



Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnológicas

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

Trabajo de Fin de Grado

**DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO DE
UNA VIVIENDA Y ELABORACIÓN DE SU
CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA**

Adriana Labarga Elvira

Curso Académico 2023-2024

INDICE

1.	RESUMEN	4
2.	INTRODUCCIÓN	5
2.1	NORMATIVA SOBRE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN EUROPA	5
2.2	ACTUALIDAD SOBRE AUTOCONSUMO CON PANALES FOTOVOLTAICOS	6
2.3	CALIFICACIÓN CERTIFICADO ENERGÉTICO	9
3.	OBJETIVOS	11
4.	SOLUCIÓN TÉCNICA	12
4.1	EMPAZAMIENTO DE LA VIVIENDA	12
4.2	PUNTO DE CONEXIÓN A LA RED	12
4.3	RECURSO SOLAR DISPONIBLE	15
4.4	OPTIMIZACIÓN PARAMETROS FOTOVOLTAICOS	16
4.4.1	PANELES FOTOVOLTAICOS	16
4.4.2	NORMATIVAS DE APLICACIÓN AL INVERSOR	22
4.5	CÁLCULO DESOMBRAS, ESPACIOS REQUERIDOS Y ESTRUCTURA	25
4.5.1	ESTRUCTURA SOPORTE	27
4.6	COSTE DE PROYECTO	29
4.7	CERTIFICADO ENERGÉTICO	33
4.7.1	SOFTWARE CE3X	33
4.7.2	CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA	33
4.7.3	ANÁLISIS CALDERA	36
4.7.4	PROPUESTA DE MEJORA	44
5.	CONCLUSIONES	46
6.	BIBLIOGRAFÍA	47
7.	ANEXOS	51
7.1	ANEXO 1: ENVOLVENTE TÉRMICA E INSTALACIONES	51
7.2	ANEXO 2: PLANOS VIVIENDA Y LOCALIZACIÓN	53

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1: Capacidad de autoconsumo instalada en España (GW) según tipos de consumidores.</i>	
<i>Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica [6]</i>	6
<i>Ilustración 2: Producción anual del autoconsumo (GWh) en España [6]</i>	6
<i>Ilustración 3: Instalación fotovoltaica con conexión a red de transporte de electricidad</i>	8
<i>Ilustración 4: Potencia instalada de autoconsumo en España [6]</i>	9
<i>Ilustración 5: Plano de situación de la vivienda</i>	12
<i>Ilustración 6: Normativa a seguir por los propietarios de las instalaciones eléctricas. Fuente: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico</i>	13
<i>Ilustración 7: Irradiancia en España durante el año 2022 [46]</i>	15
<i>Ilustración 8: Curva I-V del panel Canadian solar CS6P-240PM</i>	18
<i>Ilustración 9: Curva I-V del panel Canadian solar CS6X-300P</i>	18
<i>Ilustración 10: Curva I-V del panel Canadian solar CS6X-300M</i>	19
<i>Ilustración 11: Curva I-V del panel SunPower 300E</i>	19
<i>Ilustración 12: Valores de irradiancia del año 2020 [46]</i>	20
<i>Ilustración 13: Características de funcionamiento de un módulo de generación en España [41]</i>	22
<i>Ilustración 14: Curva de eficiencia inversor SunPower Fronius</i>	23
<i>Ilustración 15: Diagrama de conexión de los paneles solares</i>	24
<i>Ilustración 16: Esquema de la Inclinación del tejado de la vivienda</i>	26
<i>Ilustración 17: Diagrama sombras entre paneles</i>	27
<i>Ilustración 18: Producción de energía mensual del sistema fotovoltaico [46]</i>	31
<i>Ilustración 19: Coste del kW el día 15/02/2024 [39]</i>	31
<i>Ilustración 20: Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. Fuente: Documento Básico HE</i>	34
<i>Ilustración 21: Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado. Fuente: Documento Básico HE</i>	34
<i>Ilustración 22: Datos generales de la vivienda a estudiar</i>	35
<i>Ilustración 23: Envoltente térmica de la vivienda a estudiar</i>	36
<i>Ilustración 24: Calificación energética de una vivienda unifamiliar empleando una caldera de condensación</i>	40
<i>Ilustración 25: Calificación energética de una vivienda unifamiliar empleando una caldera de gas natural y bomba de calor</i>	41
<i>Ilustración 26: Calificación energética de una vivienda unifamiliar empleando una caldera eléctrica</i>	42
<i>Ilustración 27: Calificación energética de una vivienda unifamiliar empleando una caldera eléctrica</i>	44
<i>Ilustración 28: Circuito acoplado a la vivienda para la generación de ACS y calefacción</i>	45
<i>Ilustración 29: Envoltente térmica de la vivienda</i>	51
<i>Ilustración 30: Instalación de caldera de condensación</i>	52
<i>Ilustración 31: Instalación de caldera de gas</i>	52
<i>Ilustración 32: Instalación de bomba de calor</i>	53
<i>Ilustración 33: Instalación caldera eléctrica</i>	53
<i>Ilustración 34: Instalación caldera eléctrica y paneles solares</i>	54
<i>Ilustración 35: Plano de localización de la vivienda</i>	53
<i>Ilustración 36: Plano de la distribución de la vivienda</i>	54
<i>Ilustración 37: Plano con acotaciones de la vivienda</i>	55

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Consumos energéticos diarios de los elementos de la vivienda</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 2: Energía total consumida por la vivienda</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3: Características técnicas para cada modelo de panel.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 4: Especificaciones según el modelo de panel fotovoltaico</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 5: Características técnicas inversor SunPower Fronius.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 6: Características técnicas del inversor y paneles fotovoltaicos empleados.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 7: Coste final del proyecto:</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 8: Coste de las partidas del proyecto.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 9: Variables implicadas en el cálculo del VAN y TIR.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 10: Características del equipo Daitsu ASD 9 KI-DB poner la tabla</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 11: Resultados obtenidos según la calificación energética</i>	<i>43</i>

1. RESUMEN

El presente trabajo consiste en un análisis detallado acerca del dimensionamiento fotovoltaico para autoconsumo de una vivienda unifamiliar de obra nueva situado en Valdemoro, Madrid, optimizando los parámetros de diseño empleando el software Solar Advisor Model. Se recopila el desarrollo del marco normativo para integrar las energías renovables en los sistemas de producción.

El dimensionamiento fotovoltaico se realiza en función del consumo de energía diario de la vivienda que se sitúa en 25,8kWh, para lo cual se disponen dos series de paneles en paralelo cada uno formado por doce módulos del modelo Canadian Solar CS6X - 300P situados en la cubierta de la vivienda y conectados al inversor Fronius SPR-750 de 7,5kW que permite tener esta configuración. La instalación abarca una superficie total de 74,4m² situadas en la cubierta de la vivienda. Finalmente, se realiza el análisis tecno-económico, obteniendo un coste total del proyecto situado en 11.857,65€, y se evalúan los indicadores económicos que presentan un valor actual neto de 3.388,33€ y una tasa de retorno del 11%, lo que indica la viabilidad del proyecto. El precio de venta de la electricidad producida no consumida se sitúa en 0,10€/kWh.

Para llevar a cabo el estudio de eficiencia energética de la vivienda, se realiza una comparativa entre diferentes instalaciones para cubrir la demanda térmica y de ACS analizando las emisiones de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria. En primer lugar, se analiza una instalación con suelo refrigerante y caldera de condensación para la generación de ACS y calefacción, donde se obtiene una calificación energética de letra B. A continuación, se evalúa una instalación de caldera de gas para ACS y bomba de calor para las necesidades de calefacción y refrigeración, obteniendo una calificación energética de C. Por último, se evalúa una instalación de caldera eléctrica variando el origen de la electricidad consumida, siendo el primer caso tomada de la red y en el segundo caso utilizando la generación fotovoltaica, obteniendo unas calificaciones energéticas de letras C y A respectivamente. Se opta por la instalación de una caldera eléctrica con contribución energética de la instalación fotovoltaica de 7,2kW de potencia instalada. Se propone como mejora el uso de colectores solares en sustitución de la caldera eléctrica para la generación de ACS, para ello es necesario cubrir una demanda de 112l/día para lo cual se emplea un colector solar con termosifón Modelo 2M-Termosol Ultra de la marca 2M.

En base a lo anterior, en este TFG se busca conseguir una vivienda autosostenible y con la mejor certificación energética posible, reduciendo así el consumo innecesario de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero y la demanda de recursos no renovables.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 NORMATIVA SOBRE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EUROPA

En los últimos años, se ha observado que el cambio climático ha tenido repercusiones más acusadas tales como fuertes sequías, aumento en la temperatura terrestre, subidas en el nivel del mar y desastres naturales que provocan la desaparición de numerosas especies, escasez de alimentos y efectos negativos en la salud de las personas. Ante esta problemática, se han producido numerosos tratados, protocolos y normativas para frenar esta situación.[1]

En 1989 entró en vigor el Tratado de Montreal, cuyo objetivo consiste en reparar la capa de ozono dañada por las actividades humanas [2].

En 1997, tuvo lugar la conferencia de las Naciones Unidas donde se dictaminó el cambio climático como problema gravedad, solicitando a los diferentes gobiernos la elaboración de un marco de actuación [2]. El objetivo principal fue lograr un nivel estable de concentración de gases de efecto invernadero [3].

Actualmente, en España está en marcha el **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)** comprendido entre el año 2021 y 2030, cuyo objetivo persigue reducir en un 23% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto al año 1990 y lograr un uso general de energía renovable del 42% en el año 2030, siendo en el sector eléctrico un 74% de energía de origen renovable[4]. Se integra un nuevo marco normativo que permita alcanzar los objetivos climáticos propuestos para el año 2030, para ello, se deben cumplir los objetivos nacionales de reducción de gases de efecto invernadero, la integración de energías renovables y las medidas de eficiencia energética. Para lograr la propuesta, se sigue una línea de actuación de objetivos marcados por la **Hoja de Ruta del Autoconsumo** [4].

El primer caso, se trata de un Escenario Objetivo, en el que se impone alcanzar 9GW de potencia instalada en el año 2030. En segundo lugar, se tiene el Escenario de Alta Penetración, donde la potencia instalada podría aumentar hasta 14GW a final del año 2024. Para lograr el Escenario de Alta Penetración, sería necesario un elevado nivel de concienciación de la población, reducción de costes en un 40% por la implementación de nuevos modelos de negocio y formas de financiación, así como mayor optimización en los procesos productivos como se muestra en la ilustración 1 [2], [4]. Por último, la instalación de autoconsumo en el 70% de viviendas alquiladas favorecería este segundo escenario.

El autoconsumo residencial se enmarca en una capacidad instalada inferior a 10kWp. Si la capacidad instalada oscilada entre 10kWp y los 50kWp, se denomina autoconsumo comercial. Por último, se tiene el autoconsumo industrial donde empresas e industrias generan y

consumen energía con una capacidad instalada mayor que 50kWp [5][6]. El Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, reduce los costes de inversión para facilitar el acceso al autoconsumo a entidades empresariales[7].

Pero en potencia, más del 65% instalado es autoconsumo industrial, según estima el responsable de APPA [8].

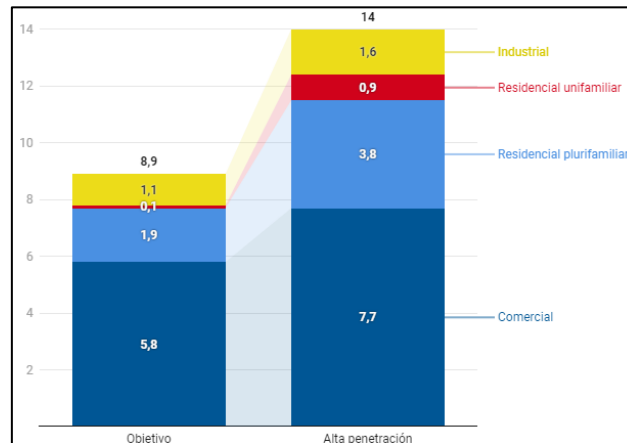


Ilustración 1: Capacidad de autoconsumo instalada en España (GW) según tipos de consumidores. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica [6]

2.2 ACTUALIDAD SOBRE AUTOCONSUMO CON PANALES FOTOVOLTAICOS

El autoconsumo eléctrico permite que cualquier ciudadano o pequeño consumidor produzca energía eléctrica de manera renovable para su propio consumo, instalando en su vivienda o empresa paneles solares fotovoltaicos u otros sistemas de generación renovable.

Como se muestra en la ilustración 2, en el año 2022, el autoconsumo en España aumentó casi un 50% respecto al año anterior, debido al ímpetu de los ciudadanos en ser más autosuficientes y reducir su gasto económico en la factura de la electricidad, al mismo tiempo que, buscan ser responsables con el medioambiente. Los elevados precios de la electricidad, provocado por la guerra entre Rusia-Ucrania y los conflictos políticos entre España y Argelia generaron el encarecimiento del Gas natural. [10],[11]

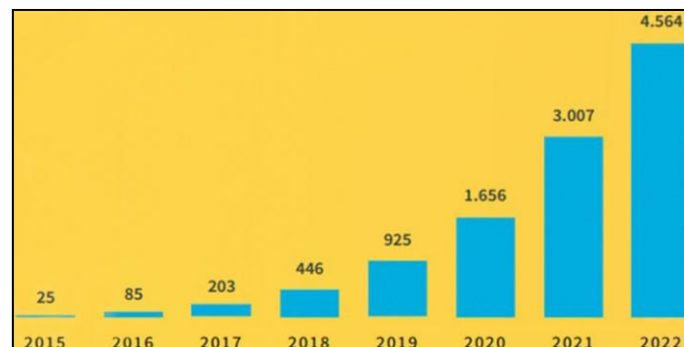


Ilustración 2: Producción anual del autoconsumo (GWh) en España [6]

El Gas natural es la principal materia prima de los ciclos combinados empleados en la generación eléctrica. En España hay instalados 24.650 MW de ciclo combinado, puesto que no existe almacenamiento de grandes dimensiones, la demanda eléctrica y generación debe ser igual en cada instante [27]. A esta problemática se suma la metodología de la formación del precio horario del mercado eléctrico donde la retribución económica del sector eléctrico se basa en el Mercado Marginalista, lo que quiere decir que todos los MWh que se empleen para cubrir la demanda eléctrica del países, tendrán la misma retribución económica[11], [12]. Por lo tanto, cuando las energías de menor coste operativo como eólica, fotovoltaica o nuclear no son suficientes para cubrir las necesidades del sistema, la generación de las instalaciones con mayor coste operativo marca el precio final incrementando el coste final de la electricidad [13].

En esta problemática aflora la necesidad de autosuficiencia por parte de los ciudadanos. En los últimos tiempos, gran parte de la población ha optado por generar su propia electricidad para el consumo personal de su vivienda.

Una instalación de autoconsumo consta de paneles fotovoltaicos, inversores, conectores con protecciones eléctricas, cableado y contador. Debido a que la mayor parte de la población tiene las horas de mayor consumo eléctrico en una vivienda cuando la producción fotovoltaica es menor, es necesario que el sistema de autoconsumo se encuentre conectado a la red eléctrica de transporte de España que le proporcione la electricidad demandada.

La instalaciones que están conectadas a la red de transporte y vierten a la red el exceso de producción (diferencia entre consumo y producción) reciben el nombre de instalaciones conectadas a la red [14]. Este tipo de instalaciones está formado por paneles solares fotovoltaicos, un regulador de carga, un acumulador y un inversor. Durante las horas de luz, se produce electricidad en forma de corriente continua, la cual se almacena en los acumuladores. Posteriormente, se emplea el inversor para transformar la corriente continua proveniente del acumulador en corriente alterna que finalmente llega al punto de demanda de electricidad como se observa en la ilustración 3.

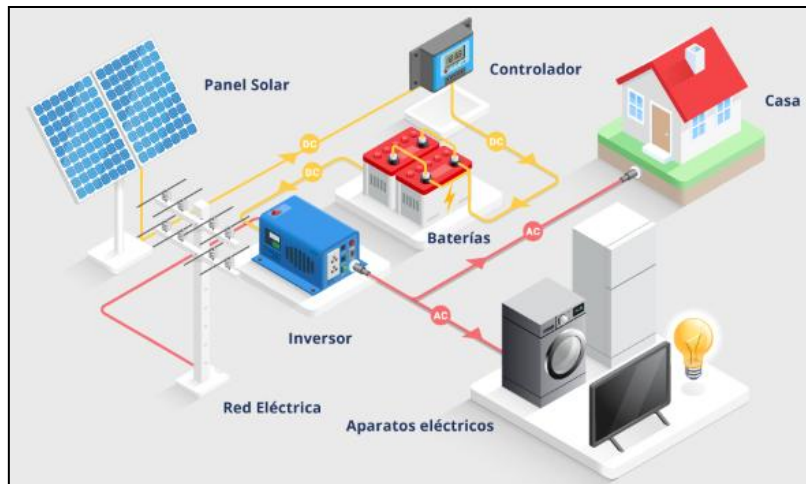


Ilustración 3: Instalación fotovoltaica con conexión a red de transporte de electricidad

Por otro lado, los sistemas aislados o en modo isla, siendo ésta una instalación de placas fotovoltaicas carece de conexión a la red de distribución y el propietario es autosuficiente. La producción no debe superar en exceso la producción consumida, ni generar menor producción de la necesaria, presentando una óptima relación generación-consumo. Este tipo de instalaciones son frecuentes en zonas rurales que no tienen posibilidad de conexión a la red nacional por falta de infraestructura. Por último, se tienen los sistemas híbridos, los cuales son un tipo de instalación aislada, pero presenta el apoyo de otras fuentes de suministro eléctrico como pequeños aerogeneradores, para cubrir la demanda eléctrica.

Si comparamos la potencia instalada con la demanda registrada en España en 2022, en términos brutos, se estima una demanda de energía en 250.421 GWh, por lo tanto, los 5,2 GW de potencia de autoconsumo instalada solo son capaces de producir 4.564 GWh representando un 1,82% de las necesidades anuales del sistema, como se muestra en la ilustración 4. [8] ,[15]

El crecimiento del autoconsumo en el último año ha supuesto un aumento en el precio de la instalación a nivel industrial entre 10% y un 15% y a nivel doméstico entre un 20% y un 30%, el aumento de la demanda de instalaciones de autoconsumo, ha provocado una problemática en la cadena de suministro debido a la falta de inversores, de módulos y baterías, influenciado en gran parte por la crisis de los semiconductores. [8], [16]

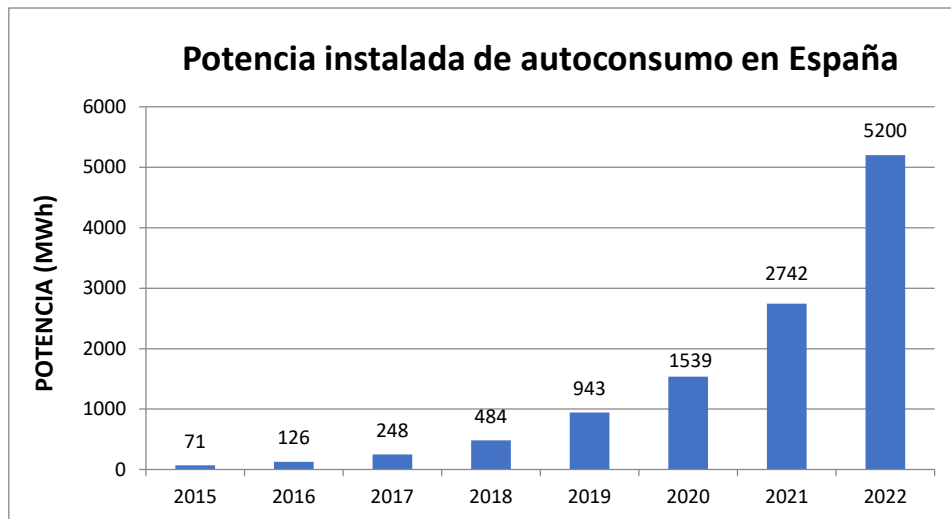


Ilustración 4: Potencia instalada de autoconsumo en España [6]

La crisis de los semiconductores se inició en el año 2020 debido a la falta de microchips y circuitos integrados que impedían cubrir el pico de demanda al final de la pandemia provocada por la COVID-19. [17]

Durante la pandemia vivida en España, la demanda de sistemas de autoconsumo y placas solares fotovoltaicas se disparó, lo cual, dio lugar a una intensa competencia por parte de proveedores chinos, y a su vez se generó nuevas inversiones relacionadas con la cadena de suministro de los elementos necesarios en un sistema de generación fotovoltaico. La elevada cantidad de empresas ofertantes provocó una importante caída en los precios de los elementos que constituyen la planta fotovoltaica.

2.3 CALIFICACIÓN CERTIFICADO ENERGÉTICO

Un certificado energético es un documento que muestra el rendimiento energético de una vivienda o edificio, la cantidad de emisiones de dióxido de carbono y las posibles mejoras que puedan llevarse a cabo para mejorar su eficiencia energética. Su finalidad es que las viviendas en España sean lo más eficientes posibles y que aquellas con peor calificación energética sean reformadas para mejorar su eficiencia. [21]

Para medir la eficiencia energética de un inmueble se hace uso de indicadores energéticos como son las etiquetas energéticas, distintivo público donde se recoge el nivel de eficiencia energética que tiene la vivienda o edificio, el distintivo dependerá de la capacidad de aislamiento que tenga la vivienda y de la eficiencia con la que se utilice la energía [22]. Las cuales presentan una escala de siete letras, desde la A hasta la G siendo la primera la de mayor eficiencia y la última, la de menor.

El marco normativo en el que se desarrolla la certificación energética comienza en diciembre del año 1997 con la aprobación del Protocolo de Kioto, acuerdo internacional donde se establecen los objetivos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para reducir un 5% las emisiones en el periodo comprendido entre los años 2008 y 2012, de manera que el objetivo principal de este protocolo es desvincularse en gran medida de las fuentes de energía de origen no renovable y sustituirlas por energía renovables y limpias para iniciar la transición energética. [3]

El certificado energético comenzó a ser de carácter obligatorio en el año 2007 para edificios de nueva construcción, tal y como se regulaba en el Real Decreto RD 47/2007. Sin embargo, el 1 de junio de 2013 se derogó dicho Real Decreto y comenzó a ser de carácter obligatorio para edificios y partes de edificios existentes. [43]

La realización de un certificado energético lleva implícito la propuesta de posibles mejoras a realizar para reducir la cantidad de energía que consume el inmueble, así como las emisiones de dióxido de carbono emitidas. La ejecución de las recomendaciones de mejoras indicadas en el certificado energético permite mejorar la eficiencia energética del inmueble, así como la calidad de vida.

Asimismo, para evaluar la eficiencia energética de un bloque de viviendas o parte de un edificio, se debe realizar un certificado energético e incluirlo en el informe de Evaluación del Edificio. Este se trata de un documento que permite evaluar el estado de la edificación indicando la situación de la construcción su conservación, su calidad y condiciones, accesibilidad y eficiencia energética y si, es necesario aplicar medidas correctivas o preventivas. [59]

La vigencia de un certificado energético dispone de una validez máxima de diez años, excepto cuando la calificación energética sea G, cuya validez máxima será de cinco años, tal y como se estipula en el Real Decreto 390/2021 [7]. Asimismo, existe un conjunto de subvenciones o ayudas según la mejora realizada, conocido como el Programa de ayudas para la Rehabilitación de Vivienda y Regeneración Urbana, que forma parte del Plan Estatal de acceso a la vivienda 2022-2025 [5]. Se trata de un conjunto de subvenciones para financiar las obras de rehabilitación de viviendas. Este programa se lleva a cabo por el gobierno empleando fondos europeos y consta de una serie de requisitos que determinan cuando se aplica dicha ayuda. En este caso, la calificación mínima de las viviendas debe ser la letra B, en cuyo caso, se opta a una ayuda económica que supone el 40% de la inversión. [9]

3. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo consiste en el dimensionamiento de una instalación solar fotovoltaica para que una vivienda unifamiliar de obra nueva pueda ser autosostenible. Asimismo, para obtener la mejor eficiencia energética se realiza un estudio modificando diferentes variables.

Se persigue optimizar el consumo eléctrico y de gas natural de una vivienda de obra nueva empleando la energía solar fotovoltaica que permita obtener al propietario un mayor ahorro económico.

Para ello, se propone el diseño de una instalación fotovoltaica con una potencia instalada de 7,2kW que cubra la demanda eléctrica diaria de la vivienda, analizando el punto de conexión a red, el recurso natural disponible en la zona objeto de estudio, la optimización de parámetros fotovoltaicos, así como el desglose del coste del proyecto final haciendo uso del software System Advisor Model. El autoconsumo favorece que la vivienda sea más sostenible y que colabore con el proceso de descarbonización mediante el uso de fuentes renovables, de manera que se reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero.

Asimismo, se elabora un estudio de la calificación energética de la vivienda haciendo uso del software CE3X, con el objetivo de elegir las instalaciones más eficientes para el suministro de ACS y climatización. Se proponen tres casos, en primer lugar, la instalación de una caldera de condensación, en segundo lugar, una caldera estándar con bomba de calor y, por último, una caldera eléctrica, obteniendo el certificado energético de cada caso para seleccionar el tipo de instalación idóneo para la vivienda analizada. Se analiza una propuesta de mejora incorporando colectores solares planos con el objetivo de abastecer la demanda de agua caliente sanitaria en sustitución de las calderas de gas natural con la finalidad de contribuir a la descarbonización del sistema energético, así como la consecución de mayor ahorro económico.

4. SOLUCIÓN TÉCNICA

4.1 EMPAZAMIENTO DE LA VIVIENDA

La vivienda objeto de estudio se encuentra ubicada en una parcela en Torrejón de la Calzada, localidad perteneciente a la Comunidad de Madrid como se muestra en la ilustración 5. La vivienda dispone de 1 planta y la parcela tiene 467 metros cuadrados, siendo la superficie útil construida de la vivienda 180m². Se ha optado por localizar los paneles fotovoltaicos en el tejado de la vivienda para reducir las sombras que ésta pudiera ocasionar si se situaran en el suelo.[23] Ver Anexo 2.



Ilustración 5: Plano de situación de la vivienda

4.2 PUNTO DE CONEXIÓN A LA RED

El 30 de diciembre de 2020 se publicó en el Boletín Oficial del Estado, el Real Decreto 1183/2020 de acceso y conexión a las redes de transporte[24], [25]. El RD 1183/2020 establece los criterios y procedimiento por el cual se pueden solicitar y obtener los permisos de acceso y conexión a un punto de la red.[25]

Las entidades o personas jurídicas que actúen como representantes de la propiedad de la instalación deberán disponer de los diferentes documentos administrativos y presentar la habilitación de la instalación fotovoltaica en el ministerio de Industria y Comercio para su correspondiente validación [18]. Los documentos que se deberán de seguir se muestran en la ilustración 6:

- Procedimientos de Operación procedente de REE y CNMC
- Protocolo de comunicación CNMC
- Código de red europeo CDr EU
- Normativa autonómica y local
- Reglamento de instalaciones de baja tensión REBT

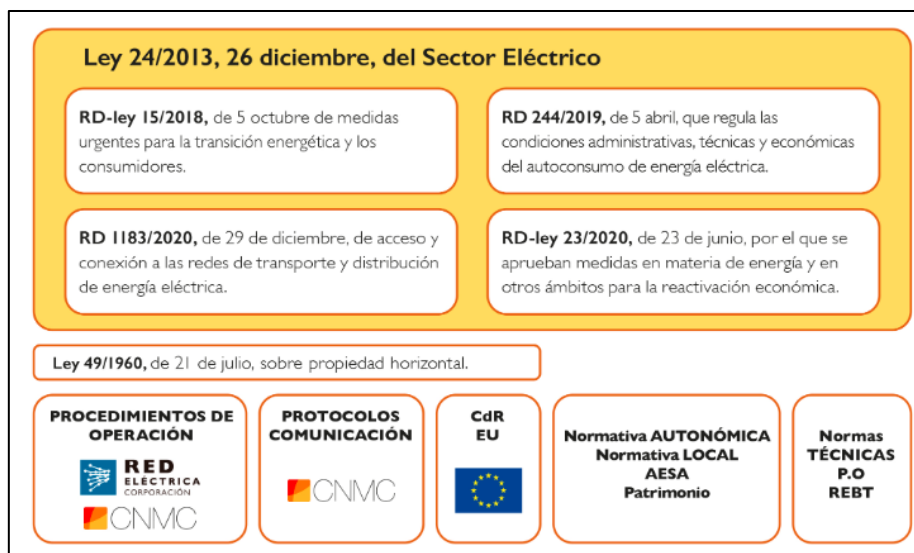


Ilustración 6: Normativa a seguir por los propietarios de las instalaciones eléctricas. Fuente: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico

En primer lugar, se debe considerar la potencia pico de las placas fotovoltaicas, la cual se obtiene por la medición en condiciones normales o estándar estipulado por la norma UNE. En segundo lugar, se tiene en cuenta la potencia del inversor, que se trata de la potencia nominal o activa. Por tanto, la potencia pico será la potencia que caracterizará la potencia instalada [47]. Al tratarse de una instalación en suelo urbanizado que cuenta con las dotaciones y servicios requeridos por la legislación urbanística, no tendrán que obtener el permiso de acceso y de conexión a la red. [19]

Se dan las siguientes posibilidades en función de la gestión de la energía producida:

- Consumidores según la modalidad de autoconsumo sin excedentes
- Consumidores según la modalidad de autoconsumo con excedentes acogida a compensación
- Consumidores según la modalidad de autoconsumo con excedentes sin compensación que dispongan de un único contrato de suministro (según lo dispuesto en el artículo 9.2)
- En caso de que el consumidor disponga de autoconsumo con excedentes sin compensación y no disponga de un contrato de suministro, deberá consumir energía de la red no destinada al consumo de los servicios auxiliares de producción. Asimismo, el titular de la planta fotovoltaica deberá consumir energía de los servicios auxiliares de producción.

Cabe destacar que, cualquier tipo de autoconsumo supone una aplicación de Peajes de Acceso a las redes de transporte y distribución, así como cargos del sistema eléctrico según lo

establecido en el Real Decreto [16]. Por otro lado, si el productor presenta un autoconsumo con excedentes no acogido a compensación, recibirá la retribución correspondiente por la energía excedentaria vertida.

En caso de que el titular del punto de suministro siga la modalidad de autoconsumo y de manera temporal carezca de un contrato de suministro con una comercializadora ni sea consumidor directo de energía, el consumidor será suministrado por la comercializadora de referencia a la tarifa de último recurso que responda por la energía horaria consumida de la red. En estos casos, si existen excedentes en la generación ésta pasará a ser cedida al sistema eléctrico sin ningún tipo de contraprestación económica vinculada a dicha cesión. [19]

El punto de conexión entre la red interior de un consumidor y la red de distribución reciben el nombre de puntos frontera. El punto de frontera se emplea como lugar de medida donde se realiza la regulación del factor de potencia y haciendo uso de los medidores se cuantifica la energía consumida de la red y producida. [11]

Cabe destacar que las limitaciones estipuladas en los *artículos 53.5 y 53.6 del Real Decreto 413/2014* no son aplicables a instalaciones de producción cercanas a puntos de consumo ni a instalaciones de autoconsumo.

Para llevar a cabo la instalación fotovoltaica en una vivienda en España, se han de cumplir unos requisitos establecidos y realizar los trámites correspondientes. En primer lugar, la tramitación administrativa puede ser a nivel nacional, autonómico o local. Asimismo, estos requisitos varían dependiendo de la potencia instalada, el tipo de autoconsumo al que el productor esté asociado, el tipo de conexión y el tipo de instalación en función del número de consumidores asociados. Inicialmente, se tiene la instalación de autoconsumo sin excedentes, en este caso, la instalación no vierte producción a la red. [58]

Si la potencia instalada es inferior a 10kW y es una conexión en baja tensión, se realizará una memoria técnica elaborada por una empresa instaladora habilitada. En caso de que la potencia sea superior a 10kW y sea una conexión en baja tensión, será necesario elaborar un proyecto técnico firmado por un técnico como estipula el RIAT en la ITC-RAT-20, independientemente de su potencia. [40],[57].

En caso de que se necesite una conexión a red de alta tensión, será imprescindible la realización de un proyecto técnico que recopile cálculos sobre el dimensionado de los equipos y sus características, materiales, garantías o mantenimiento. [58]

4.3 RECURSO SOLAR DISPONIBLE

La península ibérica dispone de alrededor de 3.000 horas de luz solar al año, se sitúa entre los territorios europeos con mayor irradiancia solar, por ello, la península ibérica es uno de los territorios con mayor recurso solar para la producción eléctrica.

En España la energía fotovoltaica se sitúa como la tercera tecnología con mayor potencia instalada, cuenta con alrededor de 24.740 MW. En los últimos 5 años, la potencia instalada ha pasado de 8.755 MW en 2019 a 24.740 MW en 2024 [61]. Según la fuente de información IDAE, la potencia instalada de autoconsumo sigue aumentando cada mes alcanzando valores de 6.000 MW.

La irradiancia mide la cantidad de radiación solar que llegar por unidad de superficie. Este parámetro determina el tamaño y potencia que es necesario instalar para cubrir la demanda eléctrica, para ello es necesario verificar la viabilidad del proyecto en función de dicha variable.

En la ilustración 7 se representa la irradiancia medida en España durante el año 2022. La irradiancia anual se encuentra entre 120 kWh/m² para los meses de invierno y 230 kWh/m² para los meses de verano donde se dispone de mayor número de horas de sol. Queda demostrada la adecuación del emplazamiento por la disponibilidad del recurso solar.

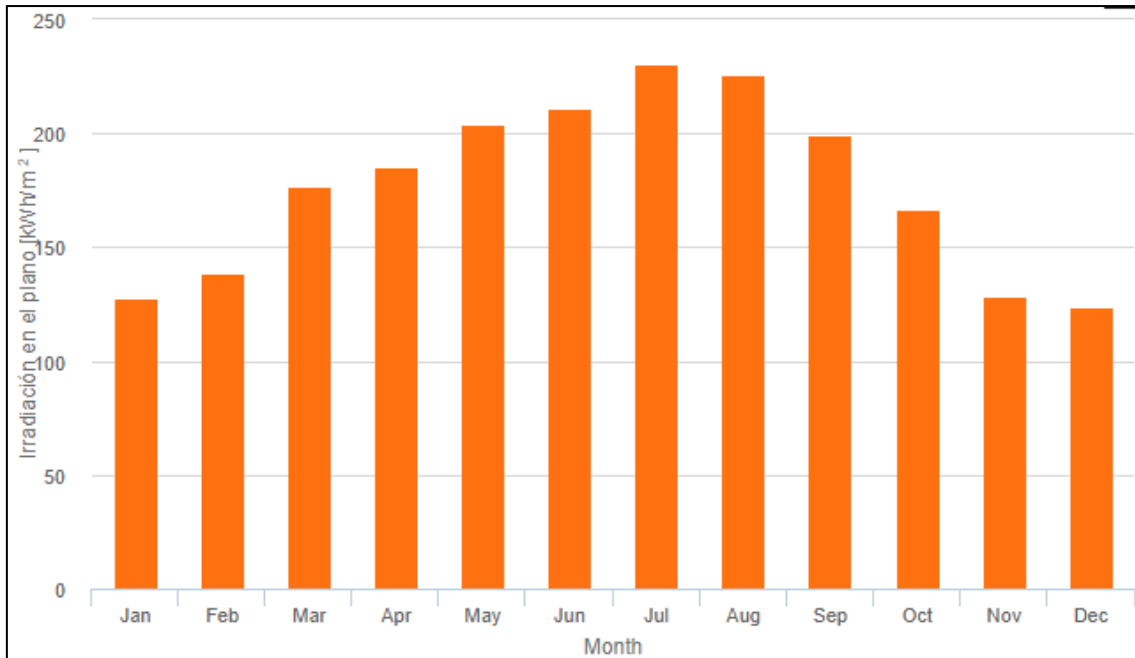


Ilustración 7: Irradiancia en España durante el año 2022 [46]

4.4 OPTIMIZACIÓN PARAMETROS FOTOVOLTAICOS

4.4.1 PANELES FOTOVOLTAICOS

Los módulos fotovoltaicos deben cumplir un conjunto de requisitos y especificaciones en función del tipo de panel empleado. En caso de disponer de paneles fotovoltaicos de silicio cristalino, su ámbito de aplicación se rige según la UNE-EN 61215:1997 [26]. Para todos los casos, los paneles solares deberán estar cualificados en laboratorios acreditados por las entidades nacionales de acreditación reconocidas por la Red Europea de Acreditación (EA) o por el CIEMAT, presentando el certificado correspondiente, tal y como estipula el Código Técnico de la Edificación [7].

Se realiza un dimensionamiento fotovoltaico para cubrir un consumo energético de una vivienda unifamiliar en la que habitan cuatro personas. La vivienda consta de un salón, tres baños, cocina y cuatro habitaciones, finalmente se estima un consumo energético de 21,5 kWh/día. Se realiza un sobredimensionamiento de la instalación obteniendo un consumo diario de 25,8 kWh.

$$\text{Consumo real} = \text{Consumo teórico} \cdot 1,2$$

Ecuación 1

En la tabla 1, se presentan los elementos de la vivienda y sus consumos de energía diarios a partir de los cuales se obtiene la demanda eléctrica de la vivienda en la tabla 2.

Tabla 1: Consumos energéticos diarios de los elementos de la vivienda

Elementos	Potencia (W)	Horas diarias funcionamiento	Energía diaria consumida (Wh/día)
Frigorífico	300	24	7.200
Televisión	300	3	900
Horno	2.000	0,2	400
Lavadora	2.000	1	2.000
Lavavajillas	1.500	1	1.500
Secadora	270	1	270
Microondas	750	0,1	75
Ordenadores	800	3	2.400
Secador de pelo	1.500	0,1	150
Iluminación	200	7	1.400
Dispositivos electrónicos	100	5	500
Aspiradora	1.000	0,2	200
Vitrocerámica	1.500	3	4.500

Tabla 2: Energía total consumida por la vivienda

Energía Total Consumida (kWh)		
Diaria	Mensual	Anual
25,80	774	9.288

La elección de los paneles fotovoltaicos se basará en la optimización de los principales parámetros de diseño. En primer lugar, se comparan tres potencias diferentes para la misma marca, Canadian Solar. En la tabla 3, se muestran las características técnicas de cada modelo de panel. Los datos técnicos son proporcionados por el fabricante para unas condiciones de trabajo determinadas, en la que la irradiancia solar presente un valor de $1.000\text{W}/\text{m}^2$ y la temperatura ambiente de 25°C .

Tabla 3: Características técnicas para cada modelo de panel

Características	Canadian Solar CSP6P-240PM	Canadian Solar CSP6P-300P	Canadian Solar CSP6P-300M	SunPower SPR-300E
Eficiencia (%)	15,5	16,18	16,2	18,41
Potencia Pico - PMP (Wdc)	240	300	300	300
Voltaje Pico - Vmp (Vdc)	29,9	36,1	36,5	54,7
Intensidad Pico - Imp (Adc)	8,03	8,3	8,33	5,49
Voltaje CC - Voc (Vdc)	37	44,6	45	64
Intensidad CC - Isc (Adc)	8,59	8,87	9	5,87
Pérdidas térmicas (%/C)	0,43	0,53	0,47	0,38

Se presentan las curvas características proporcionadas por el fabricante para cada modelo de panel seleccionado, en la que se representa la intensidad frente a la tensión determinando así los valores intensidad – voltaje de cada uno. La irradiancia solar afecta directamente a la curva característica de un panel, ya que la intensidad de corriente es directamente proporcional a la radiación que recibe el panel.

La ilustración 8, muestra el modelo de panel Canadian Solar CS6P-240PM, modelo de 240 Wdc de silicio policristalino. La relación entre la potencia máxima del panel y el precio por unidad se estima en un coste de $0,55 \text{ €/W}$.

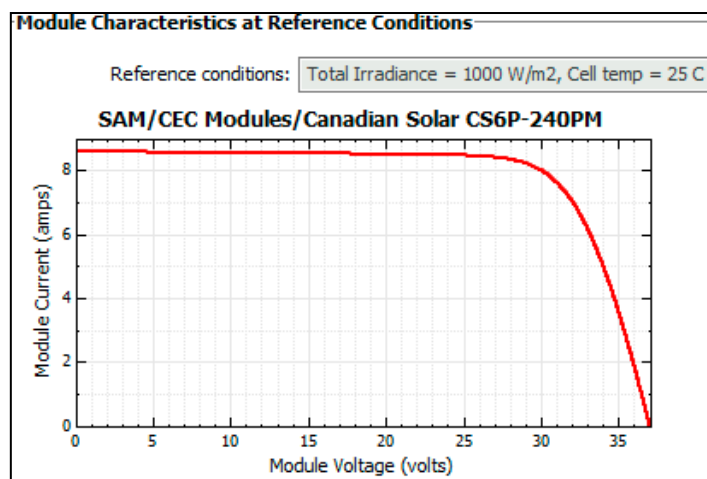


Ilustración 8: Curva I-V del panel Canadian solar CS6P-240PM

La ilustración 9, muestra el modelo de panel Canadian solar CS6X-300P, modelo de 300 Wdc de silicio policristalino, la eficiencia de este panel es de 16,18% y las pérdidas térmicas se sitúan en 0,53%/°C. Este panel ofrece mayor eficiencia y potencia, no obstante, supone un coste de 0,8 €/W.

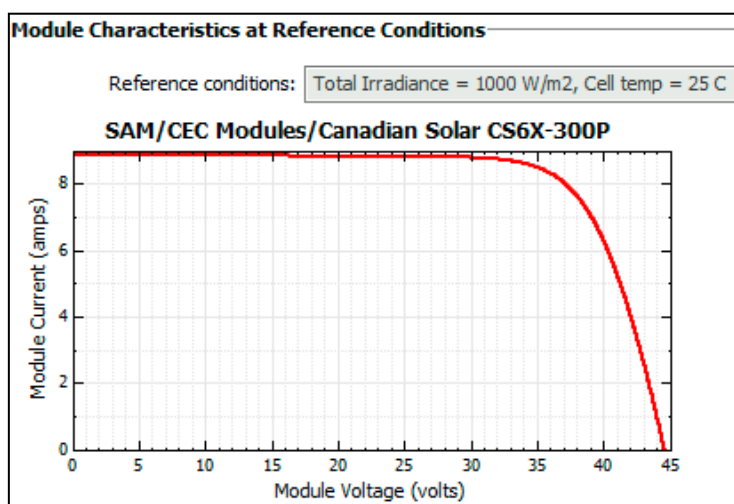


Ilustración 9: Curva I-V del panel Canadian solar CS6X-300P

En la ilustración 10 se observa como el panel Canadian solar CS6X-300M ofrece mayor eficiencia y potencia al mismo tiempo que disminuye las pérdidas por temperatura. Este modelo de panel presenta una tecnología monocristalina y una eficiencia de 16,2%, con pérdidas térmicas de 0,47%/°C.

Entre los tres modelos planteados de la marca Canadian Solar, las mejores características las ofrece el panel monocristalino de 300Wdc. Este panel supone un coste de 1,07 €/W. Una vez seleccionada la potencia del panel se procederá a comparar otra de las mejores marcas de paneles para obtener el panel de diseño.

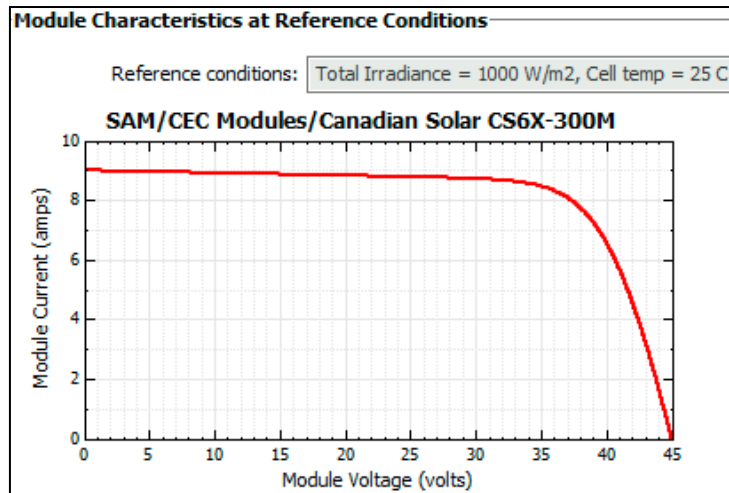


Ilustración 10: Curva I-V del panel Canadian solar CS6X-300M

En la ilustración 11, se muestra el modelo de panel SunPower 300E de 300Wdc monocristalino, con una eficiencia de 18,41% y pérdidas de potencia por temperatura de 0,38%/°C. El panel de SunPower mejora las características del panel de Candian Solar de 300W de silicio monocristalino.

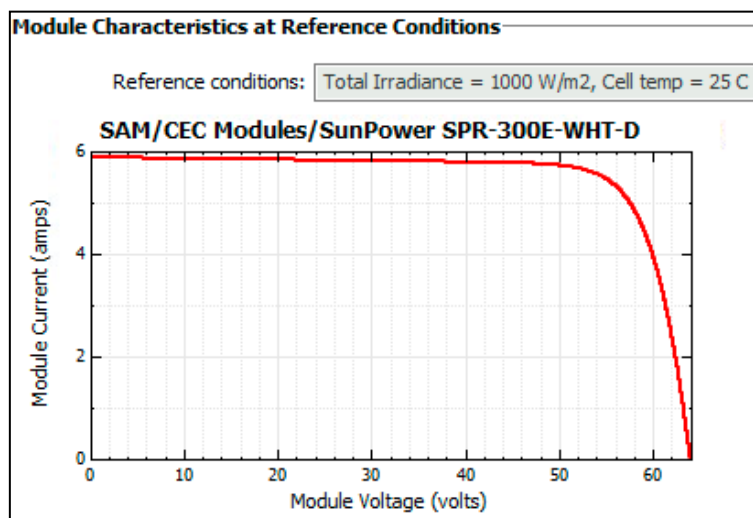


Ilustración 11: Curva I-V del panel SunPower 300E

Para seleccionar el tipo de panel de la instalación, se comparan las características de los paneles seleccionados. Haciendo uso de la ecuación 2, se obtiene el número de paneles fotovoltaicos necesarios.

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{E_{\text{diaria consumida}} \left(\frac{kWh}{\text{día}} \right)}{P_{\text{panel fotovoltaico}} (kW) * HSP \left(\frac{h}{\text{día}} \right)}$$

Ecuación 2

Las características del panel fotovoltaico están diseñadas para una irradiancia de $1.000\text{W}/\text{m}^2$, por lo que se debe tener en cuenta el factor de hora solar pico (HSP). Esta variable establece el número de horas diarias que el panel trabaja a la potencia establecida por el fabricante. Para evaluar el valor de esta variable se hace uso de la herramienta PV-GIS que permite visualizar el valor de irradiancia de cada mes en el emplazamiento donde se sitúa la vivienda como se observa en la ilustración 12.

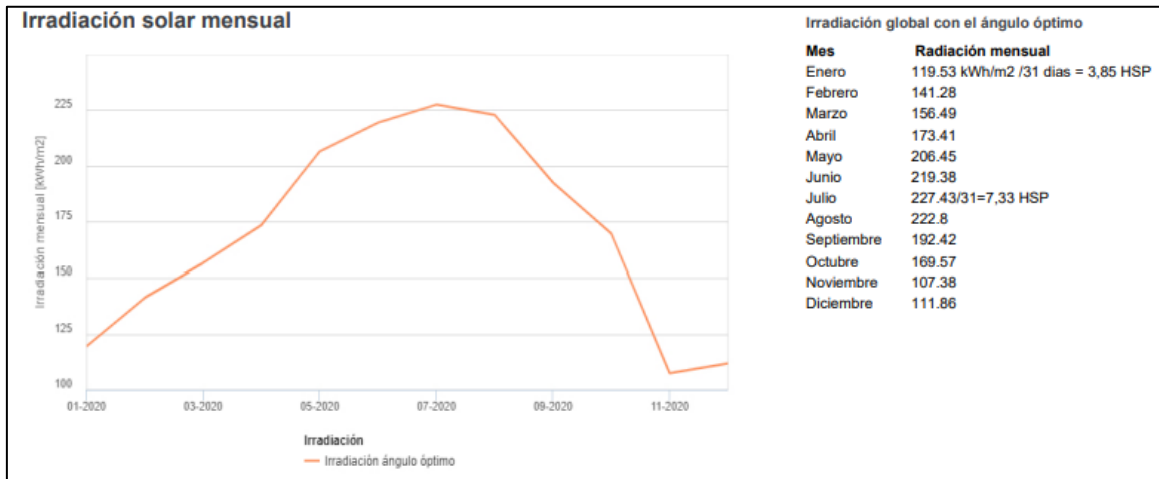


Ilustración 12: Valores de irradiancia del año 2020 [46]

A partir de la radiación mensual se obtiene la HSP empleando la ecuación 3:

$$HSP = \frac{\text{Radiación mensual } \left(\frac{kWh}{m^2}\right)}{n^{\circ} \text{ días mes}}$$

Ecuación 3

$$HSP = \frac{107,38 \frac{kWh}{m^2}}{30 \text{ días}} = 3,58 \frac{h}{\text{día}}$$

Se selecciona el menor valor de irradiancia del año 2020 para evaluar la situación más perjudicial, por lo que se selecciona el valor de irradiancia correspondiente al mes de noviembre que presenta un valor de $107,38\text{kWh}/\text{m}^2$, que se corresponde con $3,58\text{h}/\text{día}$ como valor medio del recurso solar.

Haciendo uso de la Ecuación 2, se obtiene el número de paneles necesarios para cada modelo para cubrir la energía consumida por la vivienda. Se ilustra con un ejemplo el cálculo del número de paneles necesarios para modelo Canadian Solar CS6X - 300P.

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \frac{25,80 \left(\frac{kWh}{\text{día}}\right)}{0,3 \text{ kW} * 3,58 \frac{h}{\text{día}}} = 24 \text{ paneles}$$

En la tabla 4 se recopilan las características específicas de cada modelo de panel. El modelo Canadian Solar CS6P - 240PM presenta una potencia de 240Wdc y menor rendimiento. Empleando paneles de 240W, son necesarios 30 paneles solares con un coste de 0,55 €/W. El modelo Canadian Solar CS6X - 300P presenta una potencia de 300Wdc, reduciendo así el número de paneles instalados a 24 con un coste de 0,80 €/W.

Tabla 4: Especificaciones según el modelo de panel fotovoltaico

Modelo de Panel	Potencia máx (W)	Rendimiento (%)	Pérdidas térmicas (%/C)	Coste (€/W)	Nº paneles
Canadian Solar CS6P - 240PM	240	15,50	0,43	0,55	30
Canadian Solar CS6X - 300P	300	16,18	0,53	0,80	24
Canadian Solar CS6X - 300M	300	16,20	0,47	1,07	24
SunPower SPR-300E	300	18,41	0,38	1,17	24

Una de las demandas del propietario es instalar los menores paneles posibles sin perder potencia instalada ya que quiere tener el mayor espacio visual posible en el tejado, por ello, se opta por escoger los paneles de 300Wdc que darán como resultado un total de 24 paneles instalados.

A continuación, se comparan los paneles de 300Wdc fabricados de silicio monocristalino de las marcas Canadian solar y SunPower. El modelo SunPower SPR-300E presenta unas menores pérdidas por temperatura y mayor rendimiento, no obstante, el modelo de Canadian Solar es 0,3€/W más barato, lo que se traduce en un menor coste de la instalación y de sustitución en caso de rotura de algún panel.

Por último, se comparan los paneles de 300Wdc de Canadian Solar con diferente tecnología para tomar la decisión final. El modelo Canadian Solar CS6X - 300P está fabricado de silicio policristalino y el modelo Canadian Solar CS6X - 300M está fabricado de silicio monocristalino, La tecnología de panel policristalina presenta un rendimiento similar al monocristalino y mayores pérdidas por efecto de la temperatura, situándose en 0,47 %/C frente a 0,53%/C. Se prioriza la reducción de coste antes que las pérdidas por efecto de la temperatura.

En definitiva, se opta por emplear el modelo Canadian Solar CS6X - 300P para la realización de la instalación, debido a que es el panel que mejor relación calidad-precio presenta. Además, cumple con las exigencias del propietario de instalar el menor número de paneles posibles sin aumentar los costes del proyecto.

4.4.2 NORMATIVAS DE APLICACIÓN AL INVERSOR

Los inversores son elementos electrónicos que tienen como función convertir la corriente continua proveniente de los paneles solares en corriente alterna, modificando la tensión y frecuencia para que coincidan con la admisible de la red.

El Reglamento (UE) 2016/631 de la Comisión, de 14 de abril de 2016, define los requisitos técnicos para la conexión a la red de las instalaciones de generación de electricidad, como se muestra en la ilustración 13. [26]

Zona	Rango de frecuencias	Periodo de tiempo de funcionamiento
España peninsular	47,5 Hz-48,5 Hz	30 minutos
	48,5 Hz-49,0 Hz	Ilimitado
	49,0 Hz-51,0 Hz	Ilimitado
	51,0 Hz-51,5Hz	30 minutos

Ilustración 13: Características de funcionamiento de un módulo de generación en España [41]

Los inversores deben presentar una potencia de entrada variable que permita obtener la máxima potencia del generador fotovoltaico, por lo que deben tener seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador y deben estar autoconmutados.

Las características específicas de los inversores deben regirse acorde con las normas UNE-EN 62093, IEC 62116, UNE-EN 61683, en la que se dispone el cálculo del rendimiento del inversor, el cual debe estar comprendido entre el 92% y el 94%. Asimismo, estos elementos deben cumplir con las directivas de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética certificadas por el fabricante de manera que presenten sistemas de protección contra cortocircuitos en corriente alterna, tensión fuera de rango de actuación del inversor, frecuencia de red fuera de rango, sobretensiones y perturbaciones en la red. Es necesario el cumplimiento de la Directiva 2004/108/CE del Parlamento y del Consejo Europeo.

Los inversores empleados deben disponer de controles manuales de encendido y apagado general, así como conexión y desconexión del inversor a la interfaz de corriente alterna. Y deben garantizar un correcto funcionamiento cuando la temperatura ambiente se encuentre entre 0°C y 40°C y la humedad relativa del ambiente presente valores comprendidos entre 0% y 85%. Asimismo, el autoconsumo del equipo no debe superar el 2% de su potencia nominal de salida. [41]

4.4.2.1 MODO DE CONEXIÓN AL INVERSOR

El dimensionamiento del inversor empleado en la instalación es uno de los aspectos más importantes, para ello es necesario analizar la potencia de la instalación, así como el voltaje y la intensidad de los paneles seleccionados. La potencia instalada es de 7,2 kW, para lo que se selecciona un inversor Fronius de 7,5 kW de potencia, y salida de 600V de corriente alterna.

El sistema MPPT (Seguimiento del Punto de Máxima Potencia) se utiliza para maximizar la cantidad de energía que se puede extraer de las placas solares. Por tanto, es el instrumento que se emplea para maximizar la potencia, equilibrando el voltaje y la corriente en cada momento del inversor. El inversor seleccionado, Fronius SPR-750, presenta dos entradas MPPT, de manera que se podrán conectar dos cadenas de paneles de forma paralela para su optimización. En la tabla 5 se muestran las características técnicas del modelo de inversor seleccionado. La curva de eficiencia de dicho inversor está representada en la ilustración 14. Las características del modelo y el precio las ha proporcionado el software SAM.

Tabla 5: Características técnicas inversor SunPower Fronius

Características	Inversor Fronius
Voltaje AC (V)	208
Potencia ACo (Wac)	7.500
Potencia DCo (Wdc)	7.944,04
Voltaje max (V)	600
Intensidad máxima (A)	35,1

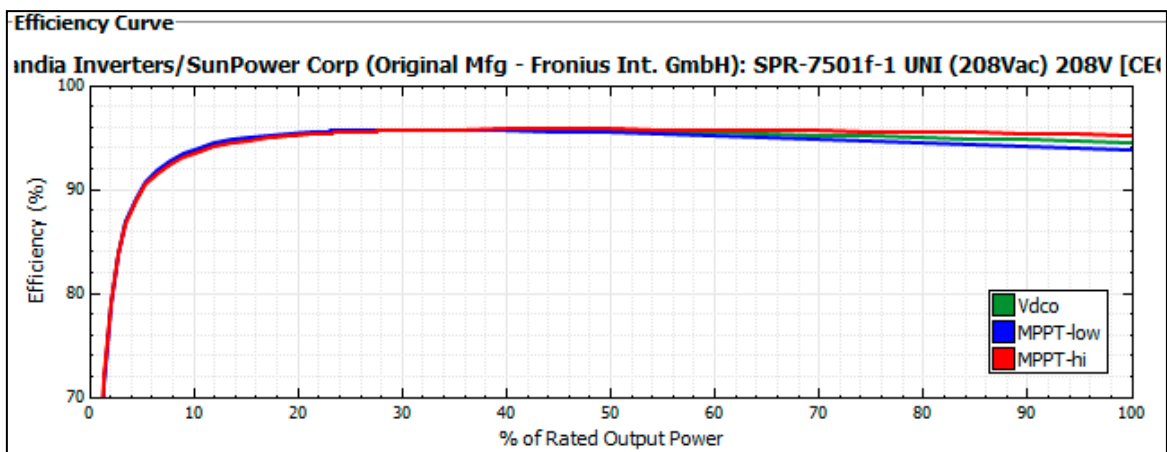


Ilustración 14: Curva de eficiencia inversor SunPower Fronius

Haciendo uso de los datos recopilados en la Tabla 6, se elabora el cálculo de la distribución de los paneles fotovoltaicos en la vivienda.

Tabla 6: Características técnicas del inversor y paneles fotovoltaicos empleados

	Potencia (W)	Tensión máx. admisible (V)	Intensidad máx. admisible (A)
Inversor	7.500	600	35,1
Paneles Fotovoltaicos	300	36,1	8,3

El inversor tiene una tensión máxima de 600 V, la tensión máxima del panel es 36,1 V por lo tanto, se podrán instalar hasta 16 paneles en serie sin exceder el voltaje máximo.

Al contar con 24 paneles en la instalación, se deberán conectar paneles en paralelo, para ello se trabaja con la intensidad máxima admisible del inversor 35,1 A y la intensidad máxima de los paneles 8,3 A, obteniendo la posibilidad de incorporar hasta un máximo de cuatro series de paneles en paralelo.

Puesto que únicamente se dispone de dos entradas al inversor en paralelo que puedan controlar los dos MPPT, se dispondrá de una distribución final formada por dos cadenas de paneles fotovoltaicos en paralelo, cada una con 12 paneles en serie en cada cadena, como se muestra en la ilustración 15.

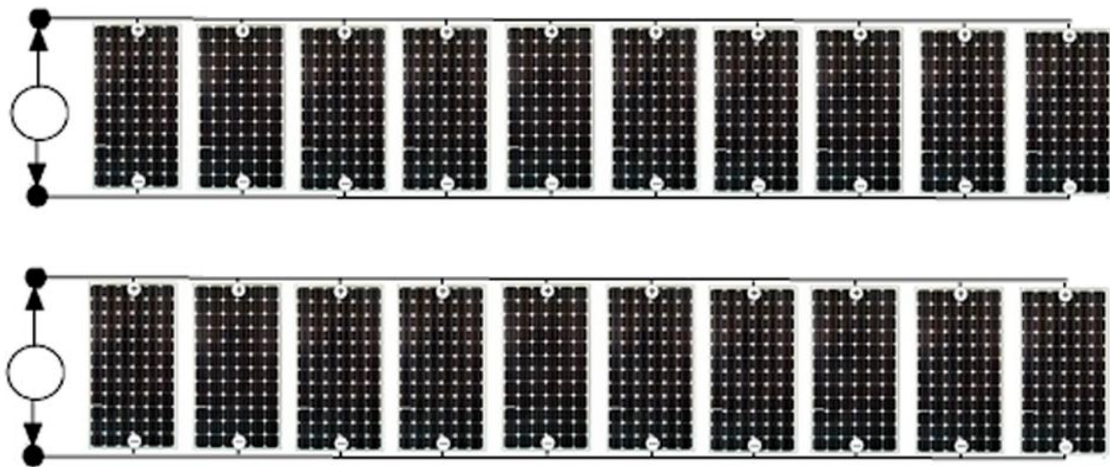


Ilustración 15: Diagrama de conexión de los paneles solares

Tras finalizar el dimensionamiento de la instalación para cubrir la energía consumida por la vivienda, se calcula la potencia instalada necesaria haciendo uso de la Ecuación 4.

$$P_{instalación}(kW) = \text{Paneles serie} \cdot V_{max}(V) * \text{Paneles paralelo} \cdot I_{max}(A)$$

Ecuación 4

$$P_{instalación}(kW) = (12 * 36,1V) * (2 * 2,83A) = 7,2kW$$

La instalación fotovoltaica está formada por 24 paneles Canadian Solar CS6X - 300P, los cuales presentan una potencia de 300W por panel y cuyas características técnicas se encuentran recopiladas en la tabla 6. Se encuentran dispuestos en dos líneas en paralelo con doce paneles en serie cada una, logrando una potencia instalada necesaria de 7,2 kW.

4.5 CÁLCULO DESOMBRAS, ESPACIOS REQUERIDOS Y ESTRUCTURA

La conversión de luz solar en electricidad empleando paneles fotovoltaicos presenta pérdidas durante el proceso de transformación, siendo los mecanismos principales las pérdidas ópticas y geométricas. Las pérdidas solares son causadas por los siguientes factores:

- Distancia entre paneles solares que generen sombras entre ellos. Este es el principal fallo existente por el cual se reduce la producción eléctrica generada. Las sombras son causadas porque parte de una sombra de un panel se proyecta en la superficie de un panel cercano, por lo que parte del haz incidente no llega a la superficie del panel. Para evitarlo, se debe realizar un estudio previo sobre la inclinación, la distancia y la localización de cada panel solar.
- Reflectividad del panel, asociado a la limpieza de éste. Se produce cuando hay exceso de suciedad en el panel por lo que es necesario un correcto mantenimiento y supervisión de la planta.

Como factor determinante, la falta de seguidores solares afecta negativamente a la producción generada por la instalación fotovoltaica ya que, la inclinación óptima únicamente se da en momentos determinados del día. Sin embargo, el uso de esta tecnología supone un alto coste y, por tanto, no es económicamente viable para una instalación de autoconsumo.

Puesto que la mayor causa de pérdidas en la producción se debe a la presencia de sombras y bloqueos entre paneles solares, se analiza la disposición óptima de los paneles fotovoltaicos para la vivienda.

La inclinación de los paneles queda definida durante la realización de este TFG y corresponde con la latitud del lugar geográfico donde se van a ubicar, que corresponde con $40,20^\circ$. La vivienda presenta una superficie disponible para instalar los paneles fotovoltaicos de 180 m^2 , ya que es la cubierta del tejado como se observa en la ilustración 16. Ver Anexo 2. Para optimizar la orientación y, por tanto, la producción de electricidad generada, se deben disponer los paneles con una inclinación con respecto a la horizontal de $40,20^\circ$, sin embargo, puesto que se van a instalar sobre el tejado de la vivienda, debe ajustarse dicha inclinación, siendo la pendiente mínima recomendada de 26%, que se corresponde con un ángulo de 15°

según lo estipulan las Normas Tecnológicas de Edificación [35], por ello, se necesita una inclinación de los paneles de 25,2°.

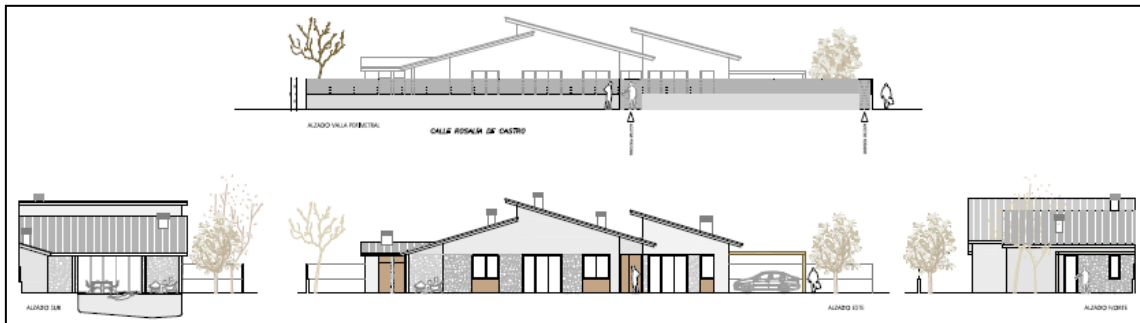


Ilustración 16: Esquema de la Inclinación del tejado de la vivienda

Según la disposición de los paneles, se tiene una altura determinada por cada panel denotada como L de 1,64 metros tomando el modelo de panel Canadian solar CS6X-300P. El ángulo del panel sobre la horizontal (α) debe ser igual a la diferencia entre la latitud del terreno situado a 40,20° y la inclinación de la cubierta de 15°. Mediante la ecuación 5, se obtiene el valor de la altura vertical de 0,70 metros. La distancia entre ambos paneles denotada como d2-d1 se obtiene mediante la Ecuación 6, resultando un valor de 1,50 metros.

$$h = L \cdot \sin(\alpha)$$

Ecuación 5

$$d2 - d1 = L \cdot \cos(\alpha)$$

Ecuación 6

- d1: distancia desde el final del primer panel hasta el principio del segundo panel
- d2: distancia desde el principio del primer panel hasta el principio del segundo panel.

Para obtener la distancia desde el final del primer panel hasta el principio del segundo, se hace uso de la Ecuación 7, obteniendo un valor de 0,97 m. Sin embargo, se incrementa la distancia entre paneles en un 20% para evitar posibles pérdidas por solapamiento, por lo que se establece una distancia de separación entre paneles solares de 1,20 metros.

$$d1 = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})}$$

Ecuación 7

La ilustración 17 muestra la disposición de los paneles en el tejado de la vivienda. Puesto que las dimensiones de los paneles fotovoltaicos son de 1,64m x 0,99m, y tiene el añadido de 1,50

metros para evitar sombras, se estima que cada panel abarca un área de $3,1 \text{ m}^2$, puesto que son 24 paneles, la instalación ocupará una superficie de $74,4 \text{ m}^2$.

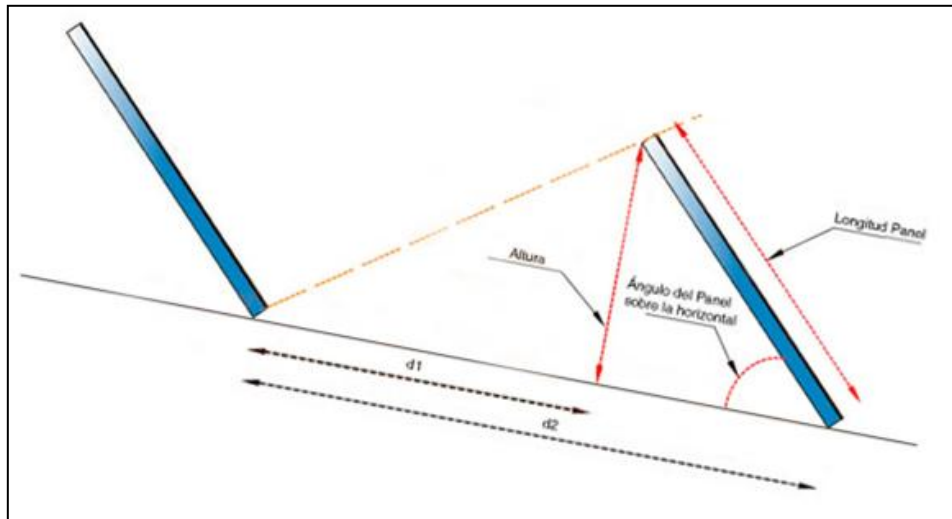


Ilustración 17: Diagrama sombras entre paneles

4.5.1 ESTRUCTURA SOPORTE

Los paneles fotovoltaicos se instalan sobre una estructura soporte sobre la que reposan las placas solares proporcionando la orientación óptima para la captación de energía. Las estructuras de soporte cumplen varias funciones, siendo la principal, maximizar la producción de energía. Asimismo, la estructura soporte debe proporcionar la sujeción necesaria a todo el conjunto de placas solares, de manera que sea capaces de resistir las condiciones meteorológicas adversas que se presenten. Las estructuras soporte deben cumplir las especificaciones técnicas indicadas según el IDAE y las especificaciones de seguridad según lo estipulado en el Código Técnico de la Edificación[7].

Las estructuras que soportan los paneles fotovoltaicos pueden ser fijas o móviles en función de si su inclinación cambia en función de la incidencia solar. Las estructuras fijas son más habituales y económicas. Se tratan de estructuras fijas de manera que la incidencia de los rayos solares varía a lo largo del día. La inclinación de los paneles y del soporte queda definida durante la realización del proyecto y corresponde con la latitud del lugar geográfico donde se van a ubicar. Por otro lado, se tiene la estructura móvil, las cuales maximizan la producción ya que llevan implementados sistemas de seguimiento solar para que la incidencia de los rayos solares siempre sea la óptima.

4.5.1.1 ESTRUCTURA SOPORTE FIJA

Existen dos tipos de estructuras de soporte. En primer lugar, se tienen estructuras para paneles fotovoltaicos localizados en el suelo o en una cubierta plana, en cuyo caso las estructuras pueden ser más robustas y de mayor peso. Existen diferentes tipos de soportes según su finalidad. Se emplean los soportes de Tipo B y H en caso de que los paneles solares deban disponerse en columnas. Se emplean los soportes de tipo V en caso de que sea sobre una superficie sin inclinación. Se tienen soportes de tipo A si los paneles presentan grandes dimensiones o soportes de tipo S en caso de que se encuentre a ras de suelo. [20],[35].

Por otro lado, también se pueden clasificar en función de la superficie que van a ocupar:

- Estructuras para placas solares de cubierta metálica que posibilitan la instalación de placas solares sobre cubiertas metálicas con inclinación, de manera que la inclinación de la cubierta será igual a la inclinación de los soportes.
- Estructuras para placas solares de cubierta de teja, este tipo de soporte permite fijar las placas solares a un tejado de teja sin necesidad de perforarlas ya que lleva implementada un sistema salvateja.
- Estructuras para placas solares elevadas, en caso de necesitar que los paneles solares estén situados a una altura determinada con respecto del suelo.
- Estructuras para placas solares de pared en caso de instalar los paneles fotovoltaicos sobre una superficie vertical, que permitan ajustar la inclinación de los paneles para maximizar la energía generada.

Los materiales más empleados para la fabricación de estructuras soporte son el aluminio y el acero. El aluminio es un material ligero, presentando una densidad de $2,70\text{g/cm}^3$ a temperatura ambiente. Asimismo, es un material apto para soportar las condiciones climáticas de la zona y tiene una elevada resistencia a la corrosión por lo que las necesidades en su mantenimiento son mínimas debido a la elevada estabilidad del material. [33]

El acero inoxidable y el acero galvanizado son otros materiales usados para la construcción de estructuras para el soporte de las placas fotovoltaicas, ya que presentan buena resistencia frente a factores climáticos. Por último, se emplea el hormigón para la fabricación de soportes para plantas de gran tamaño ya que no es necesario realizar cimentación o anclaje y presenta reducido coste de adquisición. [36]

Para el caso de estudio se emplearán estructuras fijas para cubierta de teja fabricadas con aluminio EN AW 6005 T6 ya que al tratarse de una instalación fotovoltaica para el abastecimiento de una vivienda se ha optado por localizarlo en la parte superior de la

edificación, y es necesario que se trate de una estructura ligera [56]. Las siglas EN AW indican que es un producto obtenido mediante el proceso de forja. Este material es una aleación de aluminio con otros materiales, principalmente por magnesio y silicio, pero también contiene otros elementos en menor proporción como Manganeso, Hierro, Cobre, Zinc, Cromo y Titanio. Se trata de una aleación obtenida mediante tratamiento mecánico puesto que se trata de una aleación de la serie 6005. Este material se caracteriza por su elevada resistencia mecánica gracias al tratamiento de envejecimiento, representado por T, y tratamiento térmico de solución como indica el número que le sucede. Presenta una elevada resistencia a la corrosión gracias a la formación de una capa de trióxido de dialuminio. Asimismo, este material posee buenas propiedades de soldadura. Se emplea la tornillería en acero inoxidable ya que presenta elevada resistencia a la corrosión y alarga la vida útil

Asimismo, se establece una inclinación del soporte y los paneles solares de 40,20° correspondiéndose con la latitud del lugar donde se localiza la instalación fotovoltaica ya que se trata de un soporte fijo.

4.6 COSTE DE PROYECTO

Una vez seleccionados todos los elementos de la instalación fotovoltaica, se procede a presentar el cálculo del coste del proyecto en la tabla 7. El análisis financiero se realizó empleando el método de los porcentajes.

Se realiza el cálculo del coste fijo inmovilizado de la instalación a partir de los equipos principales de la instalación, para elaborar una estimación de los costes de los elementos, se recurrirá a los catálogos comerciales de los fabricantes. Se parte del precio de venta al público, PVP, y se realiza un descuento del 40% para obtener el precio de venta a las empresas. Los costes totales de los equipos de la instalación se muestran en la tabla 7.

Tabla 7: Coste final del proyecto:

	Unidades	PVP Unidad (€)	Precio Empresa (€)	Total (IVA incl.) (€)
Placas Solares	24	240,00	168,00	4.032,00
Inversor	1	2.153,00	1.507,10	1.507,10
Estructura soporte	6	143,99	100,79	604,76

Los elementos principales seleccionados para la instalación son los paneles Canadian Solar [29], un inversor Fronius y la estructura soporte de aluminio [56]. El coste final de los equipos se sitúa en 6.143,86€. Las diferentes partidas del proyecto se calculan empleando el método

de los porcentajes, donde se le atribuye a cada partida un porcentaje en función del coste del proyecto realizado.

La construcción y puesta en marcha de la instalación fotovoltaica supone un 35 % del coste estimado de los equipos y la supervisión durante el montaje supone el 10%. La realización de estudios medioambientales y permisos solicitados suponen un coste del 15% con respecto al coste de los equipos, que suma un total de 921,58€. Se atribuye un coste del 20% a la partida correspondiente a la ingeniería de detalle, donde quedan especificados los componentes y sistemas que forman el proyecto, siendo un total de 1.228,77€. Por otro lado, se añade un 3% del coste directo del proyecto por la interconexión de red, así como las tasas correspondientes por el requerimiento de electricidad cuando sea necesario y el vertido a red si el propietario así lo dispone, establecidas por Red Eléctrica de España. Por último, se estima un 10% del valor de los equipos para cubrir contingencias o posibles imprevistos que puedan surgir durante el proceso de construcción de la instalación. Los costes de las diferentes partidas se recogen en la tabla 8.

Tabla 8: Coste de las partidas del proyecto

Método de los Porcentajes	Costes (€)
Equipos	6.143,86
Ingeniería de detalle	1.228,77
Construcción	2.150,35
Supervisión de la construcción	614,39
Contingencias e imprevistos	614,39
Permisos y Licencias	921,58
Interconexión a red	184,32
Coste total Proyecto IVA incluido	11.857,65

Cabe destacar que el coste del terreno para instalar los paneles no se ha tenido en cuenta en el coste total del proyecto ya que se trata de una vivienda y, por lo tanto, el terreno ya está se encuentra tasado y pagado a la hora de construir la vivienda. Se tiene un coste final del proyecto de 11.857,653€.

En la ilustración 18, se presenta una estimación de la producción de energía mensual del sistema fotovoltaico.

Se ha estimado la producción anual que debería generar la instalación haciendo uso del programa PVGIS, obteniendo 10.365,53kWh. La electricidad producida no consumida se vende a la suministradora de la zona, de forma que sea posible amortizar el coste de la instalación, siendo la energía consumida estimada de 9.288kWh como se muestra en la tabla 2, por tanto,

se obtiene 1.077,53kW generados no consumidos. El precio medio de excedentes en el mercado libre se sitúa en 0,10€/kWh, obteniendo 107,75€ al año por la electricidad vertida a la red. [62]

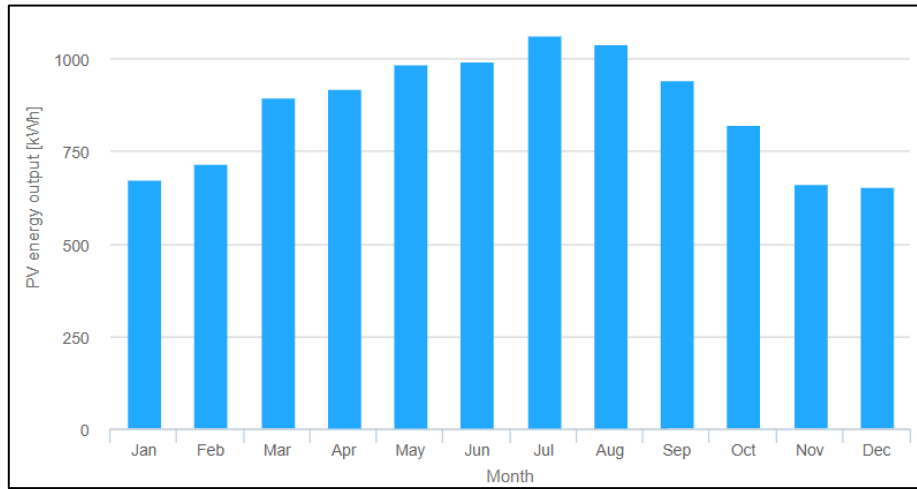


Ilustración 18: Producción de energía mensual del sistema fotovoltaico [46]

El precio por kW se sitúa en 0,16758€/kWh y se obtiene usando como referencia el precio del día 15/02/2024 a las 16:00h, proporcionado por REE como se observa en la ilustración 19. El consumo anual que supone la vivienda se sitúa en 9.288kWh, suponiendo un coste del kWh de 0,16758€/kWh, se obtiene un ahorro de 1.556,48€ anualmente.

A este valor se le añade el ahorro por consumir menor cantidad de electricidad de la red.

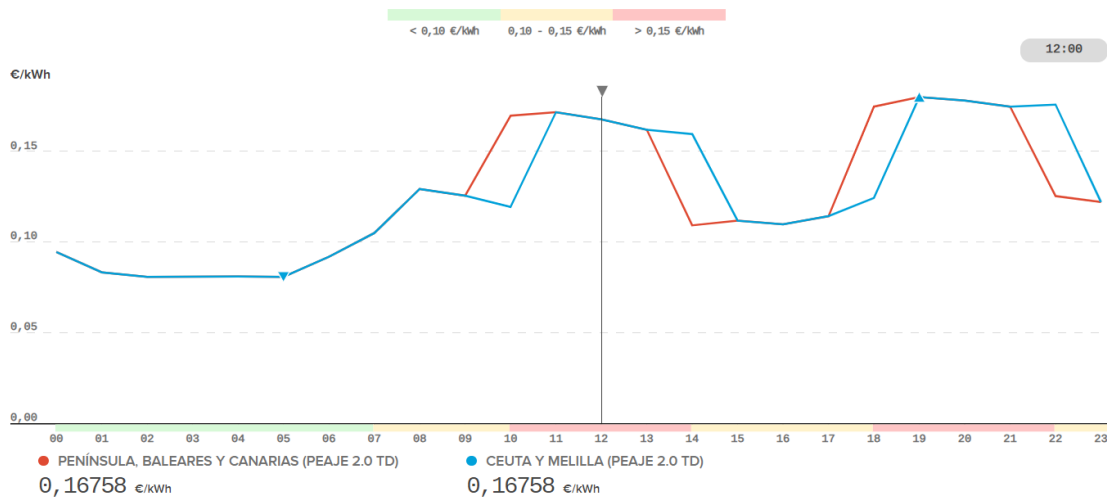


Ilustración 19: Coste del kW el día 15/02/2024 [39]

La viabilidad económica de la instalación se apoya en los indicadores económicos VAN y TIR. En la tabla 9, se recogen las consideraciones realizadas para el cálculo.

Tabla 9: Variables implicadas en el cálculo del VAN y TIR

Inflación	2,50%
Impuestos	2%
Tipo de interés de referencia	10%
Amortización	4%

El valor del tipo de interés de referencia marca la viabilidad del proyecto. Los años de operación serán de 25 ya que se corresponden con el periodo de garantía de los paneles fotovoltaicos empleados, considerando una amortización lineal durante 25 años.

El beneficio neto tras cubrir el coste de financiación del 10% es de 3.388,33€ con una tasa del 11%. El proyecto será aceptable por debajo de una tasa interna de retorno del 11%. Se concluye que el proyecto resulta económicamente viable como muestran los indicadores económicos empleados recopilados en la tabla 10.

Tabla 10: Indicadores económicos

VAN (k=10%)	3.388,33 €
TIR	11%

4.7 CERTIFICADO ENERGÉTICO

4.7.1 SOFTWARE CE3X

El Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, por ello, los compradores o arrendatarios quedan informados acerca del certificado energético de un edificio o vivienda. Para la realización de la certificación energética, el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital pone a disposición de la población numerosas herramientas informáticas para llevarlo a cabo. El Código Técnico de la Edificación (CTE), contiene varios documentos básicos, el correspondiente al ámbito de aplicación es el DB-HE (documento básico de ahorro de energía), donde se establecen los requisitos de eficiencia energética mínimos que deben cumplir los edificios para proporcionar unas condiciones óptimas de habitabilidad. [7]

En el caso de estudio de este trabajo de fin de grado, se empleará el programa CE3X. Este software ha sido desarrollado por el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) y Efinovatic y es propiedad de instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE). Este software permite la calificación de eficiencia energética de viviendas unifamiliares, bloque de viviendas y edificio dedicados al sector terciario. La calificación energética muestra el grado de eficiencia energética basado en el consumo de energía no renovable y emisiones de dióxido de carbono anuales, que engloba el consumo de calefacción y refrigeración, ACS, ventilación e iluminación. Haciendo uso de CE3X, se obtiene un certificado energético con la etiqueta energética y propuestas de mejora que permiten la disminución del consumo de energía final de las instalaciones mediante medidas de uso eficiente de energía. [42]

Para llevar a cabo la realización del certificado empleando CE3X, se debe seguir un procedimiento determinado. En primer lugar, se introducen los datos iniciales que definen el tipo de edificio que se va a calificar, en este caso, se trata de una vivienda residencial. A continuación, se introducen los datos relativos al cliente, al técnico que va a realizar el certificado energético y a la vivienda, tales como las dimensiones de esta, su año de construcción y la normativa aplicada. Asimismo, se introducen los datos solicitados en las pestañas de envolvente térmica e instalaciones. Ver Anexo 1.

4.7.2 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Se procede al estudio de la calificación energética de una vivienda localizada en Torrejón de la Calzada de 180m² de superficie útil construida. Para la elaboración del certificado energético se deben evaluar dos variables principales de la vivienda partiendo de los datos de consumo de los residentes, el aislamiento de la vivienda y las instalaciones.

En primer lugar, se introducen los datos administrativos y generales de la vivienda como información inicial al programa, especificando la normativa vigente que aplica a la vivienda, el año de construcción, el tipo de edificio y la localización de éste. Asimismo, se introducen las dimensiones de la vivienda, así como la demanda de ACS. Para ello, se hace uso del Documento Básico de Ahorro de energía (DB-HE) presente en el Código Técnico de Edificación, donde se estipula la demanda diaria de agua caliente sanitaria en función del número de residentes de la vivienda como se observa en la ilustración 20. [30]

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Ilustración 20: Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. Fuente: Documento Básico HE

Criterio de demanda	Litros/día-persona
Hospitales y clínicas	55
Ambulatorio y centro de salud	41
Hotel *****	69
Hotel ****	55
Hotel ***	41
Hotel/hostal **	34
Camping	21
Hostal/pensión *	28
Residencia	41
Centro penitenciario	28
Albergue	24
Vestuarios/Duchas colectivas	21
Escuela sin ducha	4
Escuela con ducha	21
Cuarteles	28
Fábricas y talleres	21
Oficinas	2
Gimnasios	21
Restaurantes	8
Cafeterías	1

Ilustración 21: Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado. Fuente: Documento Básico HE

Para edificios de uso residencial privado, la demanda de referencia de agua caliente sanitaria a 60°C se obtiene considerando unas necesidades de 28 litros/día-persona, en función del número de residentes establecido en la ilustración 16 y, en el caso de viviendas multifamiliares o de uso no residencial privado, se emplea un factor de centralización de acuerdo con la ilustración 21, incrementadas de acuerdo con las pérdidas térmicas por distribución, acumulación y recirculación.

El caso de estudio presenta una vivienda unifamiliar con 4 residentes, por lo que la demanda diaria de agua caliente sanitaria de esta vivienda es de 112 l/día como se observa en la ilustración 12.

The screenshot shows the CE3X software interface. The title bar indicates the file path: "CE3X - res: C:\Users\Usuario\Documents\Certificado caldera condensación.cex". The menu bar includes "Archivo", "Librerías", "Patrones de sombra", "Resultados", "Complementos", "Ayuda", and "Acerca de". The toolbar contains icons for file operations and energy analysis. The main window has tabs for "Datos administrativos", "Datos generales", "Envolvente térmica", "Instalaciones", and "Calificación Energética".

Datos generales

Normativa vigente: CTE 2013 [?] Año construcción: 2023

Tipo de edificio: Unifamiliar

Provincia/Ciudad autónoma: Madrid Localidad: Valdemoro Zona climática: HE-1 D3 HE-4 IV

Definición edificio

Superficie útil habitable: 180 m²

Altura libre de planta: 2.7 m

Número de plantas habitables: 1

Ventilación del inmueble: 0.63 ren/h

Demanda diaria de ACS: 112 l/día

Masa de las particiones internas: Media

Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Imágenes: Imagen edificio, Plano situación

Ilustración 22: Datos generales de la vivienda a estudiar

A continuación, se evalúa el aislamiento de la vivienda en la pestaña Envlovente térmica como muestra la ilustración 23, para lo cual se tienen en cuenta los muros de la fachada del edificio, así como sus respectivas orientaciones y dimensiones. Se introducen medidas sobre los elementos anómalos en la fachada como son voladizos y retranqueos, particiones interiores o tragaluz que suponen un cambio en los materiales que forman la vivienda, y por tanto afectan a la transferencia de calor entre el interior de la vivienda y el exterior, y a su vez, a la eficiencia energética de ésta. Asimismo, se evalúan las sombras y el tipo de aislamiento en ventanas de las habitaciones que constituyen la vivienda.

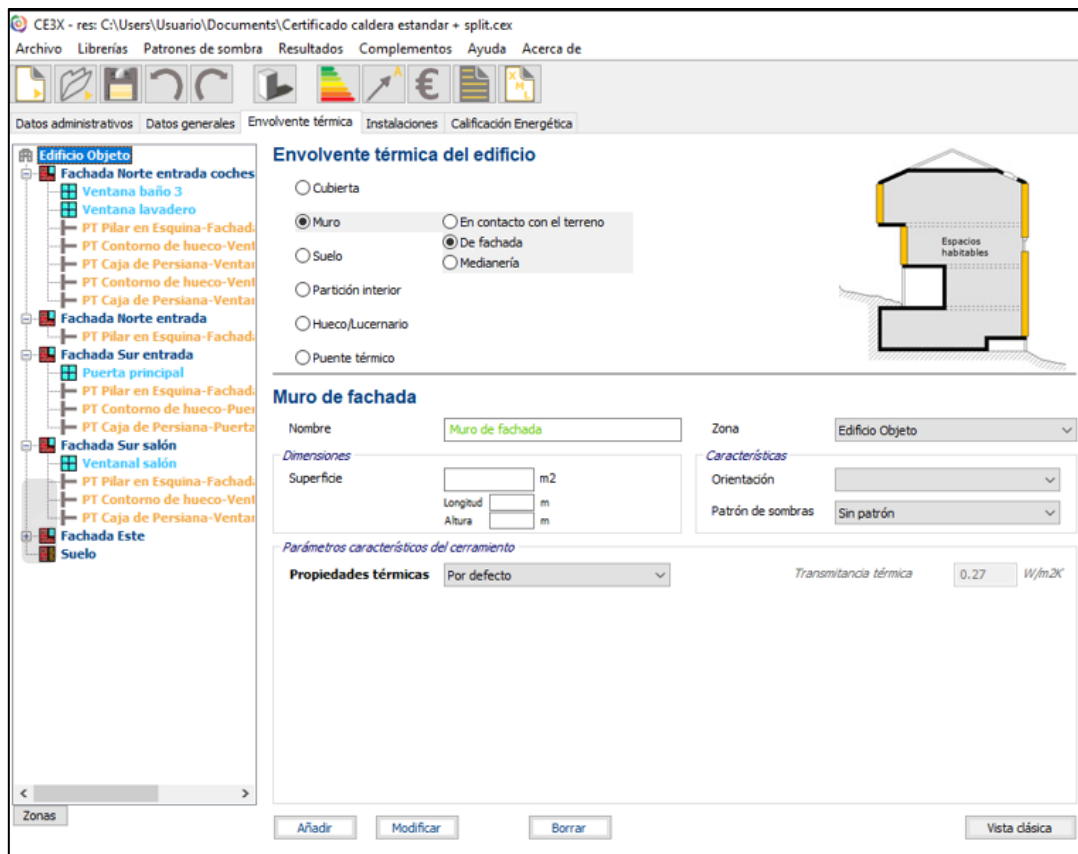


Ilustración 23: Envlovente térmica de la vivienda a estudiar

Por último, se evalúan las instalaciones de la vivienda en la pestaña Instalaciones, englobando los sistemas de agua caliente sanitaria y climatización. El sistema de climatización puede ser centralizado, en caso de disponer de una caldera de gran tamaño que pueda abastecer a numerosas viviendas, como es el caso de bloques de viviendas, o individual, en cuyo caso cada vivienda dispone de su caldera propia como es el caso de estudio.

4.7.3 ANÁLISIS CALDERA

Las calderas presentan diferentes motivos por los que se produce pérdida de rendimiento como el bajo control sobre el exceso de aire de combustión, la elevada temperatura de salida de los gases de combustión o la pérdida de calor en la válvula reguladora de presión. La directiva Ecodiseño 2009/125/EC (ErP Directiva) surge como objetivo de la Unión Europea para reducir el consumo de energía en un 20%, aumentando el uso de fuentes renovables en un 20% para reducir las emisiones de gases contaminantes. La directiva afecta a numerosas instalaciones como son las calderas, acumuladores, bombas de calor y equipos de cogeneración. Esta normativa impone a las calderas con una potencia inferior a 70kW que presenten rendimientos mayores a 86%. Asimismo, esta normativa obliga a que la producción de ACS presente una calificación energética de F como mínimo. [55]

Existen diferentes tipos de calderas, en este caso, se procede a la comparativa en términos de eficiencia, entre la caldera de gas natural, la caldera eléctrica y la caldera que emplea diésel como combustible.

- **Caldera de gas natural:** se trata de un tipo de caldera estándar que emplea como combustible el gas natural, pero únicamente emplea el poder calorífico inferior para generar calor, por lo que presenta menor rendimiento que la caldera de condensación. Este tipo de calderas dispone de una cámara de combustión estanca y completamente cerrada de manera que los gases de combustión no se emitan al exterior. La caldera de gas convencional es una caldera de menor coste económico que la caldera de condensación.
- **Caldera de condensación:** se trata de un tipo de caldera de gas que presenta un elevado rendimiento puesto que su funcionamiento implica un aprovechamiento del calor latente de condensación presente en los humos de la combustión, de manera que los gases son emitidos a temperaturas inferiores. Este tipo de calderas se caracteriza por emplear tanto el poder calorífico inferior como el poder calorífico superior del combustible para generar calor. Originariamente, se ha empleado el poder calorífico inferior como valor de referencia, sin embargo, en este caso, se obtendrán rendimientos superiores al 100% debido a la recuperación de calor latente. Por ello, el criterio seguido ha sido modificado por la directiva ErP de manera que, el valor de referencia es el poder calorífico superior incluyendo el calor latente por el cambio de fase. Por consiguiente, empleando el poder calorífico superior como valor de referencia, la caldera de condensación alcanza un 98,1% de rendimiento. [52], [53], [55]
- **Caldera de gasoil:** este tipo de calderas genera calor para suministrar calefacción y/o agua caliente sanitaria empleando como combustible gasóleo C. Se emplean mayoritariamente para viviendas deslocalizadas de núcleos urbanos que no disponen de vías para el suministro de gas. Asimismo, estas calderas proporcionan calor a de manera muy rápida y eficaz, sin embargo, los gases generados durante la combustión son más contaminantes que los producidos por la caldera de gas. Este tipo de calderas presenta un rendimiento de 95%. [43]
- **Caldera eléctrica:** por último, se presentan las calderas eléctricas, cuyo funcionamiento se basa en emplear electricidad para calentar una resistencia y producir agua caliente sanitaria y calefacción. Este tipo de calderas presenta el mayor rendimiento, en torno a un 94%. [54]

En 2015, entra en vigor una nueva normativa llamada Normativa ErP, mediante la cual, se definen como requisitos los valores mínimos de eficiencia energética, valores máximos de emisiones de NOx, y nivel mínimo de aislamiento en acumuladores de agua caliente sanitaria para poder comercializarse en el mercado europeo. [45], [55]

El Consejo de la Unión Europea ha fijado el objetivo de reducción de la energía consumida y emisiones emitidas por los países integrantes de un 11,7% para el año 2030 con respecto a las previsiones de consumo del año 2020, recogido en el Objetivo 55 [51]. Para ello, se ha establecido el uso de sistemas de calefacción menos contaminantes, de manera que las calderas de gas y diésel sean eliminadas progresivamente antes del año 2035. Añadido a esto, el reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, RITE, establece un conjunto de exigencias entre las cuales destaca la desaparición gradual de combustibles fósiles más contaminantes. [44]

Cada letra lleva un color asignado, siendo las sostenibles de color verde y va degradando hacia tonos amarillos y rojos al ir reduciendo su eficiencia. [5]

Letra A, caracteriza a las viviendas más eficientes de todas y supone una reducción del 55% del consumo de energía con respecto a la media de viviendas en Europa. Para ello, el consumo debe ser inferior a 44,6kWh y las emisiones de dióxido de carbono no pueden superar los 10kg. La letra consecutiva, letra B, indica un consumo de entre 55% y 75% con respecto a la media de viviendas en Europa, se valida con un consumo energético de entre 44,7 y 72,3 kWh y las emisiones de dióxido de carbono deben estar comprendidas entre 10 y 16,3 kg de dióxido de carbono. A continuación, la letra C certifica que el consumo energético está comprendido entre 75% y 90% con respecto a la media, siendo sus valores entre 72,4 y 112,1 kWh y los gases emitidos deben estar comprendidos entre 16,4 y 25,3 kg de dióxido de carbono. [50]

La letra D, representa un consumo energético entre 90% y 100% es decir, un consumo entre 112,2 y 172,3 kWh. El dióxido emitido está entre 25,4 y 38,9 kg. La letra E muestra que el consumo se encuentra entre el 100% y 110%, correspondiente con una potencia consumida entre 172,4 y los 303,7 kWh. Las emisiones de dióxido de carbono oscilan entre 39 y 66 kg. La letra F inicia el rango de letras de menores eficiencias energéticas, en las que las viviendas generan un consumo entre 303,8 y 382,6 kWh, el cual supone un consumo entre 110% y 125%, siendo estos superiores al consumo medio respecto a la media de viviendas en Europa, siendo las emisiones de dióxido de carbono de entre 66,1 y 79,2 kg. La letra G es la categoría inferior que clasifica aquellas viviendas con menor eficiencia energética, las cuales superan un consumo de 382,7kWh, siendo un 25% superior al consumo habitual de la media de las

viviendas en Europa. Del mismo modo, las emisiones de dióxido de carbono superan los 79,2 kg de dióxido de carbono. [50]

A continuación, se presentan tres casos de estudio donde se evalúan los efectos de los distintos tipos de calderas empleadas y el uso de bombas de calor en la certificación energética. El software evalúa el consumo de energía de origen no renovable, así como las emisiones de dióxido de carbono generadas por las instalaciones.

En el primer caso, la instalación implementada en la vivienda está formada por una caldera de condensación Vaillant que abastecerá la demanda de calefacción y ACS. En cuanto a la climatización, se emplea suelo radiante por agua caliente. Este modo de funcionamiento emplea la caldera para la generación de agua caliente en invierno, la cual es distribuida a través de la red de tuberías localizadas bajo el pavimento de la vivienda. Por el contrario, en los meses de verano, actúa como suelo refrigerante. Este sistema de calefacción supone un reducido consumo de energía que afecta directamente a la calificación energética, ya que la temperatura oscila entre los 30°C en invierno y los 15°C en verano.

Se obtiene una calificación energética de 17,3 que corresponde con la letra B, lo que indica que la vivienda presenta un alto grado de eficiencia en su consumo energético e implica reducciones en impuestos como el IBI, mayor valor de mercado y mayor bienestar de los residentes. La letra B, indica un consumo de entre 55% y 75% con respecto a la media de viviendas en Europa, se valida con un consumo energético de entre 44,7 y 72,3 kWh y las emisiones de dióxido de carbono deben estar comprendidas entre 10 y 16,3 kg de dióxido de carbono. En la ilustración 24, se muestra la demanda de calefacción y refrigeración, así como sus respectivas emisiones.

El software CE3X presenta la calificación energética de la vivienda a nivel general mostrando las emisiones globales, así como un desglose de los valores de la demanda de calefacción y refrigeración, emisiones de dióxido de carbono de calefacción, refrigeración y ACS. El peor caso de la vivienda reside en las emisiones del agua caliente sanitaria, donde se obtiene una D.

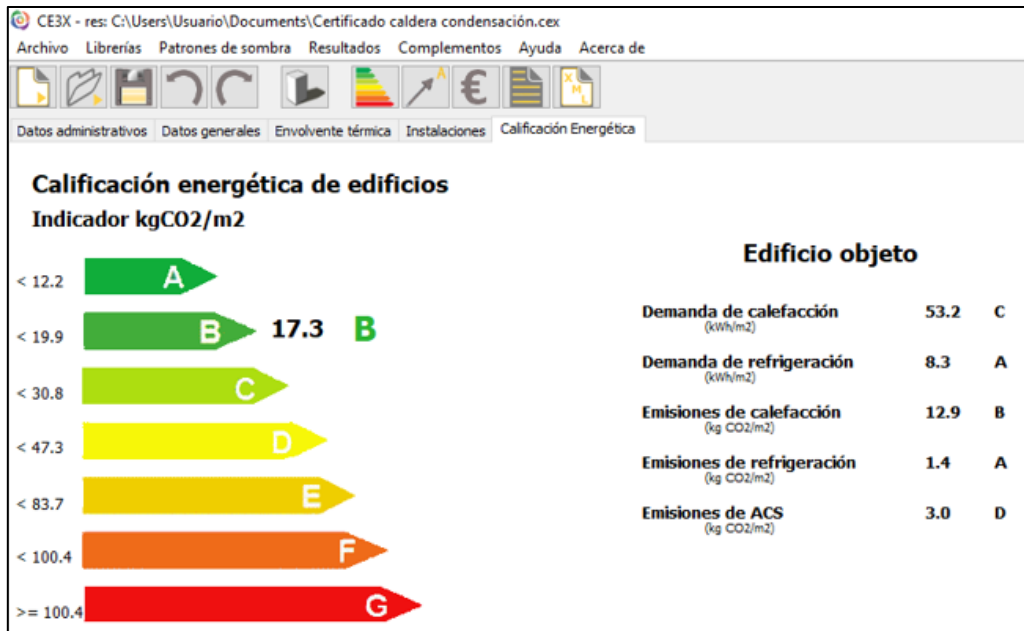


Ilustración 24: Calificación energética de una vivienda unifamiliar empleando una caldera de condensación

En segundo lugar, se evalúa la adición de una bomba de calor para refrigerar. En este caso, se emplea una caldera estándar de gas natural para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria. Por otro lado, se instala aire acondicionado gracias a la bomba de calor.

Para la bomba de calor, se emplean dos indicadores de rendimiento para calificar la eficiencia del sistema de climatización definidos según la norma UNE-EN 14511. En primer lugar, se tiene el COP, esta variable es un coeficiente de operación que se define como la relación entre la potencia de calefacción entregada y la potencia eléctrica consumida.

$$COP = \frac{\text{Potencia calorífica}}{\text{Potencia eléctrica consumida}}$$

Ecuación 8

Por otro lado, se tiene el EER, esta variable es un coeficiente de rendimiento que se define como la relación entre la potencia de refrigeración y la potencia eléctrica consumida.

$$EER = \frac{\text{Potencia frigorífica}}{\text{Potencia eléctrica consumida}}$$

Ecuación 9

En el caso de estudio, se hace uso de un equipo Split Daitsu ASD 9 KI-DB que presenta una potencia frigorífica y calorífica de 2.500kW y 2.800kW respectivamente, y una potencia absorbida, es decir, potencia eléctrica consumida, tanto frigorífica como calorífica de 784kW y

777kW respectivamente. [49] A partir de estos datos se obtienen los resultados recopilados en la tabla 11:

Tabla 10: Características del equipo Daitsu ASD 9 KI-DB poner la tabla

Aire Acondicionado Daitsu ASD 9 KI-DB	
Potencia calorífica (kW)	2.800
Potencia frigorífica (kW)	2.500
Potencia absorbida frigorífica (kW)	781
Potencia absorbida calorífica (kW)	777
COP	3,6
ERR	3,2

En la ilustración 25, se muestra la demanda de calefacción y refrigeración, así como sus respectivas emisiones.

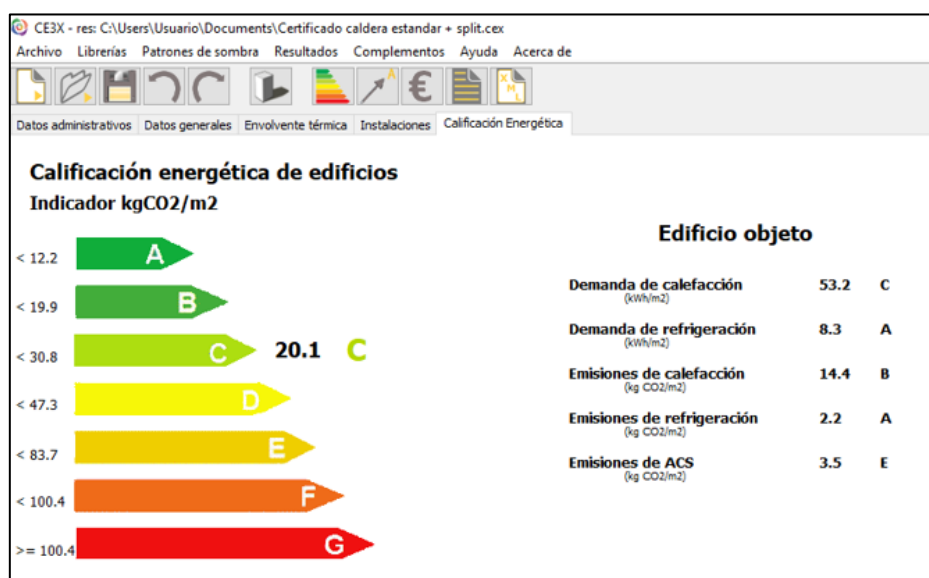


Ilustración 25: Calificación energética de una vivienda unifamiliar empleando una caldera de gas natural y bomba de calor

Se obtiene una calificación energética de 20,1 que corresponde con la letra C. Esta calificación aún considera la vivienda como eficiente, sin embargo, supone una peor calificación ya que se produce un aumento en las emisiones de calefacción y ACS, puesto que se emplea una caldera estándar de gas natural que presenta menor rendimiento que la caldera de condensación. De igual manera, aumentan las emisiones relacionadas con la refrigeración lo que se debe a la implantación de aire acondicionado en la vivienda el cual empeora la calificación energética obtenida ya que su funcionamiento consiste en la introducción de aire procedente del exterior y éste debe ser enfriado para lograr las condiciones demandadas, lo que supone mayor consumo de energía.

La letra C, indica que se trata de una vivienda eficiente en su consumo energético. Esta letra indica un consumo energético está comprendido entre 75% y 90% con respecto a la media, siendo sus valores entre 72,4 y 112,1 kWh y los gases emitidos deben estar comprendidos entre 16,4 y 25,3 kg de dióxido de carbono.

Por último, se evalúa el uso de una caldera eléctrica en sustitución de la caldera de gas natural. El funcionamiento del termoeléctrico se basa en calentar agua caliente mediante una resistencia haciendo uso de electricidad proveniente de fuentes externas.

En la ilustración 26, se muestran los valores obtenidos tras la implementación de la caldera eléctrica como instalación que cubra la demanda de ACS y calefacción.

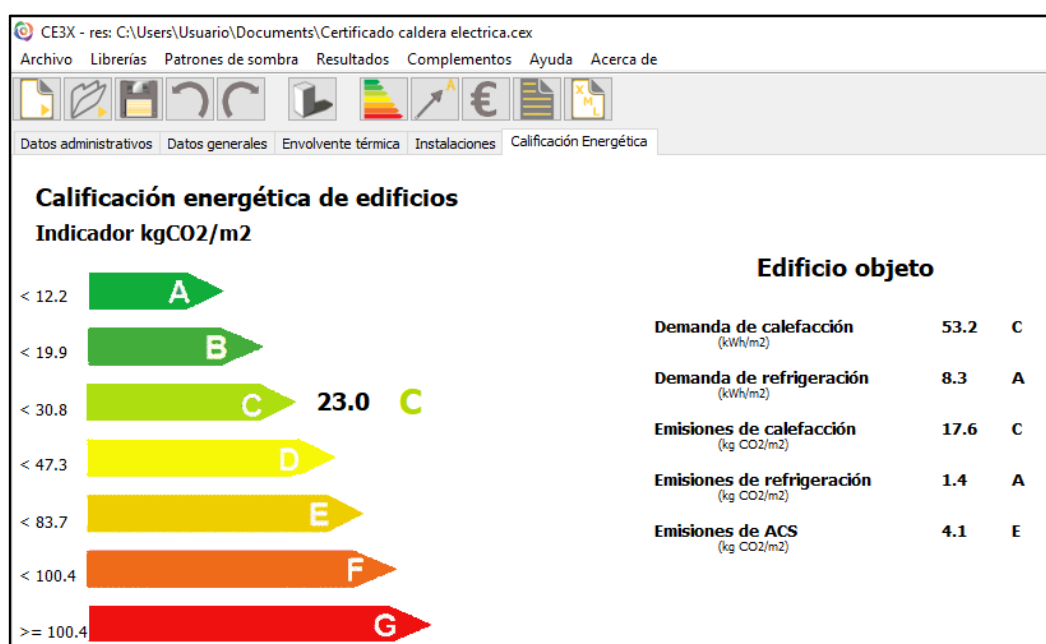


Ilustración 26: Calificación energética de una vivienda unifamiliar empleando una caldera eléctrica

En este caso, se obtiene una calificación de 23 correspondiente con la letra C. Este tipo de instalación presenta peor calificación energética que el resto a pesar de no generar emisiones para la producción de agua caliente. Esto se debe a la elevada penalización que atribuye el software a la electricidad proveniente de fuentes externas debido al desconocimiento del origen de su generación, por lo que las emisiones de calefacción y de agua caliente sanitaria aumentan con respecto a los dos casos anteriores.

La demanda de calefacción y refrigeración es común en los tres casos de estudio ya que el número de personas en la vivienda no varía, siendo 53,2kW/m² y 8,3kW/m² respectivamente.

La tabla 11 muestra la recopilación de resultados obtenidos en los tres casos de estudio. Se puede concluir que, la vivienda con caldera de condensación presenta la mejor calificación

energética debido al alto rendimiento que ésta presenta al aprovecha el calor desprendido del cambio de fase. La vivienda con caldera de gas natural presenta peor calificación energética que la caldera de condensación puesto que su funcionamiento se basa en el aprovechamiento de la energía generada por la combustión. Por último, la vivienda con caldera eléctrica presenta la peor calificación energética de los tres casos ya que el software penaliza en gran medida el uso de electricidad de fuentes externas. Por otro lado, el uso de aire acondicionado empeora el certificado energético de la vivienda ya que aumentan las emisiones asociadas a la refrigeración.

Tabla 11: Resultados obtenidos según la calificación energética

	Caldera Condensación	Caldera Gas Natural + Aire acondicionado	Caldera Eléctrica
Calificación Vivienda	17,3 - B	20,1 - C	23 - C
Emisiones de calefacción (kg CO2/ m2)	12,9	14,4	17,6
Emisiones de refrigeración (kg CO2/ m2)	1,4	2,2	1,4
Emisiones de ACS (kg CO2/ m2)	3	3,5	4,1

En la ilustración 27, se muestran los valores del caso anterior, haciendo uso de una caldera eléctrica, pero añadiendo la contribución energética que suponen las placas fotovoltaicas.

En este caso, se obtiene una calificación de 8,8 correspondiente con la letra A. Este tipo de instalación atribuye la máxima calificación energética posible vivienda. La letra A, indica un consumo energético inferior a 44,6kWh y las emisiones de dióxido de carbono no deben superar los 10 kg de dióxido de carbono. La diferencia principal entre las calificaciones empleando una caldera eléctrica o una caldera eléctrica con contribución energética de origen renovable reside en las consideraciones que realiza el software ya que, al establecer el origen de la producción eléctrica como fuente renovable, permite reducir el consumo de energías convencionales de la vivienda para la producción de ACS y electricidad, obteniendo mejor calificación energética.

Sin embargo, no todo el consumo eléctrico podrá ser cubierto por la instalación fotovoltaica y será necesario hacer uso de la electricidad de la red, es por ello, que las emisiones de calefacción, refrigeración y ACS permanecen constantes con respecto al caso de uso de caldera eléctrica, ya que considera de igual manera, las emisiones de la generación de electricidad de empleando combustibles de origen no renovable, presentando la misma penalización.

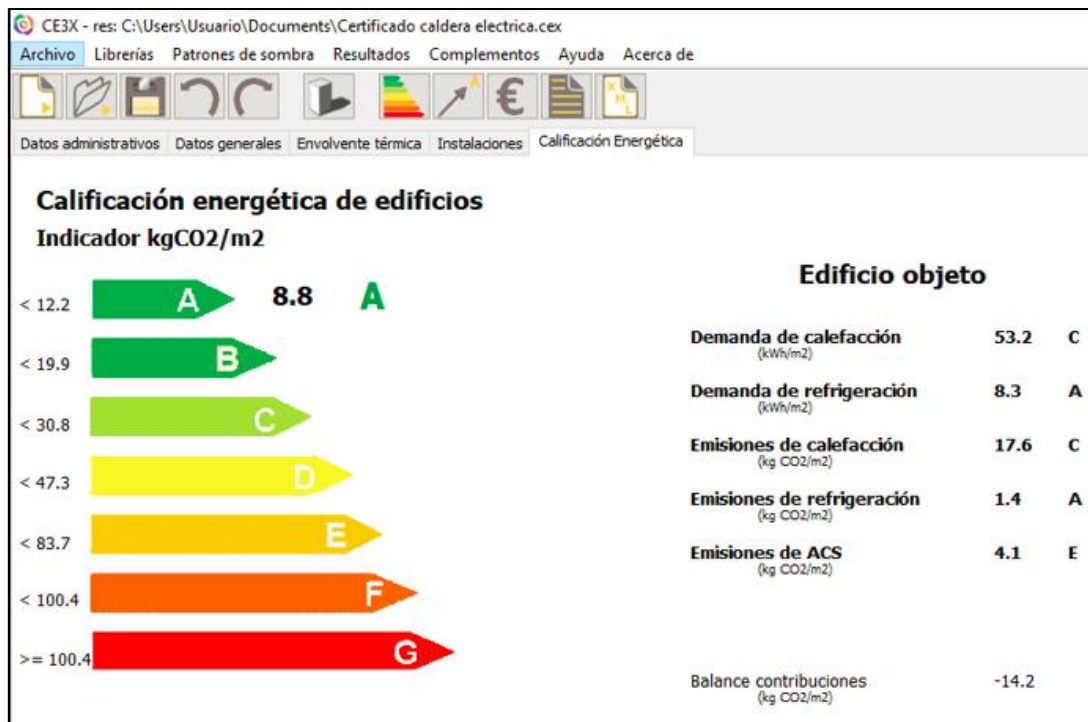


Ilustración 27: Calificación energética de una vivienda unifamiliar empleando una caldera eléctrica

4.7.4 PROPUESTA DE MEJORA

La parte final de un certificado energético presenta propuestas de mejora proporcionadas por el técnico certificador con la finalidad de reducir el consumo energético de dicha vivienda con un máximo de tres propuestas. Las mejoras que suponen un mayor impacto corresponden a las instalaciones, sustituyendo calderas por instalaciones más eficientes y menos contaminantes y a la envolvente térmica de la vivienda.

Las propuestas relacionadas con la envolvente térmica se basan en mejorar el aislamiento térmico de la vivienda ya sea por la parte exterior de la fachada o por la parte interior, pudiendo emplear cámaras de aire como aislante. Asimismo, la presencia de huecos en la fachada como ventanas, supone una pérdida de energía ya que son materiales menos aislantes. Para ello, se propone la sustitución de ventanas con cámara de aire y doble cristal con marcos para la rotura de puentes térmicos que mejoren la estanqueidad. Por otro lado, la sustitución de calderas convencionales por calderas más eficientes y menos contaminantes mejorará la letra obtenida en la calificación.

En este caso, la propuesta de mejora presentada es el uso de colectores solares planos que sustituyan la caldera para producción de agua caliente sanitaria y calefacción por agua caliente con suelo radiante con el objetivo de reducir las emisiones de ACS y las emisiones de calefacción ya que no emplea un combustible contaminante. Asimismo, se aplica con el objetivo de cumplir el Código Técnico de la Edificación HE 4.

Los colectores solares para agua caliente son dispositivos que captan radiación solar y la emplean para calentar un fluido caloportador almacenado en el depósito situado en la parte superior, generalmente propinenglicol, siendo una combinación entre agua y glicol con proporciones en torno al 50%, con el objetivo de resistir temperaturas altas y bajo cero sin perder propiedades. Una vez calentado, el fluido sale del depósito del colector solar para llegar a un intercambiador de calor y ceder el calor absorbido al agua fría proveniente de la red. Una vez calentado el agua se almacena en un acumulador para cubrir la demanda de la vivienda. Este circuito se muestra en la ilustración 28.

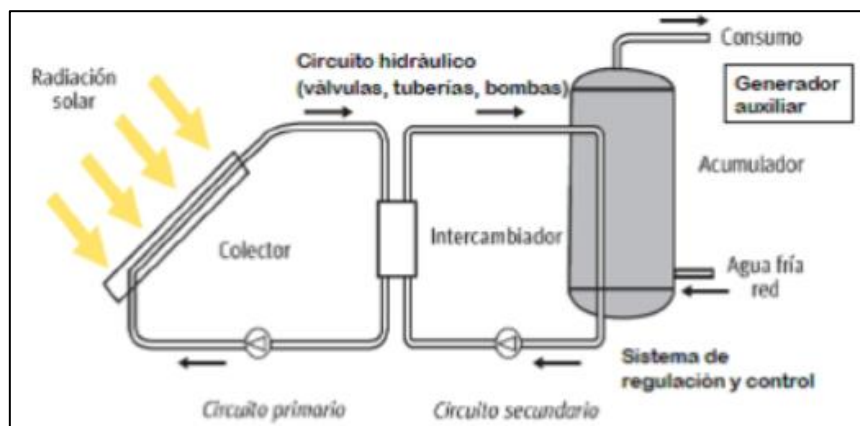


Ilustración 28: Circuito acoplado a la vivienda para la generación de ACS y calefacción

Como se muestra en la ilustración 22, la demanda de agua caliente sanitaria se sitúa en 112 l/día. Para cubrir esta demanda con los colectores solares, se requiere una unidad que disponga de termosifón para almacenamiento. El elemento que se seleccionaría presenta un depósito con un 30% de sobredimensionamiento para cubrir contingencias y mayor demanda en las ocasiones que sean necesarias, por ejemplo, el colector solar con termosifón Modelo 2M-Termosol Ultra de la marca 2M. Este equipo cuenta con 15 tubos de vacío, cada uno de 58mm de diámetro y 1800 mm de longitud de serpentín de cobre [60]. La cubierta presenta una superficie de 180m², de los cuales los paneles solares requieren 74,4m², quedando 105,6m² libres para la instalación de los colectores solares u otros elementos que solicite el propietario.

5. CONCLUSIONES

- Se ha integrado un nuevo marco normativo que permitirá alcanzar los objetivos climáticos propuestos para el año 2030, para ello, se deben cumplir los objetivos nacionales de reducción de gases de efecto invernadero, la integración de energías renovables y las medidas de eficiencia energética. Para lograr la propuesta, se sigue una línea de actuación de objetivos marcados por la Hoja de Ruta del Autoconsumo.
- La instalación fotovoltaica cubre una demanda energética diaria en una vivienda de 25,8 kWh, para lo cual se emplean 24 módulos del modelo Canadian Solar CS6X - 300P fabricado por silicio policristalino ya que se prioriza la relación calidad-precio y cumple con las exigencias del propietario de instalar el menor número de paneles posibles sin aumentar los costes del proyecto, teniendo una potencia instalada de 7,2kW.
- Se emplea el inversor Fronius SPR-750 de 7,5 kW de potencia y salida de 600 V de corriente alterna. Este dispositivo permite plantear la disposición final de los paneles, de manera que se conectan dos cadenas de paneles en paralelo cada una con doce paneles en serie.
- Se emplean estructuras de soporte fija para cubierta de teja fabricado de aluminio EN AW 6005A T6, lo que atribuye las propiedades idóneas para esta instalación, caracterizada por su elevada ligereza, resistencia mecánica y resistencia a la corrosión. Los paneles se posicionan con una inclinación de 25,2°, ocupando 74,4 m² de la cubierta de la vivienda.
- El coste final del proyecto supone un desembolso de 11.857,65€, y se evalúan los indicadores económicos que presentan un valor actual neto de 3.388,33 € y una tasa de retorno del 11%, lo que indica la viabilidad del proyecto. El precio de venta de la electricidad producida no consumida se sitúa en 0,10€/kWh mientras que el coste de la electricidad tomada de la red se sitúa en 0,16758€/kWh.
- Se han evaluado tres casos con diferentes instalaciones de aporte de calor, frío y agua caliente sanitaria. El certificado energético califica como mejor instalación la caldera eléctrica con aporte energético de paneles fotovoltaicos, obteniendo un certificado energético con letra A.
- El uso de aire acondicionado perjudica la calificación energética ya que el modo de funcionamiento requiere aporte de energía para refrigerar o calentar el aire hasta la temperatura demandada, por lo que aumentarían las emisiones de calefacción y refrigeración.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bp, «BP Statistical Review of World Energy», *BP Inf. Anu.*, p. 200, 2021.
- [2] Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación, «Energía y cambio climático». <https://www.miteco.gob.es/es/energia/estrategia-normativa/desarrollo.html>.
- [3] Naciones Unidas, «Protocolo de kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático», vol. 61702, 1998.
- [4] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico «Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030». <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.html#:~:text=El PNIEC persigue una reducción,invernadero que se emiten actualmente.>
- [5] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea.- NextGenerationEU, «INCENTIVOS AUTOCONSUMO Y ALMACENAMIENTO, CON FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES (RD 477/2021)». <https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-energias-renovables-en-autoconsumo-almacenamiento-y-termicas-sector/incentivos-autoconsumo-y-almacenamiento-con-fuentes-de-energias-renovables-rd-4772021>.
- [6] APPA Renovables, «I INFORME anual del autoconsumo fotovoltaico», El autoconsumo», 2022.
- [7] Instituto Eduardo Torroja. CSIC, *Código Técnico de la Edificación - Guía de aplicación DB HE 2019*. 2020.
- [8] G. De Nuevas y A. Profesionales, *Energía Solar Fotovoltaica*. .
- [9] R. Paule, «Incentivos fiscales para instalaciones de autoconsumo fotovoltaico en municipios », 2022.
- [10] Boletín Oficial del Estado- *Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico*. 2013.
- [11] Red Eléctrica de España, «Gestión de los puntos frontera», 2022. <https://www.ree.es/es/clientes/generador/gestion-medidas-electricas/gestiona-tus-puntos-frontera>
- [12] J. L. Benito, «La eólica y los ciclos combinados en el mix energético de España», *Energy News*, 2020. [https://www.energynews.es/potencia-instalada-eolica-ciclos-combinados/#:~:text=Actualmente España cuenta con 24.562,16%25 corresponde a la eólica \(accedido dic. 14, 2020\)](https://www.energynews.es/potencia-instalada-eolica-ciclos-combinados/#:~:text=Actualmente España cuenta con 24.562,16%25 corresponde a la eólica (accedido dic. 14, 2020)).
- [13] OMIE, «Precios mercado eléctrico anual-MIBEL/OMIE», 2022. <https://www.omie.es/es/market-results/interannual/daily-market/daily-prices?scope=interannual>.
- [14] Red Eléctrica de España, «Procedimientos Operativos de REE recogidos en su pagina web con los diferentes BOE», 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.ree.es/es/actividades/operacion-del-sistema-electrico/procedimientos-de-operacion>.
- [15] Red Eléctrica de España, «Datos de generacion y distribucion REE», 2022, 2022. <https://www.ree.es/es/datos/generacion>.

- [16] OMIE, «Precio horario del mecanismo de ajuste a los consumidores en el mercado.», 2022, 2022. <https://www.omie.es/es/market-results/daily/average-final-prices/hourly-price-consumers>.
- [17] Consejo de la Unión Europea Consejo Europeo, *Medidas restrictivas de la UE contra Rusia por sus actos en Ucrania (Desde 2014)*. 2022.
- [18] Ministerio de Industria y Comercio, «Informe de consumo por usos del sector residencial». <https://informesweb.idae.es/consumo-usos-residencial/informe.php>.
- [19] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, «Hoja de Ruta del Autoconsumo».
- [20] Ministerio de Industria y Comercio, *Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE*. 2022.
- [21] Director de A. de A. Juan José Cortés, «Etiqueta energética: conoce todos los detalles y cómo conseguirla». <https://www.aliatasaciones.com/blog/etiqueta-energetica/#:~:text=Administración de Alia-,Qué es la etiqueta energética,se le asigna un color>.
- [22] Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación, «Real Decreto 1042 / 2017 , de 22 de diciembre , sobre la limitación de las emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de las instalaciones de combustión medianas y por el que se actualiza el anexo IV de la Ley 34 / 2007 , d», *Boletín Of. del Estado*, pp. 1-23, 2017.
- [23] Registro administrativo dependiente del Estado, «Sede Electrónica del Catastro». <http://www.sedecatastro.gob.es/>.
- [24] Comisión Nacional de los Mercados y Competencia, «Regulación de Mercado y Procedimientos de Operación», 2022. <https://www.cnmc.es/ambitos-de-actuacion/energia/regulacion-de-mercado-y-procedimientos-de-operacion>.
- [25] Red Eléctrica de España, «Guía descriptiva del Procedimiento de Conexión a la Red», 2022.
- [26] Asociación Española de la Normalización, «UNE-EN 61215-1-1:2016», pp. 6-8, 2016.
- [27] T. M. Benedicto, Mercado eléctrico y tarificación. Empresas de servicios energéticos, Madrid, 2022.red.
- [28] Histórico EURO/DOLLAR USA, «Histórico EURO/DOLLAR USA», *El Econ.*, 2024, [En línea]. Disponible en: <https://www.eleconomista.es/cruce/EURUSD>.
- [29] ECODIRECT, «Canadian Solar CS6X-300P > 300 Watt Solar Panel» [En línea]. Available: <https://www.ecodirect.com/Canadian-Solar-CS6X-300P-300W-36V-PV-Panel-p/canadian-solar-cs6x-300p.htm>.
- [30] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, «Documento Básico DCC HE», *Ministerio de Ciencia e Innovación*, 2022.
- [31] IDAE, «Energía Solar Fotovoltaica Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red», vol. 3, p. 45, 2011.
- [32] Vaillant S.L, «Fluido Colector Solar», España, p. 134, 2022.
- [33] AutoSolar, «Estructura Paneles Solares», 2023, 2023. <https://autosolar.es/estructura-paneles-solares>

- [34] IDAE, «Normativa de autoconsumo», IDAE, 2021, [En línea]. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/oficina-de-autoconsumo/normativa-de-autoconsumo>.
- [35] Diseño NTE, «Tejadas y tejados (Soportes de paneles para viviendas)». España, p. 4, 2022.
- [36] A. Puro, «Aleaciones de Aluminio Aleaciones de Aluminio PMQR76», vol. 3, p. 43, 2022.
- [37] SLG ESTUDIO, «Medidas de mejora en el certificado energético», 2022. <https://www.estudioslg.com/medidas-de-mejora-en-el-certificado-energetico/>.
- [38] B. Meban y H. of P. and P. Communications, «Record-low solar PV prices risk EU's open strategic autonomy».
- [39] Red Eléctrica de España, «TÉRMINO DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA ACTIVA DEL PVPC», [En línea]. Available: <https://www.esios.ree.es/es/pvpc?date=15-02-2024>
- [40] Boletín Oficial del Estado -Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC. 2022.
- [41] Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, «Orden TED/749/2020, de 16 de julio, por la que se establecen los requisitos técnicos para la conexión a la red necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión.», Boletín Of. del Estado.
- [42] Centro Nacional de Energías Renovables, «HERRAMIENTA OFICIAL DE CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS EXISTENTES»
- [43] Ministerio de la presidencia, justicia y relaciones con las cortes, «Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.», Boletín Of. del Estado.
- [44] Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico, «RITE - Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. [En línea], Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/rite.html>
- [45] Consejo de la Unión Europea, «El Consejo adopta la Directiva de Eficiencia Energética,» 2023.
- [46] European Commission, «PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM,» [En línea]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/.
- [47] Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico, «Autoconsumo de energía eléctrica.», [En línea]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/energia/energiaelectrica/electricidad/autoconsumo-electrico.html>
- [48] IDAE, «Estudios, Informes y Estadísticas». <https://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/estudios-informes-y-estadisticas>.
- [49] A. CLIMA, «Splits y Acondicionadores,» [En línea]. Available: https://www.acpclima.es/split-pared-inverter-air-r32-asd-9-ki-db-b1b43/?otcountry=ES&gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMlZOiPrjQhAMVvyZGDBx1rKgOvEAQYASABEgI9bfd_BwE.
- [50] Provaiser, «Detalles sobre el certificado energético de una vivienda»

- [51] Consejo de la Unión Europea, "Objetivo 55," Comisión Europea, [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.
- [52] Ministerio de Industria y Turismo, "Ecodiseño - Calentadores" Gobierno de España.
- [53] MaesWell, "RENDIMIENTO DE UNA CALDERA DE CONDENSACIÓN," [Online]. Available: <https://app.maeswell.com/2020/05/rendimiento-caldera-condensacion/>.
- [54] SeralGas, "Bosch Junkers," [Online]. Available: https://seralgas.es/comprar/calderas-de-gas/condensacion/calderas-bosch-junkers/bosch-junkers-condens-c-6000i-w-25-28-c/?gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMIsMXVttDQhAMVSZiDBx2XTgUaEAQYASABEgl-UPD_BwE.
- [55] Ministerio de la Presidencia, Justicia y Relaciones con las cortes, «Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se instaure un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía», Boletín Of. del Estado.
- [56] Prisolar, "ESTRUCTURA DE ALUMINIO PARA PANELES FOTOVOLTAICOS," [Online]. Available: <https://prisolar.com/producto/estructura-de-aluminio-coplanar-para-4-paneles-fotovoltaicos/>.
- [57] Ministerio de Industria y Turismo, "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión," Gobierno de España.
- [58] IDAE, «Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo» https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/2023-01-10_Guia_Profesional_Tramitacion_autoconsumo_v.5.1_NIPO-2023.pdf
- [59] Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana, «Informe de Evaluación del Edificio», Boletín Of. del Estado. <https://iee.mitma.gob.es/>
- [60] Ecofener, «Equipos compactos termosifón,» [En línea]. Available: https://ecofener.com/equipos-compactos-termsifon/1091-termsifon-200-litrosdia-con-serpentin-y-15-tubos-de-vacio-2m-termsol-ultra.html?gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMIqtPg1ezShAMVYLCDxBx3Nmg2SEAQYAYABEgJeOfD_BwE.
- [61] Red Eléctrica de España, «Datos estructura generación REE», 2024. <https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion>.
- [62] Selectra, «Tarifas de compensación de excedentes para placas solares,» [En línea]. Available: <https://selectra.es/autoconsumo/info/tarifas>.

7. ANEXOS

7.1 ANEXO 1: ENVOLVENTE TÉRMICA E INSTALACIONES

En el presente anexo, se adjuntan las ilustraciones proporcionadas por el software CE3X correspondientes a la envolvente térmica y a las diferentes instalaciones estudiadas para la vivienda en el apartado 4.7.2. La envolvente térmica es común para todos los casos presentados y se muestra en la ilustración 30.

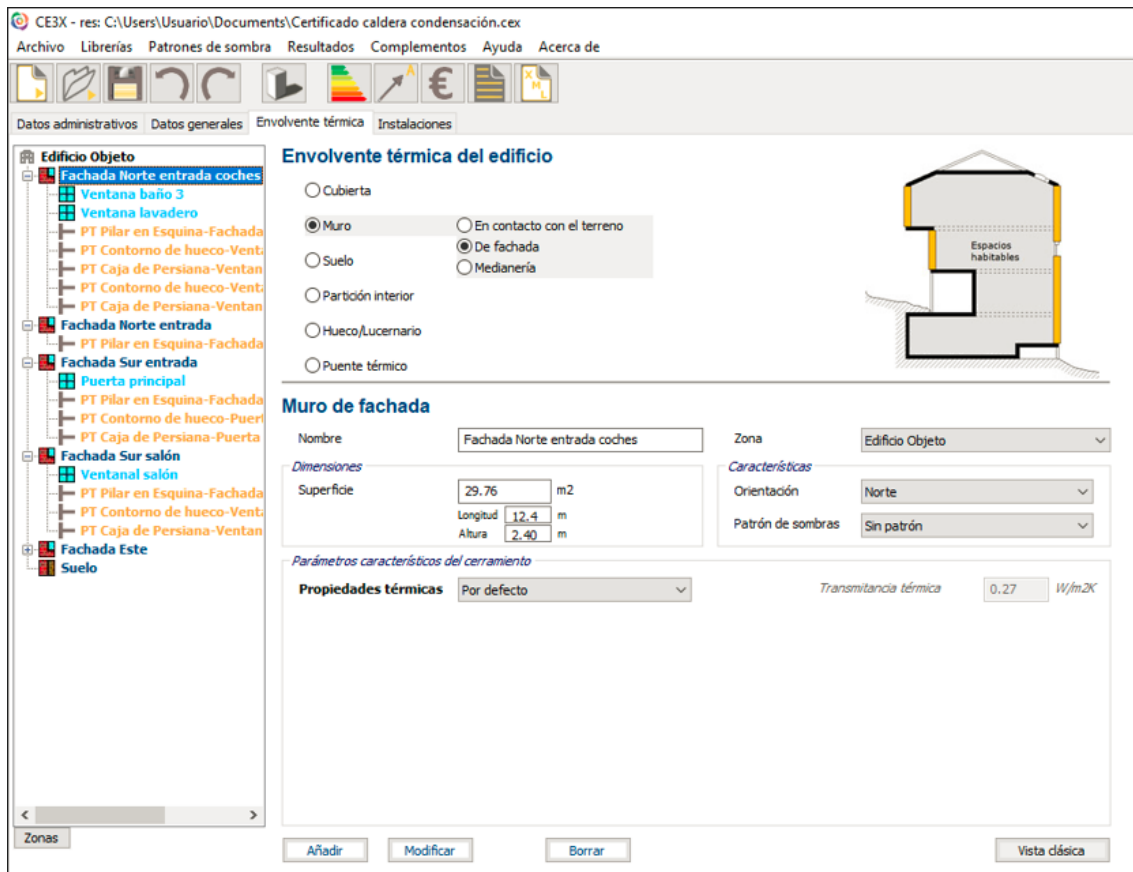


Ilustración 29: Envlovente térmica de la vivienda

La ilustración 31, presenta la instalación empleando una caldera de condensación.

The screenshot shows the 'Instalaciones del edificio' (Building Installations) window in CE3X. The 'Edificio Objeto' (Building Object) is 'Caldera condensación vaillant'. Under 'Instalaciones del edificio', 'Equipo de ACS' (ACS Equipment) is selected. The 'Equipo de ACS' section shows the following configuration:

- Nombre: Equipo ACS
- Zona: Edificio Objeto
- Características:
 - Tipo de generador: Caldera Estándar
 - Tipo de combustible: Gas Natural
- Demanda cubierta (ACS):

Superficie (m2)	180.0
Porcentaje (%)	100
- Rendimiento medio estacional:
 - Rendimiento estacional: Estimado según Instalación
 - Rendimiento medio estacional: 61.8 %
 - Potencia nominal: 24.0 kW
 - Carga media real fomb: 0.2
 - Rendimiento de combustión: 90.0 %
 - Aislamiento de la caldera: Antigua con mal aislamiento
- Con Acumulación:

Buttons at the bottom include 'Añadir', 'Modificar', 'Borrar', and 'Vista clásica'.

Ilustración 30: Instalación de caldera de condensación

La ilustración 32, presenta la instalación empleando una caldera de gas y bomba de calor.

The screenshot shows the 'Instalaciones del edificio' (Building Installations) window in CE3X. The 'Edificio Objeto' (Building Object) is 'aire acondicionado salón' and 'Caldera ariston cares s 24'. Under 'Instalaciones del edificio', 'Equipo mixto de calefacción y ACS' (Mixed Heating and ACS Equipment) is selected. The 'Equipo mixto de calefacción y ACS' section shows the following configuration:

- Nombre: Caldera ariston cares s 24
- Zona: Edificio Objeto
- Características:
 - Tipo de generador: Caldera Estándar
 - Tipo de combustible: Gas Natural
- Demanda cubierta (ACS y Calefacción):

	ACS	Calefacción
Superficie (m2)	180.0	126.0
Porcentaje (%)	100	70
- Rendimiento medio estacional:
 - Rendimiento estacional: Estimado según Instalación
 - Rendimiento medio estacional (ACS y Calefacción): 89.6 %
 - Potencia nominal: 24 kW
 - Carga media real fomb: 0.3
 - Rendimiento de combustión: 98 %
 - Aislamiento de la caldera: Bien aislada y mantenida
- Con Acumulación:

Buttons at the bottom include 'Añadir', 'Modificar', 'Borrar', and 'Vista clásica'.

Ilustración 31: Instalación de caldera de gas

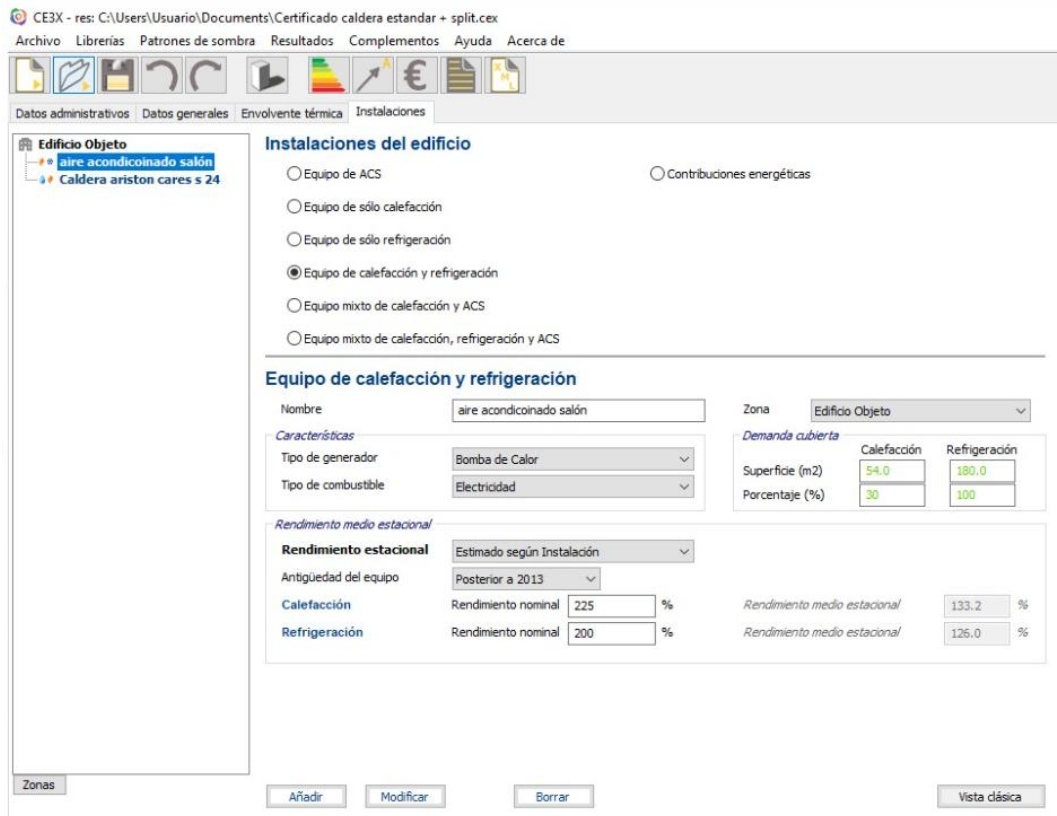


Ilustración 32: Instalación de bomba de calor

La ilustración 33, presenta la instalación empleando una caldera eléctrica.

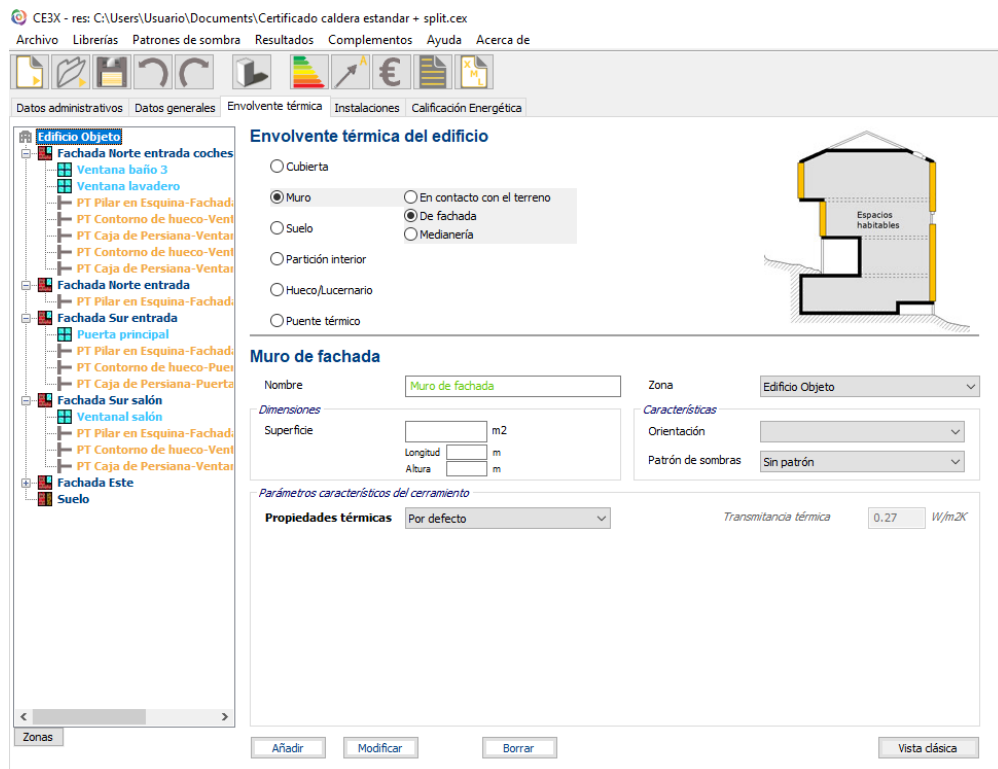


Ilustración 33: Instalación caldera eléctrica

La ilustración 34, presenta la instalación empleando una caldera eléctrica y paneles solares definidos como contribución energética.

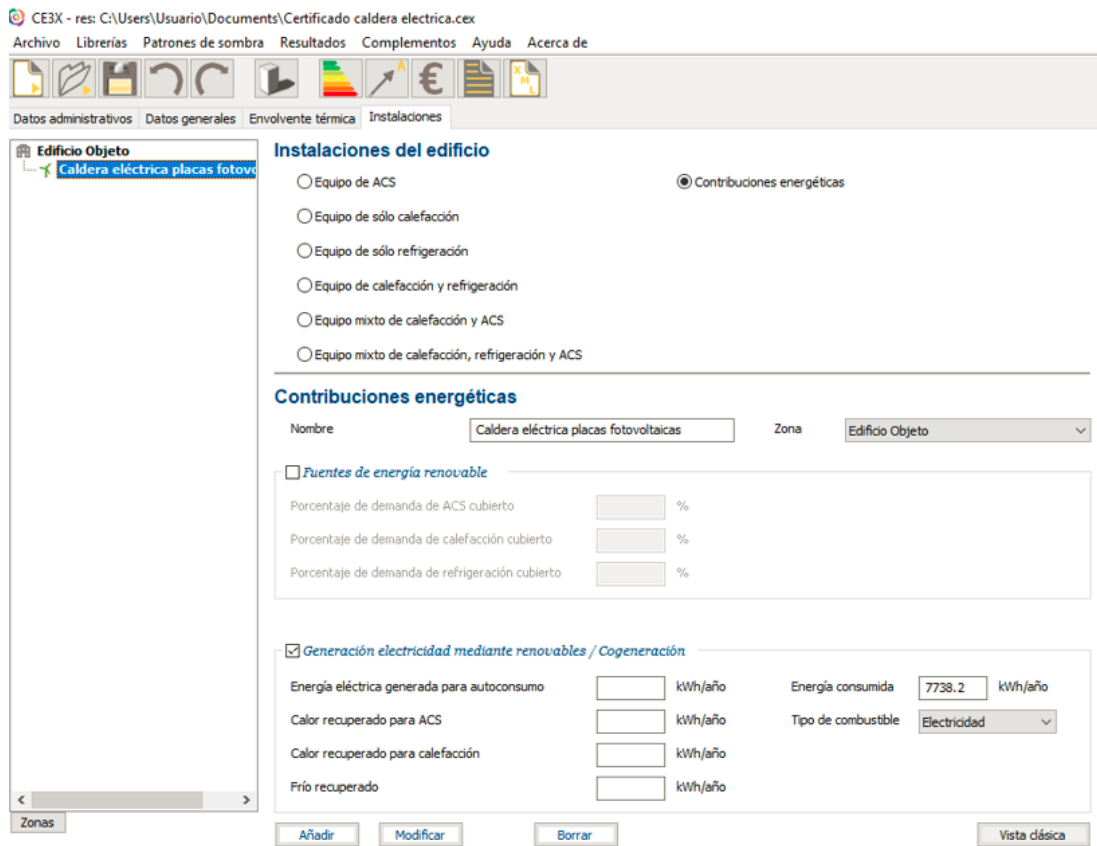


Ilustración 34: Instalación caldera eléctrica y paneles solares

7.2 ANEXO 2: PLANOS VIVIENDA Y LOCALIZACIÓN

El presente anexo, muestra la localización exacta de la vivienda así como el plano de la vivienda como se muestra en la ilustración 35 y las correspondientes acotaciones en la ilustración 36.

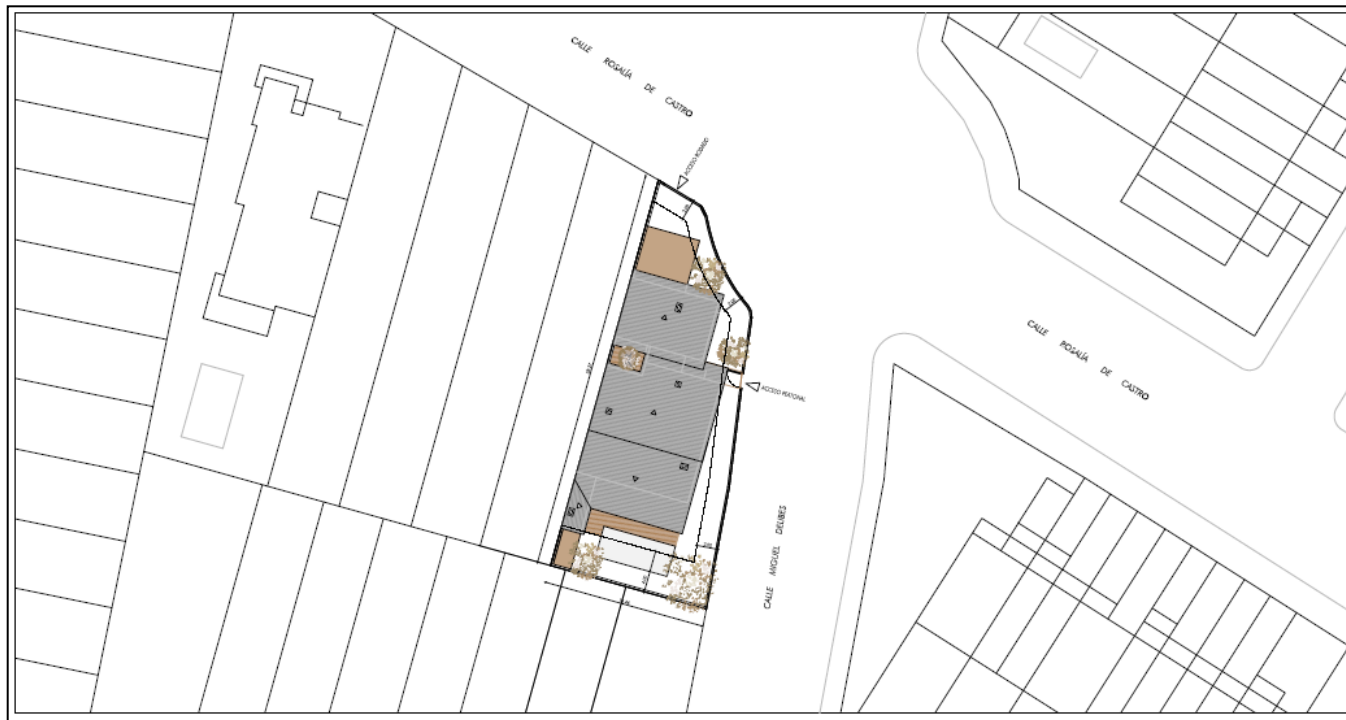


Ilustración 35: Plano de localización de la vivienda

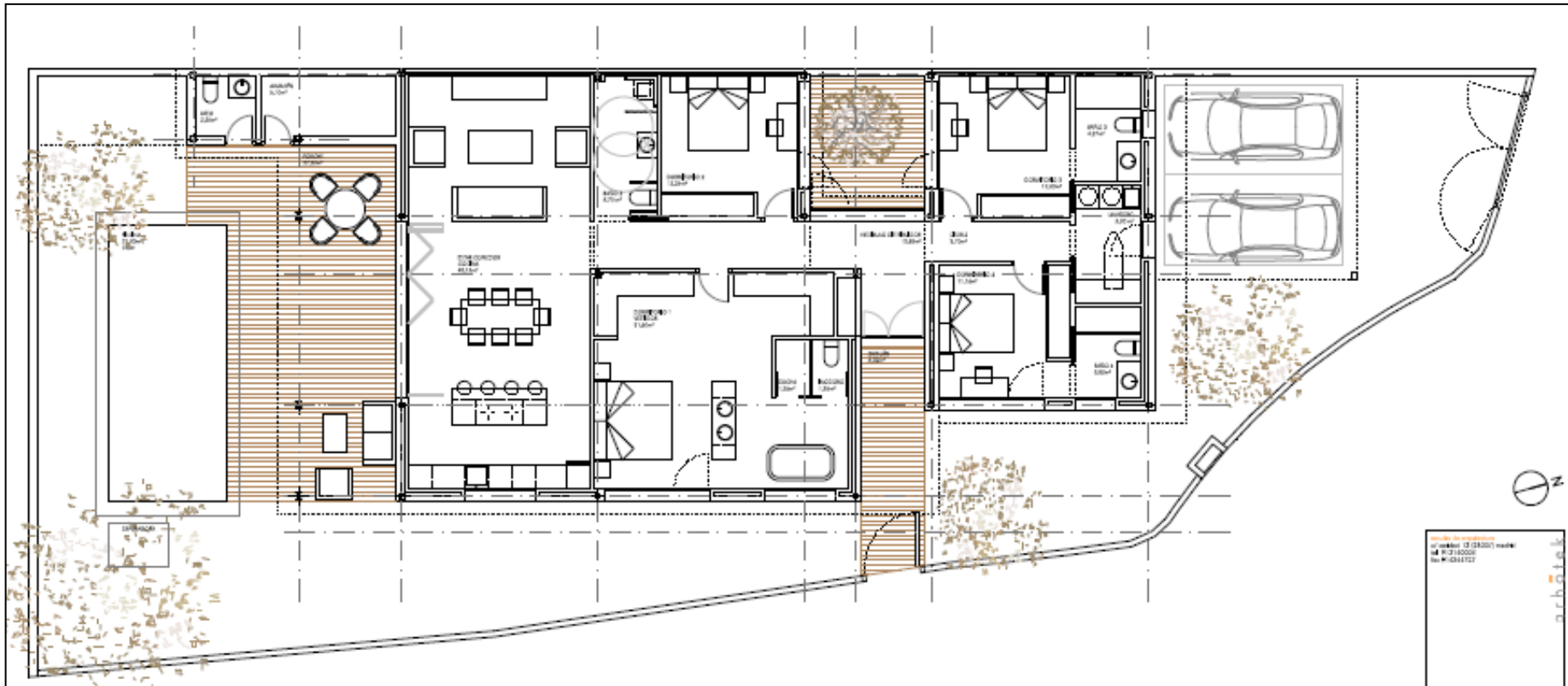


Ilustración 36: Plano de la distribución de la vivienda

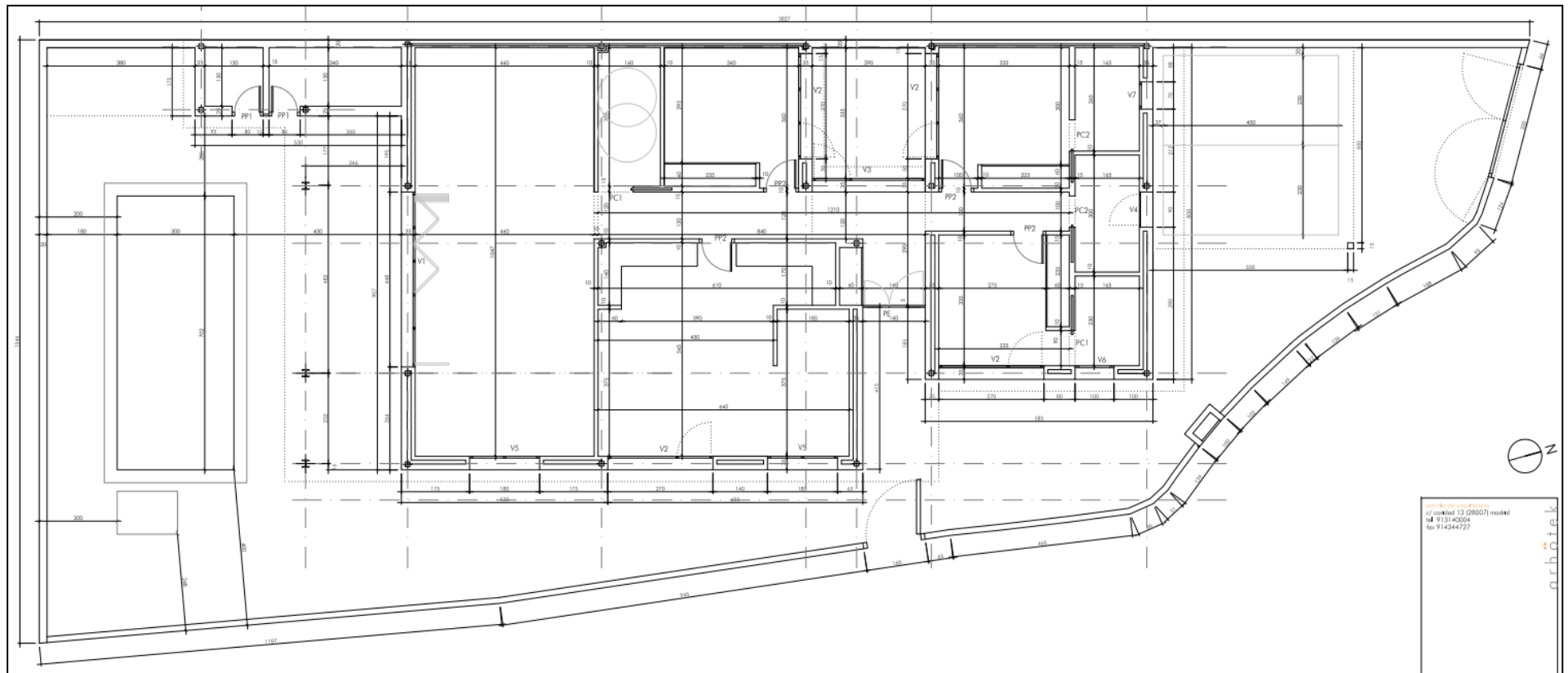


Ilustración 37: Plano con acotaciones de la vivienda