido presentada la documentación de puesta en servicio ante este.

La resolución se realizará por correo postal en la dirección facilitada por el interesado.

Tramitación electrónica:

Para realizar la tramitación de forma electrónica a través de internet hay que seguir una serie de pasos detallados a continuación:

1. En primer lugar, es obligatorio disponer de un certificado electrónico. Además se deben cumplir una serie de requisitos técnicos:
 - El certificado electrónico debe estar reconocido por las Administraciones públicas españolas.
 - El certificado electrónico debe ser accesible desde el navegador web tanto en local, tarjeta criptográfica, centralizado u otras técnicas.
 - En caso de tarjeta criptográfica o DNI deben estar instalados correctamente los controladores de acceso tanto del lector como de la tarjeta o DNI.

[Requisitos de Firma \(jcy.l.es\)](#)



2. A continuación se debe acceder al formulario PDF online y rellenar todos los campos obligatorios y opcionales.
3. Después debemos comprobar la documentación a enviar, anexar los documentos necesarios, firmar y registrar toda la documentación electrónicamente.
4. Para finalizar el proceso debemos descargar el justificante de presentación.

En el [anexo 3](#) aparecen todos los documentos necesarios para la realización de la tramitación electrónica. Además se adjunta un [manual de usuario](#) en el que se explica detalladamente el sistema de presentación telemática de instalaciones de seguridad industrial (RISE).

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

9. Autorización de Explotación:

La autorización de explotación se realizará junto con el Certificado de Instalación Eléctrica de la instalación de producción, ya que la instalación fotovoltaica a estudio se trata de una instalación de autoconsumo con excedentes. Este certificado se realizará siguiendo el artículo 3 del Real Decreto 244/2019.

La Autorización de Explotación sigue el artículo 53 de la Ley del Sector Eléctrico (Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico).

La tramitación se debe realizar de forma electrónica cumpliendo una serie de requisitos técnicos relacionados con la firma eléctrica acreditando la identidad del ciudadano.

La persona autorizada para realizar esta solicitud es aquella persona física o jurídica que pretenda realizar la actividad.

La solicitud a presentar será en modelo normalizado y estará dirigida al Servicio Territorial de Industria, Comercio y Economía de Castilla y León y estará acompañada de la siguiente documentación:

1. Documentación necesaria para la puesta en servicio provisional:



- Justificación técnica en la que se exprese la necesidad de la puesta en marcha de las instalaciones y equipos, suscrita por el Director Técnico de la Instalación, el titular de esta y el responsable de empresa instaladora.
- Documentación acreditativa de las instalaciones y equipos que verifique que estos están ejecutados y operativos siguiendo el Certifica de Dirección de obra parcial o total.

2. Documentación necesaria para la puesta en servicio definitiva:

- Certificado Final de Obra, firmado por el Técnico competente.
- Certificado de la instalación eléctrica en Baja Tensión, realizado por la empresa instaladora.
- También es necesario presentar una hoja de inscripción en el registro industrial en un plazo de tres meses desde la puesta en marcha.

El plazo de resolución de la Autorización de Explotación será de un mes y se notificará al interesado de forma electrónica a través de un correo electrónico facilitado previamente.

La tramitación electrónica se realizará de manera similar a lo explicado y detallado en el apartado 8 (Certificado de instalación y certificado fin de obra / tramitación electrónica).

En el [anexo 4](#) se adjunta el modelo a cumplimentar necesario para obtener la Autorización de Explotación.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

10. Contrato de acceso para la instalación de autoconsumo:

- Contrato específico de acceso y conexión:

La placa fotovoltaica del Aulario IndUva al tratarse de una modalidad de autoconsumo con excedentes no precisa suscribir un



contrato específico de acceso y conexión con la compañía distribuidora.

Las instalaciones de autoconsumo con excedentes, independientemente de su potencia y conectadas tanto en Alta Tensión como en Baja Tensión, quedan exentas de este trámite.

- Contrato de acceso previo:

La empresa distribuidora se encargará de realizar el contrato de acceso previo, en el cuál se refleja la modalidad de autoconsumo elegida. En el caso de la placa fotovoltaica del aulario IndUva, autoconsumo con excedentes acogido a compensación.

La información necesaria para la contratación de la modalidad de autoconsumo será remitida por la comunidad autónoma a partir del certificado de la instalación. Esta información será remitida a la empresa distribuidora en un plazo de 10 días desde su recepción.

Una vez recibida la información con la modalidad de autoconsumo en la empresa distribuidora, esta información se enviará de nuevo, de la empresa distribuidora a la comercializadora y al consumidor en un plazo de 5 días.

Existe un plazo de 10 días en los que el consumidor puede presentar su desacuerdo a la comercializadora o directamente a la distribuidora, en el caso de existir discrepancias con la modalidad de autoconsumo.

Si no existe comunicación al respecto, las condiciones de inscripción y habilitación para la contratación del autoconsumo se considerarán aceptadas por el consumidor.

- Contrato de acceso:

Este contrato de acceso solo será necesario en los casos en los que se tenga que realizar el contrato de suministro para los servicios auxiliares (paso 11).

En la instalación fotovoltaica a estudio, el consumo realizado por los servicios auxiliares, se puede considerar despreciable.



Por lo tanto no es necesario el contrato de suministro para los servicios auxiliares, así como no es necesario el contrato de acceso. (Detallado en el paso 11).

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

11. Contrato de suministro de energía para servicios auxiliares:

Los servicios auxiliares son los suministros de energía eléctrica necesarios para proveer el servicio básico en cualquier régimen de funcionamiento de la instalación de generación.

Aclarando la definición anterior, los servicios auxiliares se corresponden con el consumo neto de los inversores en aquellas horas que la instalación fotovoltaica no está produciendo.

El contrato de suministro de energía para servicios auxiliares solo será necesario en aquellos casos en los cuales los servicios auxiliares no se consideren despreciables.

La empresa instaladora será la encargada de certificar si son despreciables o no.

La situación en la que los servicios auxiliares se consideran despreciables se dará en los casos en los que se cumplan todas las siguientes condiciones:

- Las instalaciones próximas a la red interior.
- Las instalaciones de generación de energía renovables con una potencia en el inversor menor de 100 KW.
- La energía consumida por los servicios auxiliares sea inferior al 1% de la energía neta generada por la instalación, en el cómputo anual.

Para calcular la energía consumida anualmente, por los servicios auxiliares, se realiza el siguiente cálculo:

$1 \text{ inversor} * 0,7W * 12 \text{ horas} * 365 \text{ días} = 3066 \text{ W h} = 3,066 \text{ kWh/año.}$



Donde 0,7 W es el autoconsumo nocturno generado por el inversor del aulario IndUVa Fronius Symo 20.0-3-M.

Esta potencia consumida anualmente por los servicios auxiliares se puede considerar despreciable.

La instalación fotovoltaica del aulario IndUVa cumple todos los requisitos anteriores, por lo tanto, los servicios auxiliares deberían ser considerados despreciables por la empresa instaladora.

En este caso no sería necesario el contrato de suministro de energía.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

12. Licencia de actividad:

En el caso de la instalación fotovoltaica en el Aulario IndUVa no es necesario realizar este trámite, ya que se trata de una instalación con excedentes acogida a compensación. Al tratarse de este tipo de autoconsumo no se realiza ninguna actividad económica, y por lo tanto, no se necesita una licencia de actividad.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

13. Acuerdo de reparto y contrato de compensación con excedentes:

En primer lugar para la tramitación del acuerdo de reparto debemos hacer una clasificación en dos bloques:

- Autoconsumo colectivo: Según el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, se define autoconsumo colectivo como “cuando se pertenece a un grupo de varios consumidores que se alimentan, de forma acordada, de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a los mismos.
- Autoconsumo individual: Se da cuando solo existe un único consumidor asociado a la producción de energía eléctrica.

El acuerdo de reparto solo es necesario cuando hablamos de autoconsumo con excedentes colectivo (no es el caso a estudio), ya



que es obligatorio firmar un acuerdo de reparto de energía entre todos los consumidores asociados. El porcentaje de reparto de energía entre los consumidores se realiza por mutuo acuerdo o siguiendo el anexo I del Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, artículo 14.5.

Para la tramitación de la instalación fotovoltaica del Aulario IndUva no es necesario realizar un acuerdo de reparto, ya que en este caso estamos hablando de autoconsumo individual. El Aulario IndUva de la Universidad de Valladolid recibe el 100% de energía generada por la placa fotovoltaica.

Por otra parte, las instalaciones con excedentes que quieran acogerse a compensación, como la instalación fotovoltaica del IndUva, deben firmar un contrato de compensación con excedentes.

La firma de este contrato es obligatoria siempre, incluso cuando el consumidor y el productor sean la misma persona jurídica.

El consumidor deberá realizar un escrito a la empresa comercializadora expresando su deseo de acogerse al mecanismo de compensación.

La placa fotovoltaica a estudio se trata de una instalación de autoconsumo individual con excedentes acogido a compensación y la tramitación necesaria en este apartado es la siguiente:

- Solicitud, destinada a la empresa comercializadora, expresando el deseo de acogerse al mecanismo de compensación. La empresa comercializadora debe modificar el contrato de suministro y de acceso con el distribuidor.
- Firma del contrato de compensación.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

14. Inscripción en el registro autonómico de autoconsumo:

En Castilla y León actualmente no existe un registro autonómico de autoconsumo. Este registro está siendo creado y dependerá del



Servicio de Ordenación y Planificación Energética de la Dirección General de Energía y Minas.

Por lo general, y salvo que el futuro registro autonómico de Castilla y León diga lo contrario, las instalaciones en autoconsumo con excedentes y con potencia menor de 100 KW conectadas a baja tensión, están exentas de realizar este trámite, como es el caso de la instalación a estudio.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

15. Inscripción de el Registro Administrativo de Autoconsumo de Energía Eléctrica:

Siguiendo el Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, artículo 18 Uno (BOE nº242 de octubre de 2018) y el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, artículo 20, todas las instalaciones de autoconsumo con excedentes deben aparecer en el Registro Administrativo de autoconsumo de energía eléctrica.

Este trámite lo realizan las propias administraciones, por lo que, por defecto, el consumidor no tiene que realizar ninguna acción en este paso.

Utilizando la información generada en las comunidades autónomas, el Ministerio irá abasteciendo un registro administrativo. Este registro se puede consultar de manera telemática y su acceso es gratuito para cualquier usuario.

La instalación fotovoltaica del IndUva al tratarse de autoconsumo con excedentes aparecerá inscrita en la segunda sección del registro. Dentro de la segunda sección estará clasificada en la “subsección A”, ya que se trata de autoconsumo con excedentes acogida a compensación.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

16. Inscripción en el registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica (RAIPRE):



La instalación objeto de estudio por ser de autoconsumo con excedentes y tener una potencia en el inversor de 20 KW, es decir, menor de 100KW, no se tiene que realizar la tramitación de inscripción en el registro administrativo de instalaciones de producción eléctrica.

Partiendo de la información procedente del registro administrativo de autoconsumo, la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio serán los encargados de realizar dicha inscripción en el RAIPRE.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)

17. Contrato de venta de energía:

En las instalaciones de autoconsumo con excedentes acogida a compensación no se realiza ninguna venta de energía y por lo tanto la instalación fotovoltaica del Aulario IndUva queda exenta de la tramitación y firma del contrato de venta de energía.

[Volver al índice de pasos a seguir.](#)



CONCLUSIONES

Con la llegada del Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, se ha facilitado la tramitación administrativa de las instalaciones de autoconsumo.

Con la aprobación de este Real Decreto se han plasmado los diferentes pasos que se deben seguir para tramitar y legalizar la placa fotovoltaica del Aulario IndUva de la Universidad de Valladolid.

Dados los objetivos que se recogen al principio del Trabajo Fin de Grado, las conclusiones obtenidas son:

- El uso de energías renovables reducirá la dependencia energética del exterior, favoreciendo el comercio nacional y reduciendo los costes de la electricidad.
- Las diferentes energías renovables son uno de los principales fuertes en la lucha contra el cambio climático.
- La energía solar fotovoltaica se encuentra en auge, aumentando cada año las instalaciones de autoconsumo implantadas, así como la cantidad de energía eléctrica producida.
- El cambio climático está a la orden del día en la Unión Europea y en el Gobierno de España como se puede comprobar debido a los diferentes objetivos marcados y por el PNIEC.
- El fin de este Trabajo Fin de Carrera ha sido plasmar en esta memoria, de la forma más clara y sencilla, los diferentes pasos detallados en la Guía Idae de Autoconsumo, así como los requisitos necesarios a cumplir impuestos por el Real Decreto 244/2019, La Junta de Castilla y León y el Ayuntamiento de Valladolid.
- La puesta en marcha de la placa fotovoltaica del IndUva, mediante un modelo de autoconsumo con excedentes acogido a compensación, ayudará a cubrir las necesidades eléctricas del Aulario y reducirá la factura de la luz.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] González Velasco, Jaime. (2009). Energías renovables. Reverté.
- [2] Tobajas Vázquez, M. Carlos. (2012). Instalaciones solares fotovoltaicas. Cano Pina, Ed. Ceysa.
- [3] Prieto, Pedro. A. (2012). La energía neta de la solar fotovoltaica en España. Los límites del desarrollo renovable. Icaria.
- [4] Informe anual UNEF. (2020). El sector fotovoltaico hacia una nueva era.
- [5] Martín Sobrino, Clara (2020). Integración de una Planta Fotovoltaica al amparo del Real Decreto 244/2019 de Autoconsumo.
- [6] Benhamou Sáez, Pablo (2017). Diseño de una instalación solar fotovoltaica para la fachada del aulario de la nueva Escuela de Ingenierías Industriales.
- [7] Arnáiz Yague, Máximo Alejandro. (2020). Estudio del sector energético en España y diseño de una planta fotovoltaica para el autoconsumo de una instalación industrial.
- [8] Energías renovables. Características, tipos y nuevos retos. (30 de agosto de 2018). Factor energía.
<https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>
- [9] Beneficios de la energía renovable para el planeta. (22 de junio de 2020). Escandinavia de electricidad.
<https://escandinavaelectricidad.es/blog/beneficios-energia-renovable-planeta/>
- [10] La importancia de las energías renovables. Acciona
<https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
- [11] Energía eólica. Acciona.
<https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/>



- [12] Qué es la energía hidroeléctrica. Iberdrola.
<https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-hidroelectrica>
- [13] López, David. Bioenergía, qué es, ventajas y desventajas. (18 de septiembre de 2019). Eco trendies.
<https://ecotrendies.com/bioenergia-que-es-ventajas-y-desventajas.html>
- [14] Qué es la geotermia. (20 de mayo de 2021). Preciogas.
<https://preciogas.com/instalaciones/geotermia>
- [15] El regulador de carga. (4 de marzo de 2015). Yuba, empresa especializada en energías renovables.
<http://www.yubasolar.net/2015/03/el-regulador-de-carga.html>
- [16] Regulador solar de carga. Areatecnología.
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html>
- [17] Planas Oriol. Composición de un panel solar fotovoltaico. (25 de febrero de 2016). (Última revisión: 29 de marzo de 2020). Energía solar.
<https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/estructura-de-un-panel-fotovoltaico>
- [18] Así funciona una central mareomotriz y genera energía. (8 de junio de 2021). BBVA.
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/asi-funciona-una-central-mareomotriz-y-genera-energia/>
- [19] Objetivos marcados por el PNIEC 2030. UNEF. Unión Española Fotovoltaica.
<https://unef.es/el-sector-fotovoltaico-en-espana/#anualmente>
- [20] Los pozos canadienses y provenzales, geotermia de baja potencia. Sitiosolar.com
<http://www.sitiosolar.com/los-pozos-canadienses-y-provenzales-geotermia-de-baja-potencia/>



[21] Prestaciones de los paneles cadmio – telurio. (22 de abril 2019). Techno sun.

<http://blog.technosun.com/prestaciones-de-los-paneles-de-cadmio-telurio/>

[22] ¿Qué es el código de autoconsumo? (Mayo 2020). Techno Sun.

<https://www.technosun.com/es/blog/que-es-codigo-autoconsumo-cau/>