



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Análisis técnico-económico de una instalación fotovoltaica para autoconsumo de una vivienda unifamiliar

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

Autor: **Íñigo Pérez Peñalver**
Director: Ana María Nieto Morote



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Cartagena, 7/09/2019

Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Normativa de autoconsumo.....	2
2.1.	Normativa vigente.....	5
2.1.1.	Condiciones administrativas.....	5
2.1.2.	Condiciones técnicas.....	5
2.1.3.	Condiciones económicas.....	6
3.	Tipologías de instalaciones fotovoltaicas destinadas a autoconsumo.....	7
3.1.	Componentes de una instalación fotovoltaica destinada a autoconsumo.....	8
3.2.	Esquemas de instalaciones fotovoltaicas destinadas a autoconsumo.....	13
4.	Metodología de cálculo.....	14
5.	Caso de estudio.....	17
5.1.	Datos climáticos.....	17
5.1.1.	Radiación.....	18
5.1.2.	Temperatura.....	25
5.2.	Datos de consumo.....	26
5.2.1.	Consumos según IDAE.....	26
5.2.2.	Consumos por electrodomésticos.....	29
5.3.	Superficie útil de la vivienda.....	46
5.4.	Dimensionamiento de la instalación.....	49
5.4.1.	Preselección de paneles.....	49
5.4.1.1.	Alternativa 1.....	50
5.4.1.2.	Alternativa 2.....	55
5.4.1.3.	Alternativa 3.....	57
5.4.2.	Configuración de la instalación.....	80
5.5.	Análisis económico.....	82
5.5.1.	Parámetros de un estudio de viabilidad.....	83
5.5.2.	Viabilidad económica de la instalación fotovoltaica.....	84
5.5.2.1.	VAN vivienda sin instalación fotovoltaica.....	85
5.5.2.2.	VAN vivienda con instalación fotovoltaica.....	89
6.	Conclusión.....	93
7.	Bibliografía.....	94
8.	Anexo 1: Hoja de características panel fotovoltaico.....	95
9.	Anexo 2: Hoja de características inversor.....	97

1. Introducción.

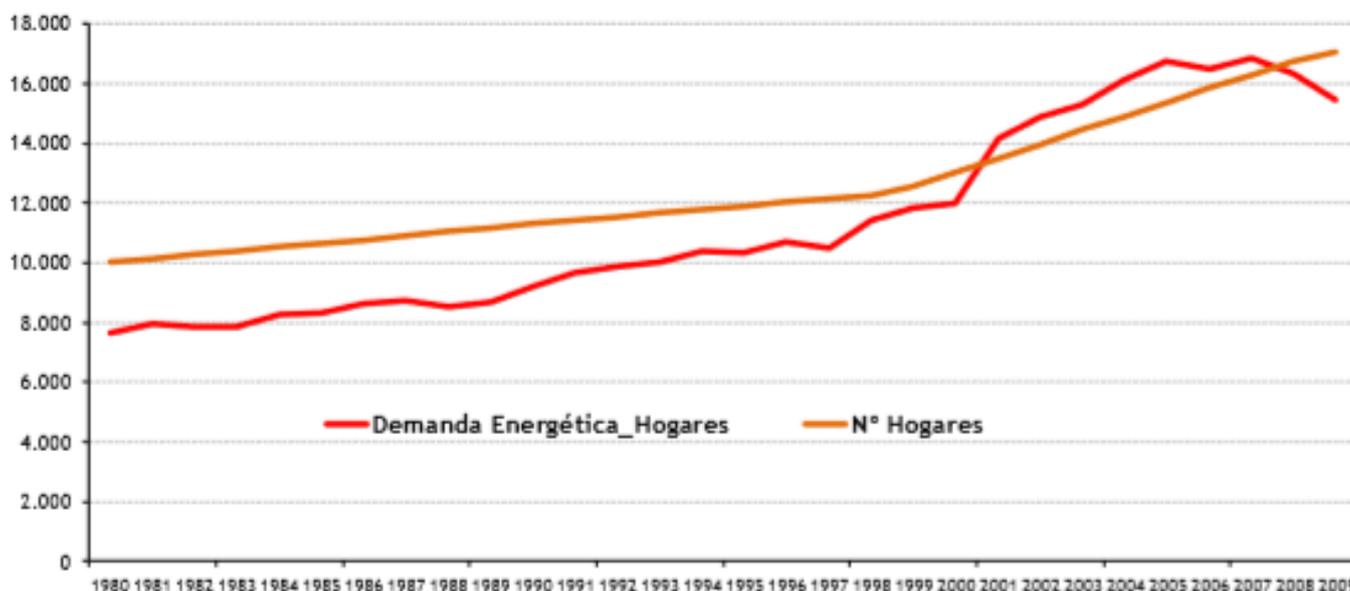
Actualmente, la sociedad está cada vez más concienciada sobre los diferentes problemas que están generando diversos fenómenos como el cambio climático o la contaminación atmosférica. Con el objetivo de paliar estos fenómenos, surgió en 1997 el protocolo de Kioto, donde se produjo un acuerdo internacional para la reducción de las emisiones de seis gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global.

Uno de los principales culpables de los fenómenos mencionados anteriormente, es el uso de los combustibles fósiles, (petróleo, gas natural, carbón y gas licuado). Con el objetivo de disminuir el consumo de éstos últimos, la unión europea, a través de la Directiva 2018/2001, está promocionando el uso de las energías renovables como sustitución de ellos.

Esta nueva normativa, junto a una mayor concienciación por parte de la sociedad sobre los problemas medioambientales, ha provocado que el uso de las energías renovables, solar, eólica, biomasa, ..., tengan cada vez una mayor importancia en nuestra sociedad.

Así mismo, hoy en día, el sector residencial en España consume una gran parte de la energía total consumida. Según datos de IDAE, el sector residencial en España demanda un 17% de la energía consumida total y un 25% de la energía eléctrica consumida, siendo un sector en claro crecimiento, tal y como se muestra en la ilustración 1.

Ilustración 1. Aumento sector residencial en España



Fuente: IDAE

Debido a estos datos, la implementación de instalaciones solares fotovoltaicas en viviendas para la obtención de energía limpia cobra una gran importancia, y puede hacer que se reduzca notablemente la energía consumida en este país de origen fósil.

Por lo tanto, debido a lo mencionado anteriormente, en este trabajo se va a ser analizar la viabilidad económica de la realización de una instalación fotovoltaica destinada a autoconsumo en una vivienda.

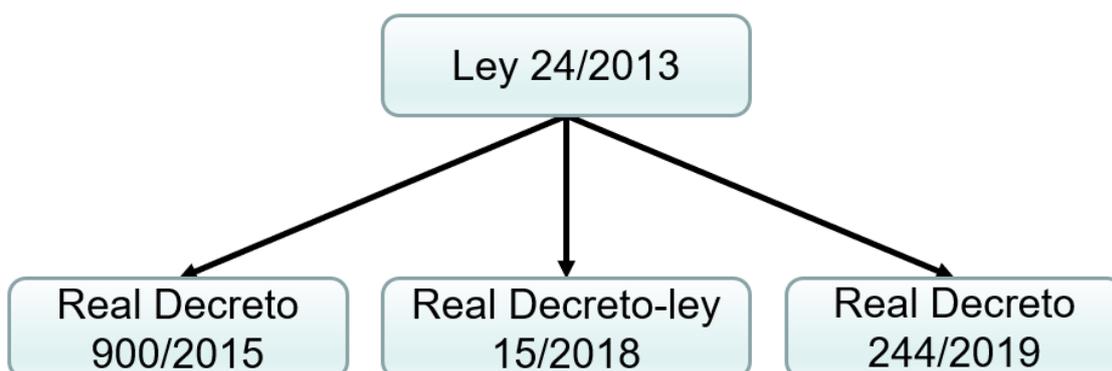
2. Normativa de autoconsumo.

En materia de autoconsumo eléctrico, fue la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del sector eléctrico, la que indicaba la necesidad de la regulación del autoconsumo en España, ya que, hasta la fecha, carecía de regulación. Esta ley, en su artículo 9, define el autoconsumo como “*el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a los mismos*”. Dicha ley recoge dos posibles modalidades de autoconsumo:

- Autoconsumo sin excedentes: cuando haya dispositivos que impidan inyectar la energía excedentaria a la red.
- Autoconsumo con excedentes: cuando las instalaciones de generación, además de suministrar energía para el autoconsumo, también puedan inyectar la energía excedentaria a la red.

A partir de esta ley, han sido tres los Reales Decretos que han ido legislando el autoconsumo en España, Real Decreto 900/2015, Real Decreto-ley 15/2018 y Real Decreto 244/2019. Estos Reales Decretos tenían como fin regular las condiciones administrativas, técnicas y económicas de los tipos de autoconsumo de energía eléctrica definidas en el artículo 9 de la Ley 24/2013.

Ilustración 2. Normativas en materia de autoconsumo



Estos reales decretos organizan el autoconsumo en varias modalidades. Las modalidades de autoconsumo han ido cambiando a medida que cambiaba la normativa vigente. El Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, distingue dos modalidades de autoconsumo:

- a) Tipo 1: En esta modalidad se incluyen a las instalaciones destinadas al consumo propio, y que no estén dadas de alta en el registro como una instalación de producción de electricidad. Solo existe un único sujeto, que es el consumidor.

Los requisitos a cumplir para pertenecer a esta modalidad de autoconsumo son:

- La potencia contratada tiene que ser inferior a 100kW.
- La potencia de la instalación tiene que ser menor a la potencia que se tenga contratada.
- Es obligatorio, que se disponga de un equipo que registre la medición de la energía neta generada, así como otro equipo de medida independiente en el punto de frontera.

- Para esta modalidad de autoconsumo, es opcional la instalación de un equipo que registre la energía total consumida.
- b) Tipo 2: Esta modalidad es aquella en la que un consumidor está asociado a una o varias instalaciones de producción, que están inscritas en el registro de producción de energía eléctrica. En esta modalidad, a diferencia del tipo 1, existen dos sujetos, el productor y el consumidor.
- Los requisitos a cumplir para pertenecer a esta modalidad son:
 - La suma de las potencias de las instalaciones tiene que ser menor o igual a la potencia contratada.
 - Si la instalación es de una potencia inferior a 100kW, es obligatorio la instalación un equipo de medida bidireccional, que mida la energía generada neta, y es opcional la instalación de un equipo de mida la energía total consumida. En el caso de que la instalación de esta modalidad sea superior a 100kW, será obligatoria la instalación de los dos equipos de medida antes mencionados.

Para cualquiera de las dos modalidades se permite el uso de baterías, siempre que éstas compartan el equipo de medida de generación neta o de la energía horaria consumida. Los equipos de medida se deben colocar en la zona más próxima posible al punto de frontera y tienen que tener capacidad de medida horaria.

Posteriormente, se aprobó el Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, el cual modificaba el Real Decreto 900/2015, y clasificaba las modalidades de autoconsumo como:

- a) Autoconsumo sin excedentes. En esta modalidad solo existe el sujeto de consumidor de energía, y para poder acogerse a este tipo de instalación hay que instalar un equipo anti-vertido que asegure que no se vierta energía a la red.
- b) Autoconsumo con excedentes. En esta modalidad, por su parte, existen dos sujetos distintos, el sujeto consumidor de electricidad y el sujeto productor.

En este Real Decreto-Ley, se nombra por primera vez el autoconsumo compartido, ya que, según queda recogido en el artículo 18, la definición de autoconsumo cambia, pasando a ser: *“se entenderá por autoconsumo el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a los mismos”*.

Para ambas modalidades se permite que la instalación de autoconsumo tenga una mayor potencia que la contratada, ya que queda derogada esta parte de los artículos 5 y 6 del Real Decreto 900/2015. De igual forma se permite contratar potencias diferentes a las normalizadas.

La última modificación, hasta la fecha, en materia de autoconsumo energético, es el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, mediante el cual se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Este Real Decreto establece la clasificación de las modalidades de autoconsumo como:

- a) Modalidad de autoconsumo con excedentes, es aquel en el que las instalaciones además de suministrar energía para autoconsumo, también pueden suministrar a la red la energía excedentaria. En esta modalidad existen dos sujetos, el consumidor y el productor.
Dentro del autoconsumo con excedentes, se pueden distinguir dos tipos:

a.1) Modalidad con excedentes acogida a compensación: Pertenecen a esta modalidad aquellos casos en los que el consumidor y el productor se acojan a un mecanismo de compensación de excedentes. Para pertenecer a esta modalidad se ha de cumplir:

- La potencia total de la instalación no puede superar los 100kW.
- La fuente de energía primaria tiene que ser de origen renovable.
- El consumidor y el productor han suscrito un contrato de compensación de excedentes.
- La instalación de producción no tenga otorgado un régimen retributivo adicional o específico.
- Si fuese necesario, solo se hubiera suscrito un único contrato de suministro para consumo y servicios auxiliares.

a.2) Modalidad con excedentes no acogida a compensación: Se acogerán a esta modalidad aquellas instalaciones que no cumplan alguno de los requisitos de la modalidad de autoconsumo con excedentes acogido a compensación, o aquellas que voluntariamente no deseen acogerse a dicha modalidad.

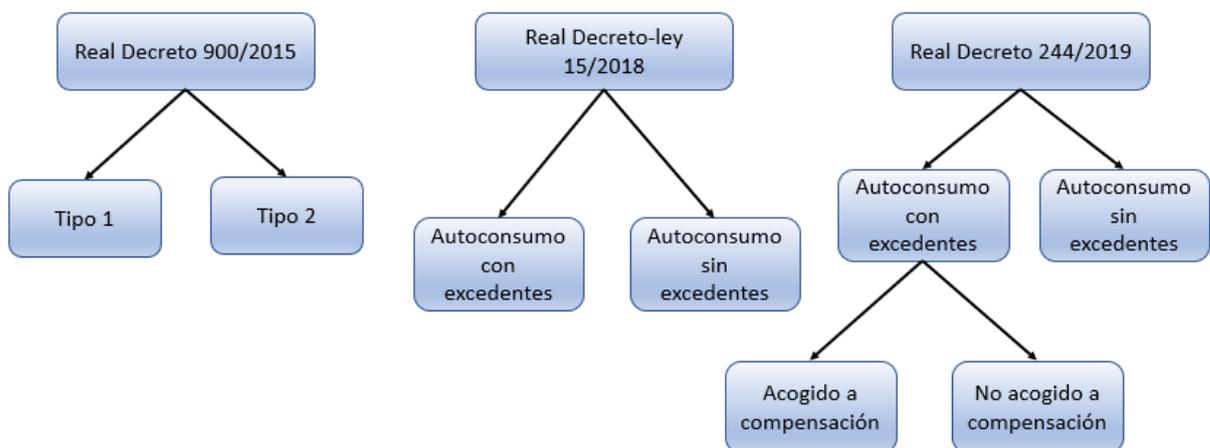
b) Modalidad de autoconsumo sin excedentes, es aquel en el que no se vierten los posibles excedentes a la red, para ello hay que colocar un aparato anti-vertido al comienzo de la instalación, para asegurar que no se produzca el vertido de energía a la red. En este tipo de autoconsumo existe un único sujeto, el consumidor.

En este Real decreto, se pueden clasificar, además de la clasificación ya mencionada, como instalaciones individuales o colectivas. Para las instalaciones colectivas, todos los miembros de este tipo de instalación, deben estar acogidos a la misma modalidad de autoconsumo.

A continuación, se adjunta un esquema, a modo resumen, de la clasificación de las modalidades de autoconsumo según cada normativa.

Ilustración 3. Modalidades de autoconsumo de cada Real Decreto. RD224/2019 deriva del RDL 15/2018

Modalidades de autoconsumo



2.1. Normativa vigente.

El Real Decreto 244/2019 regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Por ello, para realizar el estudio de esta normativa, se va a dividir en los tres regímenes antes mencionados.

2.1.1. Condiciones administrativas.

El tiempo de permanencia mínimo para cada modalidad de autoconsumo es de un año.

Con independencia de la modalidad de autoconsumo a la que se pertenezca, la instalación de consumo debe disponer de permisos de acceso y conexión.

En la modalidad de autoconsumo sin excedentes, el titular de la instalación de consumo será también el titular de la instalación de generación. En esta modalidad no se necesitan permisos de acceso y conexión a la red, siempre y cuando la instalación de consumo ya disponga de dichos permisos.

En la modalidad de autoconsumo con excedentes, el titular de la instalación de consumo no tiene por qué ser el mismo que en la instalación de generación. En esta modalidad, las instalaciones de producción de potencia igual o inferior a 15 kW no necesitan permisos de acceso y conexión a la red, siendo necesarios estos permisos para el resto de instalaciones.

Para acogerse a la modalidad de autoconsumo con excedentes acogida a compensación, la potencia total de la instalación no puede superar los 100 kW y el consumidor y productor deben haber suscrito un contrato de compensación de excedentes.

Dentro de la modalidad de autoconsumo con excedentes, los no acogidos a compensación, deben realizar un contrato de suministro para los servicios auxiliares de producción siempre y cuando lo necesiten, aunque pueden realizar un único contrato conjunto si cumplen estas condiciones:

- Las instalaciones de producción están conectadas en la red interior del consumidor.
- El consumidor y los titulares de las instalaciones de producción auxiliares son la misma persona física o jurídica.

En relación con la adaptación a las nuevas modalidades de autoconsumo, los consumidores acogidos a la modalidad tipo 1 del Real Decreto 900/2015 que dispongan de mecanismo antivertido, se clasificarán como consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo sin excedentes. Los que estuvieran acogidos a la modalidad tipo 1 y no dispusieran de mecanismo antivertido, se clasificarán como consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación. Los consumidores que estuvieran acogidos a la modalidad tipo 2, se clasificarán como consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación.

2.1.2. Condiciones técnicas.

Para cualquier modalidad de autoconsumo, las instalaciones de consumo deberán disponer de un equipo de medida bidireccional en el punto de frontera, o un equipo de medida en cada uno de los puntos de frontera.

Para las instalaciones de generación, se deberá disponer de un equipo de medida que registre la generación neta en cualquiera de los siguientes casos:

- Se realice autoconsumo colectivo.
- La instalación de generación sea una instalación próxima a través de red.
- La tecnología de generación no sea renovable, cogeneración o residuos.
- Si es modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación y no se dispone de un único contrato de suministro.
- Instalaciones de generación de potencia aparente nominal igual o superior a 12 MVA.

Los sujetos acogidos a la modalidad de autoconsumo individual con excedentes no acogidos a compensación, pueden tener la siguiente configuración de medida:

- Un equipo de medida bidireccional que mida la energía horaria neta generada.
- Un equipo de medida que registre la energía consumida total por el consumidor asociado.

Todos los equipos de medida antes expuestos, se han de colocar en las redes interiores, en los puntos más próximos posibles al punto de frontera que minimicen las pérdidas de energía y han de tener capacidad de medida de resolución al menos horaria.

En la modalidad de autoconsumo sin excedentes y en la modalidad de autoconsumo con excedentes acogido a compensación, el encargado de la lectura de los equipos de medida será el distribuidor.

En todas las instalaciones reguladas por este real decreto, se pueden instalar equipos de almacenamiento, siempre y cuando se dispongan de las protecciones establecidas por la normativa que les sea de aplicación. Los equipos de almacenamiento se tienen que instalar de forma que compartan el equipo de medida que registre la generación neta, equipo de medida en el punto de frontera o equipo de medida del consumidor asociado.

2.1.3. Condiciones económicas.

La energía adquirida por el consumidor asociado será la energía horaria consumida de la red en los siguientes casos:

- Consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo sin excedentes.
- Consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes acogida a compensación.
- Consumidores acogidos a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación que dispongan de un único contrato de suministro.

En la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación, el productor percibirá por la energía excedentaria vertida las contraprestaciones económicas correspondientes, de acuerdo con la normativa en vigor.

En el caso que el titular del punto de suministro que esté acogido a una modalidad de autoconsumo, no disponga transitoriamente de un contrato de suministro en vigor, si tuviera energía excedentaria en la instalación de producción en ese momento, no recibirá contraprestación por esa energía cedida a la red.

El contrato de compensación de excedentes de los sujetos que realicen autoconsumo colectivo, seguirá los criterios de reparto que se hayan comunicado a la empresa distribuidora. También podrán acogerse al mecanismo de compensación simplificada los consumidores que realicen autoconsumo colectivo sin excedentes, para ello no será necesario un contrato de

compensación de excedentes, ya que no existe productor, y bastará con un acuerdo entre todos los sujetos consumidores.

El mecanismo de compensación simplificada consiste en un saldo en términos económicos de la energía consumida en el periodo de facturación, con las siguientes características:

- Si se dispone de un contrato de suministro con una comercializadora libre:
 - La energía horaria consumida de la red será valorada al precio horario acordado entre las partes.
 - La energía horaria excedentaria será valorada al precio horario acordado entre las partes.
- Si se dispone de un contrato de suministro al precio voluntario para el pequeño consumidor con una comercializadora de referencia:
 - La energía horaria consumida de la red será valorada al coste horario de energía del precio voluntario para el pequeño consumidor en cada hora (TCUh)
 - La energía horaria excedentaria será valorada al precio medio horario (Pmh), obtenido a partir de los resultados del mercado diario e intradiario en la hora h, menos el coste de los desvíos (CDSVh).

El valor económico de la energía excedentaria nunca puede ser superior al valor económico de la energía consumida de la red durante el periodo de facturación, el periodo de facturación no puede ser superior a un mes.

Los consumidores acogidos al mecanismo de compensación simplificada, están exentos de abonar los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución, cuantía que deben satisfacer todos los productores de energía eléctrica.

Las instalaciones acogidas a la modalidad de autoconsumo con excedentes no acogida a compensación, el titular de la instalación debe satisfacer los peajes de acceso por la energía excedentaria vertida (según establece el Real Decreto 1544/2011).

3. Tipologías de instalaciones fotovoltaicas destinadas a autoconsumo.

Una vivienda con autoconsumo obtiene energía tanto de la instalación fotovoltaica, como de la red eléctrica. Durante las horas de luz solar, la energía usada por la vivienda procede de los paneles fotovoltaicos, y si estos no producen la suficiente energía que demanda la vivienda, se completa esta energía con la proveniente de la red eléctrica. Durante las horas en las que no hay luz solar, la energía utilizada por la vivienda es la que proviene de la red eléctrica.

Para analizar las instalaciones solares fotovoltaicas en viviendas destinadas al autoconsumo, se va a explicar cuáles son los principales componentes de la instalación y cuáles pueden ser los diferentes esquemas que presenten.

3.1. Componentes de una instalación fotovoltaica destinada a autoconsumo

Una instalación fotovoltaica destinada al autoconsumo de una vivienda está formada por los siguientes elementos:

- Panel solar fotovoltaico.
- Inversor.
- Regulador.
- Sistema de almacenamiento de energía.

Siendo estos dos últimos elementos opcionales.

No se suele disponer de baterías en las viviendas con autoconsumo (por lo que la instalación tampoco dispondría de regulador) ya que estas viviendas están conectadas a la red, y pueden obtener energía de la red en las horas en las que los paneles fotovoltaicos no generan electricidad, por lo tanto, no son necesarias y su implementación incrementa considerablemente el coste de la instalación. Son estos dos elementos los que diferencian una instalación implementada en una vivienda aislada con las instalaciones implementadas en viviendas con conexión a red.

A estos elementos hay que añadir un contador bidireccional, en el caso de una instalación con vertido a red, o un dispositivo antivertido, en el caso de una instalación sin vertido a red.

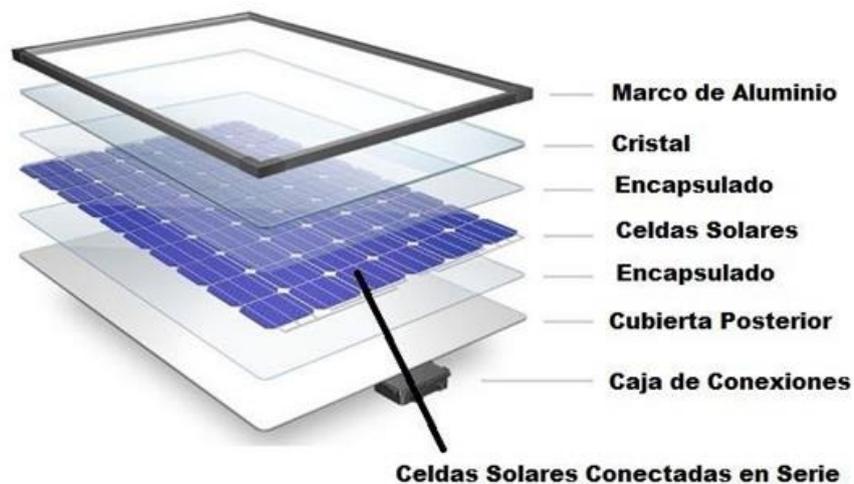
Como las viviendas con autoconsumo no suelen disponer de sistemas de almacenamiento de energía, se va a centrar la explicación en los dos elementos que siempre se instalan, como son el panel solar fotovoltaico y el inversor.

Panel solar fotovoltaico

Es un tipo de panel solar que se encarga de transformar la energía de la radiación solar en energía eléctrica.

Un panel solar fotovoltaico está formado por las siguientes partes:

Ilustración 4. Composición de un módulo fotovoltaico

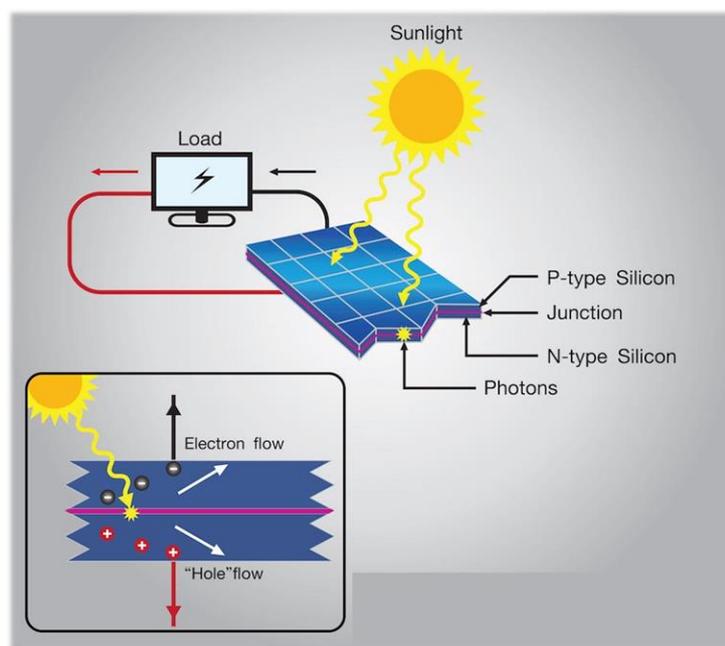


La célula fotovoltaica, que es la que crea el campo eléctrico, está formada por un elemento semiconductor, este elemento principalmente es el silicio, aunque también puede ser de elementos como el germanio, selenio, ...

La conversión de la energía de la radiación solar a energía eléctrica se denomina efecto fotovoltaico. Cuando una luz solar incide sobre un elemento semiconductor, los fotones de la luz transmiten su energía a los electrones de valencia del semiconductor, lo que hace que se rompa el enlace que los mantiene unidos al átomo, y se liberen estos electrones. Cuando se libera un electrón, se genera un hueco, que también puede desplazarse, transfiriéndose de un átomo a otro. El movimiento de los electrones y los huecos genera una corriente eléctrica en el material semiconductor.

Para el caso de las células fotovoltaicas, el campo eléctrico se forma en la unión entre las dos regiones del material semiconductor, ya que cuando incide la luz solar, al haber dos zonas diferenciadas se impiden que los electrones ocupen el lugar de los huecos, haciendo que se desplacen en sentidos contrarios y así se forma una diferencia de potencial que crea un campo eléctrico. Para una célula fotovoltaica de silicio, una región se dopa con fósforo, ya que tiene cinco electrones de valencia (el silicio tiene cuatro electrones de valencia), y esto hace que se genere una región con una concentración de electrones mayor que de huecos, esta región se denomina tipo n. La otra región de la célula, en este caso denominada tipo p, se dopa con boro, ya que tiene tres electrones de valencia, y así esta zona tiene una concentración de huecos mayor que de electrones.

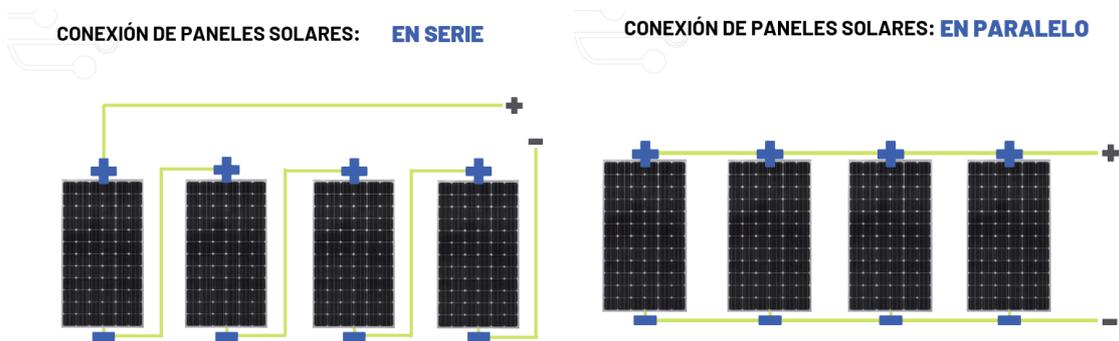
Ilustración 5. Efecto fotovoltaico



Los paneles solares, se conectan entre sí en serie o en paralelo, de tal forma que se obtengan los valores de voltaje e intensidad deseados. En el conexionado en paralelo de los paneles, se conectan entre sí todos los polos positivos y todos los polos negativos. En el conexionado en serie, se conecta el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente panel. Estas dos formas de conectar paneles solares se pueden mezclar y así se forma el conexionado mixto, pero

tienen que tener las mismas características cada uno de los conjuntos conectados en serie y en paralelo.

Ilustración 6. Modos de conexión de paneles



Las células de los paneles solares pueden estar formados por diferentes elementos, principalmente se pueden distinguir:

- Célula monocristalina: Las primeras células solares fotovoltaicas eran de este material. Se fabrican a partir de lingotes cilíndricos, de ahí que sus bordes sean redondeados. Son las que tienen un rendimiento más elevado. Su instalación se recomienda en climas fríos donde no se esperan muchas horas de sol, ya que tienden a absorber más radiación y aguantan peor el sobrecalentamiento.

Ilustración 7. Célula monocristalina



- Célula policristalina: Su espesor es más reducido que las monocristalinas, aparentemente se disponen en forma de cuadrados. Su rendimiento es inferior al de los paneles monocristalinos. Su instalación se recomienda en lugares más cálidos, ya que absorbe el calor a una mayor velocidad y le afecta menos el sobrecalentamiento que a los monocristalinos.

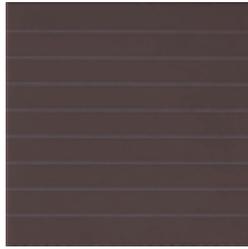
Ilustración 8. Célula policristalina



- Célula de silicio amorfo: Su color típico es el de un gris oscuro, suele utilizarse para calculadoras y relojes solares. Como ventaja de este tipo de célula cabe destacar que es menos costosa que las demás tecnologías y funciona aunque no haya una gran

luminosidad. Como inconveniente cabe destacar que su rendimiento es más bajo que el de los otros dos tipos.

Ilustración 9. Célula de silicio amorfo



Inversor

La misión de este componente de la instalación es la de transformar la corriente continua que le llega desde el panel solar en corriente alterna, ya que, al tratarse de una vivienda conectada a la red eléctrica, las cargas son necesariamente de corriente alterna.

Además de transformar la corriente continua en alterna, adapta la tensión de salida al valor de la tensión de la red eléctrica, para una instalación monofásica son 230 V y 50 Hz de frecuencia.

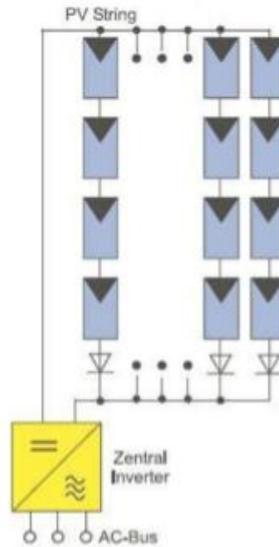
Ilustración 10. Inversor



Dentro de los inversores, se pueden distinguir principalmente dos tipos:

- Inversor centralizado: Solo hay un inversor para toda la instalación, cada una de las ramas de los paneles van a parar al inversor.
Este tipo de disposición es la más económica puesto que solo hay un inversor, además es la opción más fácil de mantenimiento, puesto que el inversor suele estar situado en una zona accesible de la vivienda.
Un inconveniente de este tipo de disposición es que solo se producirá tanta electricidad como la que genere el panel que menos esté produciendo, por ello este tipo de instalación se hace en aquellos sitios donde no haya obstáculos que puedan hacer que algún panel no reciba radiación solar.

Ilustración 11. Inversor centralizado



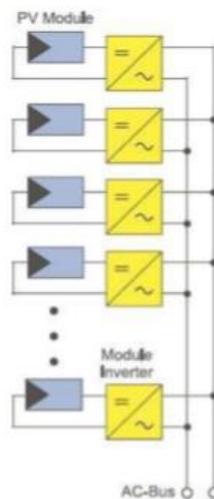
- Microinversor: Cuando se utiliza este tipo de inversor, hay un inversor para cada panel fotovoltaico. En este tipo de instalación, la transformación de corriente continua a corriente alterna se produce fuera de la vivienda (en el mismo lugar en el que esté el panel), a diferencia del inversor centralizado, que suele encontrarse dentro de la vivienda.

Este tipo de inversores suelen ser más eficientes, y no importa que haya uno o varios paneles solares sin recibir radiación solar, ya que los paneles que estén recibiendo radiación solar sí están produciendo corriente.

Un inconveniente de una instalación con este tipo de instalación es que el coste de la instalación fotovoltaica aumenta, y el mantenimiento es más difícil, ya que para acceder al inversor hay que ir hasta donde esté el panel fotovoltaico.

Por estas razones esta disposición se suele utilizar cuando hay zonas con obstáculos que pueden hacer que no le llegue radiación solar a algún panel, y también cuando se busca una eficiencia lo más elevada posible.

Ilustración 12. Microinversor



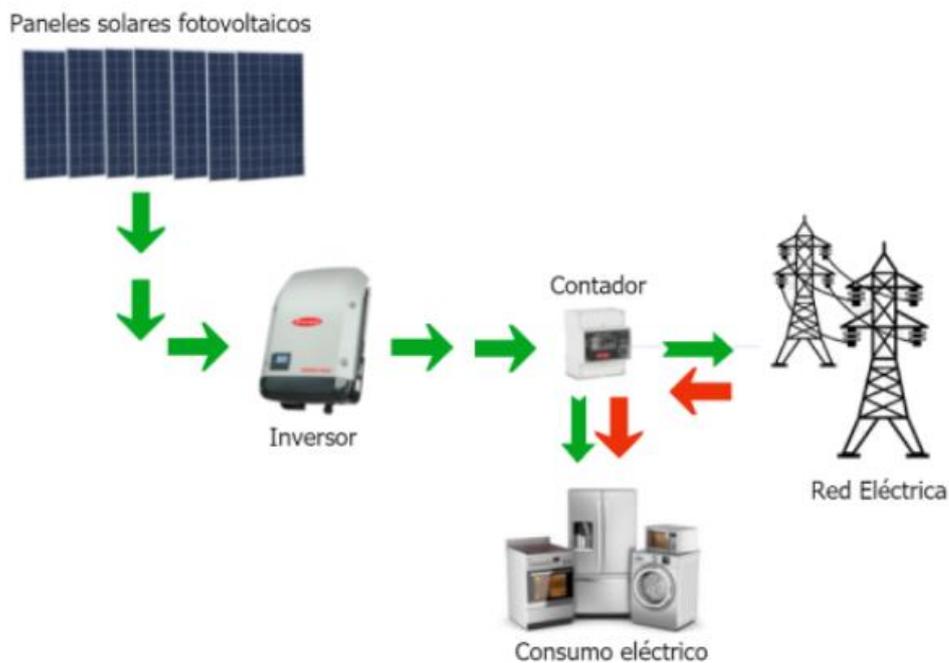
3.2. Esquemas de instalaciones fotovoltaicas destinadas a autoconsumo.

Una vez analizados los elementos, se va a proceder a ver como se distribuyen y cuáles son los tipos de esquemas que pueden tener las instalaciones.

Tal y como aparece recogido en la normativa vigente de autoconsumo, existen varias modalidades de autoconsumo, y según a que modalidad pertenezcan, la instalación tendrá un esquema concreto.

- Una instalación de la modalidad de autoconsumo con vertido a red sigue el siguiente esquema:

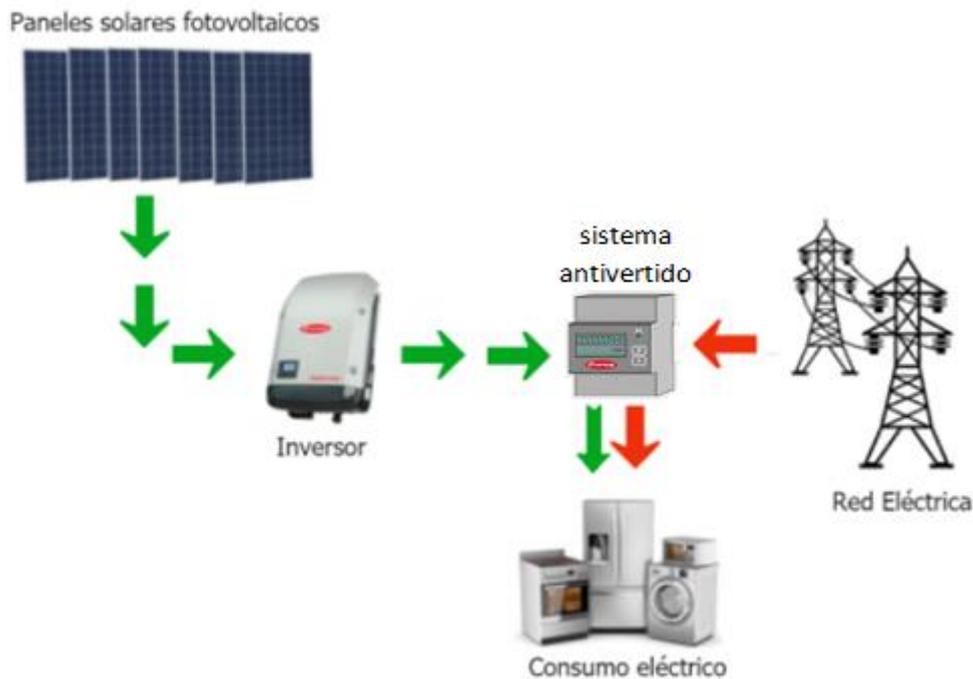
Ilustración 13. Esquema modalidad autoconsumo con excedentes



En donde hay un contador bidireccional, el cual mide la cantidad de energía que se suministra a la red, y la energía que se coge de la red.

- Una instalación de la modalidad de autoconsumo sin vertido a red es similar, solo que cambia el contador bidireccional por un sistema antivertido, como se aprecia en el siguiente esquema:

Ilustración 14. Esquema modalidad autoconsumo sin excedentes



Este sistema antivertido, como su nombre indica, tiene como función evitar que se vierta energía a la red eléctrica. Este elemento puede encontrarse en un dispositivo separado o formando parte del inversor.

4. Metodología de cálculo.

Una de las principales preguntas que se hace cualquier persona cuando va a realizar una instalación fotovoltaica es como de grande tiene que ser esta instalación. La respuesta a esta pregunta depende de varios factores.

Primero se tiene que saber cuáles son los consumos de la vivienda en la que se va a realizar la instalación, o en caso de no conocerlos, realizar una estimación lo más cercana posible a la realidad.

Otro aspecto importante es saber dónde se van a colocar los módulos solares, para conocer datos como el espacio disponible, la inclinación que van a tener los módulos y cuál va a ser su orientación. Datos como la inclinación como la orientación son factores con una gran importancia en la posible generación de energía eléctrica de los paneles fotovoltaicos. Por ejemplo, un módulo fotovoltaico con una determinada inclinación genera más energía si está orientado al sur que si está orientado al norte.

Y, por último, otro aspecto muy importante son los datos climáticos de la localización en la que se vaya a encontrar la instalación fotovoltaica, principalmente los datos de radiación y temperatura.

Para calcular cual va a ser la generación de energía eléctrica de la instalación:

$$E_p = \frac{G_m(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}}$$

Donde:

- $G_m(\alpha, \beta)$: energía de la radiación en Wh/m^2 a la orientación y la inclinación que se encuentre la instalación, es decir, orientada al sur (0°) y con una inclinación de 30° .
- P_{mp} : potencia pico de la instalación (kW).
- G_{CEM} : $1 kW/m^2$, ya que es en estas condiciones en las que se hacen las pruebas de potencia de los paneles solares.
- PR : rendimiento energético de la instalación o performance ratio. Es en este término donde se tienen en cuenta las pérdidas del conjunto de la instalación. Se va a considerar un valor de 0,8.

Por lo que, tal y como se ha dicho antes, se puede apreciar como la generación depende de la radiación que tenga el lugar en el que se encuentre, y de la potencia que tenga la instalación. La potencia pico de la instalación (P_{mp}) es un término que se obtiene de la siguiente forma:

$$P_{mp} = n^o \text{ de módulos} \cdot \text{potencia de los módulos}$$

Una vez conocido cual es el número de módulos que necesita la instalación, se tiene que ver cómo organizar estos módulos entre ellos, así como ver cuales tienen que ser las características del inversor a colocar.

La colocación en serie o en paralelo de los módulos solares indica como van a ser los valores de tensión o intensidad del generador. La tensión del generador es la tensión de un módulo por el número de módulos en serie, mientras que la intensidad del generador es la intensidad de un módulo por el número de ramas en paralelo.

Cada grupo de módulos conectados en serie se denomina ramal o cadena.

La instalación fotovoltaica debe cumplir las siguientes características:

- La relación potencia pico (W_p) / potencia nominal del inversor (W) debe estar entre valores de 1 y 1,15.
- A cada seguidor del punto PMP, se deben conectar módulos idénticos, idénticamente orientados, y evitando sombreado parcial.

Conexión de los módulos solares

En la conexión de los paneles solares se va a analizar cuál es el número máximo y el mínimo de paneles a situar en cada ramal, así como cuantos ramales han de situarse.

Número máximo de módulos por ramal.

La tensión del circuito abierto del generador fotovoltaico debe ser siempre menor que la tensión máxima de entrada en el inversor, por lo que el número máximo de módulos por ramal, n_{max} , sería:

$$n_{max} = \frac{\text{Tensión máxima de entrada en el inversor (V)}}{\text{Tensión a circuito abierto del módulo a temperatura mínima}}$$

$$n_{max} = \frac{U_{max} (INV)}{U_{ca}(T_{min} \text{ panel})}$$

Donde $U_{ca}(T_{min\ panel})$ es:

$$U_{ca}(T_{min\ panel}) = U_{ca}(STC) + [(T_{min\ panel} - 25(^{\circ}C)) \cdot \Delta U] \quad \text{con } \Delta U \text{ en } mV/^{\circ}C$$

$$U_{ca}(T_{min\ panel}) = U_{ca}(STC) \cdot \left[1 + (T_{min\ panel} - 25(^{\circ}C)) \cdot \frac{\Delta U}{100} \right] \quad \text{con } \Delta U \text{ en } \%/^{\circ}C$$

Para calcular la temperatura del panel, ya sea la temperatura mínima ($T_{min\ panel}$) o la temperatura máxima ($T_{max\ panel}$), se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_p = T_a + \left(\frac{T_{ONC} - 20}{800} \right) \cdot I$$

Cada uno de los términos de la ecuación son:

- T_p = Temperatura de módulo ($^{\circ}C$)
- T_a = Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)
- I = Irradiancia (W/m^2)
- T_{ONC} = Temperatura de operación nominal de la célula. Es la temperatura que alcanza el módulo cuando indican $800 W/m^2$ con temperatura ambiente de $20^{\circ}C$ y velocidad de viento de $1 m/s$. En los módulos estándar es del orden de $47^{\circ}C$.

Para calcular la temperatura mínima del panel ($T_{min\ panel}$), se obtendrá a la temperatura mínima ambiente.

En invierno, para climas como el de España, se puede considerar una temperatura mínima de $-5^{\circ}C$ y una irradiancia del orden de $100 W/m^2$. En verano, se puede considerar una temperatura máxima de $45^{\circ}C$ y una irradiancia del orden de $1000 W/m^2$.

Número mínimo de módulos por ramal.

El valor mínimo de la tensión de entrada al inversor debe ser menor o igual que la tensión de máxima potencia del generador fotovoltaico, por lo que el número mínimo de módulos por ramal, n_{min} , sería:

$$n_{min} = \frac{\text{Tensión mínima de entrada al inversor en PMP}}{\text{Tensión del módulo en PMP a la temperatura máxima}} = \frac{U_{PMP}(INV)}{U_{PMP}(T_{max\ panel})}$$

Donde $U_{PMP}(T_{min\ panel})$ es:

$$U_{PMP}(T_{min\ panel}) = U_{PMP}(STC) + [(T_{máx\ panel} - 25(^{\circ}C)) \cdot \Delta U] \quad \text{con } \Delta U \text{ en } mV/^{\circ}C$$

$$U_{PMP}(T_{min\ panel}) = U_{PMP}(STC) \cdot \left[1 + (T_{max\ panel} - 25(^{\circ}C)) \cdot \frac{\Delta U}{100} \right] \quad \text{con } \Delta U \text{ en } \%/^{\circ}C$$

La temperatura máxima ($T_{max\ panel}$) se calcula de la forma antes explicada.

Número de ramales en paralelo.

Para determinar el número de ramales en paralelo se determina:

$$n_{ramales} = \frac{P_{pmp,FV}}{P_{pmp,ramal}}$$

Las ramas que se coloquen en paralelo en la instalación, tienen que cumplir que la corriente de cortocircuito máxima de cada ramal por el número de ramales en paralelo sea menor que la corriente máxima admisible de entrada al inversor.

$$n_{ramales} \cdot I_{CC,ramal} \leq I_{max,INV}$$

La corriente de cortocircuito máxima de cada ramal ($I_{CC,ramal}$) corresponde a la temperatura máxima del módulo:

$$I_{CC,ramal} = I_{CC,(T_{max})} = I_{CC}(STC) \cdot \left[1 + (T_{p\ max} - 25(^{\circ}C)) \cdot \frac{\Delta I}{100} \right] \text{ con } \Delta I \text{ en } \%/^{\circ}C$$

5. Caso de estudio.

Una vez comentados todos los aspectos teóricos necesarios para realizar un análisis de una instalación fotovoltaica, se va a aplicar a un caso particular.

La vivienda sobre la que se va a realizar el estudio de viabilidad se encuentra localizada en la comarca de Cartagena, al sureste de la península ibérica.

Ilustración 15. Mapa de España



5.1. Datos climáticos.

Los datos climáticos necesarios a analizar para la realización de una instalación solar fotovoltaica son principalmente los valores de radiación y de temperatura del lugar geográfico donde se va a situar la vivienda.

5.1.1. Radiación

Una forma de poder conocer los valores de radiación de una localización son las zonas climáticas. España se encuentra dividida en diferentes zonas climáticas. Las zonas climáticas están definidas teniendo en cuenta los valores de radiación solar media diaria anual sobre una superficie horizontal.

En la siguiente imagen puede apreciarse como es la distribución de zonas climáticas:

Ilustración 16. Mapa España zonas climáticas



Más específicamente, en la siguiente tabla, aparece la zona climática distinguiendo por ciudades dentro de la Región de Murcia:

Ilustración 17. Zonas climáticas ciudades Región de Murcia

MURCIA	Águilas	V
	Alcantarilla	IV
	Caravaca de la Cruz	V
	Cartagena	IV
	Cieza	V
	Jumilla	V
	Lorca	V
	Molina de Segura	V
	Murcia	IV
	Torre-Pacheco	IV

Los valores de radiación de cada una de estas zonas son:

Tabla 1. Valores de radiación por zona climática

Zona climática	MJ/m^2	kWh/m^2
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$3,8 \leq H < 4,2$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,2 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

Los valores de radiación según las zonas climáticas no son muy precisos, y para poder realizar el estudio de viabilidad se necesitan unos datos de radiación más exactos. Por esta razón se va a utilizar el programa PVGIS.

Para realizar el estudio de viabilidad, se van a utilizar valores de radiación por cada hora, utilizando el programa PVGIS, se pueden obtener los valores de potencia de la radiación cada 15 minutos, para la inclinación deseada. Para la instalación que se va a realizar, se van a obtener los valores de potencia para una inclinación de 30° y orientación sur (más adelante se verá que son las características que van a tener los módulos). Por los que los valores de potencia de la radiación solar, en la comarca de Cartagena, para una inclinación de 30° y orientación sur son:

Tabla 2. Valores de radiación en términos de potencia

Enero		Febrero		Marzo		Abril	
Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$
7:37	142	7:07	110	6:22	63	5:52	40
7:52	203	7:22	170	6:37	118	6:07	66
8:07	253	7:37	223	6:52	170	6:22	106
8:22	301	7:52	276	7:07	224	6:37	151
8:37	346	8:07	327	7:22	278	6:52	200
8:52	389	8:22	377	7:37	332	7:07	250
9:07	429	8:37	425	7:52	385	7:22	301
9:22	467	8:52	470	8:07	437	7:37	352
9:37	501	9:07	512	8:22	486	7:52	402
9:52	532	9:22	551	8:37	532	8:07	452
10:07	560	9:37	588	8:52	576	8:22	499
10:22	584	9:52	621	9:07	617	8:37	545
10:37	605	10:07	650	9:22	655	8:52	588
10:52	623	10:22	676	9:37	690	9:07	628
11:07	637	10:37	699	9:52	721	9:22	666
11:22	648	10:52	718	10:07	749	9:37	701
11:37	655	11:07	733	10:22	774	9:52	732
11:52	658	11:22	744	10:37	795	10:07	761
12:07	658	11:37	752	10:52	812	10:22	786
12:22	655	11:52	755	11:07	826	10:37	807

Enero		Febrero		Marzo		Abril	
Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$
12:37	648	12:07	755	11:22	837	10:52	825
12:52	637	12:22	752	11:37	844	11:07	840
13:07	623	12:37	744	11:52	848	11:22	850
13:22	605	12:52	733	12:07	848	11:37	858
13:37	584	13:07	718	12:22	844	11:52	861
13:52	560	13:22	699	12:37	837	12:07	861
14:07	532	13:37	676	12:52	826	12:22	858
14:22	501	13:52	650	13:07	812	12:37	850
14:37	467	14:07	621	13:22	795	12:52	840
14:52	429	14:22	588	13:37	774	13:07	825
15:07	389	14:37	551	13:52	749	13:22	807
15:22	346	14:52	512	14:07	721	13:37	786
15:37	301	15:07	470	14:22	690	13:52	761
15:52	253	15:22	425	14:37	655	14:07	732
16:07	203	15:37	377	14:52	617	14:22	701
16:22	142	15:52	327	15:07	576	14:37	666
16:37	89	16:07	276	15:22	532	14:52	628
		16:22	223	15:37	486	15:07	588
		16:37	170	15:52	437	15:22	545
		16:52	110	16:07	385	15:37	499
		17:07	62	16:22	332	15:52	452
				16:37	278	16:07	402
				16:52	224	16:22	352
				17:07	170	16:37	301
				17:22	118	16:52	250
				17:37	63	17:07	200
				17:52	27	17:22	151
						17:37	106
						17:52	66
						18:07	40
						18:22	24

Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$
5:22	38	5:07	32	5:07	26	5:37	30
5:37	52	5:22	44	5:22	38	5:52	44
5:52	60	5:37	56	5:37	49	6:07	72
6:07	97	5:52	64	5:52	57	6:22	112
6:22	139	6:07	103	6:07	95	6:37	158
6:37	185	6:22	147	6:22	139	6:52	208
6:52	234	6:37	194	6:37	187	7:07	261
7:07	284	6:52	245	6:52	239	7:22	316

Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$
7:22	334	7:07	296	7:07	292	7:37	371
7:37	384	7:22	349	7:22	345	7:52	426
7:52	434	7:37	402	7:37	400	8:07	480
8:07	482	7:52	454	7:52	453	8:22	533
8:22	529	8:07	505	8:07	506	8:37	584
8:37	574	8:22	555	8:22	557	8:52	633
8:52	616	8:37	603	8:37	606	9:07	679
9:07	656	8:52	648	8:52	654	9:22	722
9:22	694	9:07	691	9:07	698	9:37	762
9:37	728	9:22	731	9:22	740	9:52	799
9:52	759	9:37	769	9:37	778	10:07	831
10:07	788	9:52	803	9:52	813	10:22	861
10:22	812	10:07	833	10:07	845	10:37	886
10:37	834	10:22	860	10:22	873	10:52	907
10:52	852	10:37	884	10:37	897	11:07	924
11:07	866	10:52	903	10:52	917	11:22	937
11:22	877	11:07	919	11:07	934	11:37	945
11:37	884	11:22	931	11:22	946	11:52	949
11:52	888	11:37	939	11:37	954	12:07	949
12:07	888	11:52	943	11:52	959	12:22	945
12:22	884	12:07	943	12:07	959	12:37	937
12:37	877	12:22	939	12:22	954	12:52	924
12:52	866	12:37	931	12:37	946	13:07	907
13:07	852	12:52	919	12:52	934	13:22	886
13:22	834	13:07	903	13:07	917	13:37	861
13:37	812	13:22	884	13:22	897	13:52	831
13:52	788	13:37	860	13:37	873	14:07	799
14:07	759	13:52	833	13:52	845	14:22	762
14:22	728	14:07	803	14:07	813	14:37	722
14:37	694	14:22	769	14:22	778	14:52	679
14:52	656	14:37	731	14:37	740	15:07	633
15:07	616	14:52	691	14:52	698	15:22	584
15:22	574	15:07	648	15:07	654	15:37	533
15:37	529	15:22	603	15:22	606	15:52	480
15:52	482	15:37	555	15:37	557	16:07	426
16:07	434	15:52	505	15:52	506	16:22	371
16:22	384	16:07	454	16:07	453	16:37	316
16:37	334	16:22	402	16:22	400	16:52	261
16:52	284	16:37	349	16:37	345	17:07	208
17:07	234	16:52	296	16:52	292	17:22	158
17:22	185	17:07	245	17:07	239	17:37	112
17:37	139	17:22	194	17:22	187	17:52	72
17:52	97	17:37	147	17:37	139	18:07	44

Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$
18:07	60	17:52	103	17:52	95	18:22	30
18:22	52	18:07	64	18:07	57	18:37	16
18:37	38	18:22	56	18:22	49		
18:52	23	18:37	44	18:37	38		
		18:52	32	18:52	26		
		19:07	20	19:07	13		

Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$
6:07	31	6:52	91	7:22	101	7:37	116
6:22	65	7:07	149	7:37	160	7:52	178
6:37	105	7:22	203	7:52	212	8:07	227
6:52	152	7:37	257	8:07	262	8:22	274
7:07	203	7:52	311	8:22	310	8:37	319
7:22	256	8:07	363	8:37	357	8:52	360
7:37	310	8:22	414	8:52	400	9:07	399
7:52	364	8:37	463	9:07	442	9:22	435
8:07	417	8:52	510	9:22	480	9:37	468
8:22	469	9:07	553	9:37	515	9:52	498
8:37	519	9:22	594	9:52	547	10:07	525
8:52	567	9:37	631	10:07	576	10:22	549
9:07	613	9:52	665	10:22	602	10:37	569
9:22	655	10:07	695	10:37	624	10:52	586
9:37	695	10:22	722	10:52	642	11:07	600
9:52	730	10:37	745	11:07	657	11:22	610
10:07	763	10:52	765	11:22	668	11:37	617
10:22	791	11:07	780	11:37	675	11:52	620
10:37	816	11:22	792	11:52	679	12:07	620
10:52	837	11:37	800	12:07	679	12:22	617
11:07	853	11:52	804	12:22	675	12:37	610
11:22	866	12:07	804	12:37	668	12:52	600
11:37	874	12:22	800	12:52	657	13:07	586
11:52	879	12:37	792	13:07	642	13:22	569
12:07	879	12:52	780	13:22	624	13:37	549
12:22	874	13:07	765	13:37	602	13:52	525
12:37	866	13:22	745	13:52	576	14:07	498
12:52	853	13:37	722	14:07	547	14:22	468
13:07	837	13:52	695	14:22	515	14:37	435
13:22	816	14:07	665	14:37	480	14:52	399
13:37	791	14:22	631	14:52	442	15:07	360
13:52	763	14:37	594	15:07	400	15:22	319
14:07	730	14:52	553	15:22	357	15:37	274

Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$	Hora	$G (W/m^2)$
14:22	695	15:07	510	15:37	310	15:52	227
14:37	655	15:22	463	15:52	262	16:07	178
14:52	613	15:37	414	16:07	212	16:22	116
15:07	567	15:52	363	16:22	160	16:37	23
15:22	519	16:07	311	16:37	101		
15:37	469	16:22	257	16:52	23		
15:52	417	16:37	203				
16:07	364	16:52	149				
16:22	310	17:07	91				
16:37	256	17:22	49				
16:52	203						
17:07	152						
17:22	105						
17:37	65						
17:52	31						
18:07	12						

Para realizar comparativa entre la energía generada por la instalación fotovoltaica y la energía consumida, se necesita pasar los valores de radiación obtenidos del programa PVGIS de W/m^2 a Wh/m^2 .

Para pasar los valores de potencia (W/m^2) a valores de energía (Wh/m^2), se hace de la siguiente forma:

$$Energía\ de\ cada\ hora = \sum potencia \cdot minutos \cdot \frac{1\ hora}{60\ minutos}$$

Es decir, como se puede apreciar en los datos de PVGIS, se dan los valores de potencia que hay durante 15 minutos. Por lo que, a modo de ejemplo, se va a obtener:

- Energía a las 7 de la mañana del mes de enero:

$$142 \cdot \frac{15}{60} + 203 \cdot \frac{8}{60} = 62,57\ Wh$$

- Energía a las 8 de la mañana del mes de enero:

$$203 \cdot \frac{7}{60} + 253 \cdot \frac{15}{60} + 301 \cdot \frac{15}{60} + 346 \cdot \frac{15}{60} + 389 \cdot \frac{8}{60} = 300,55\ Wh$$

Operando así con todas las horas de todos los meses, se obtiene la energía de la radiación de todos los meses por horas:

Tabla 3. Valores de radiación en términos de energía por meses

Enero		Febrero		Marzo		Abril	
Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0

Enero		Febrero		Marzo		Abril	
Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$
2	0	2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0	4	0
5	0	5	0	5	0	5	0
6	0	6	0	6	67,92	6	112,08
7	62,57	7	162,55	7	279,67	7	302,68
8	300,55	8	377,12	8	485,47	8	499,30
9	465,57	9	550,38	9	653,83	9	664,95
10	582,38	10	674,43	10	771,88	10	783,90
11	645,42	11	741,68	11	834,55	11	848,05
12	651,95	12	748,57	12	841,32	12	854,70
13	601,98	13	695,43	13	791,48	13	803,97
14	497,53	14	584,10	14	686,15	14	697,27
15	342,78	15	421,33	15	528,75	15	541,53
16	138,02	16	220,07	16	329,60	16	349,82
17	0	17	28,33	17	117,48	17	152,22
18	0	18	0	18	3,15	18	23,70
19	0	19	0	19	0	19	0
20	0	20	0	20	0	20	0
21	0	21	0	21	0	21	0
22	0	22	0	22	0	22	0
23	0	23	0	23	0	23	0

Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0	4	0
5	30,50	5	41,53	5	35,85	5	13,37
6	143,45	6	151,13	6	143,77	6	118,37
7	335,67	7	350,87	7	347,53	7	318,07
8	529,02	8	555,12	8	557,30	8	533,35
9	692,57	9	730,42	9	738,70	9	721,13
10	810,65	10	858,33	10	870,87	10	858,65
11	874,55	11	928,33	11	943,35	11	933,85
12	881,32	12	935,80	12	951,17	12	941,67
13	830,60	13	880,03	13	893,38	13	882,10
14	724,65	14	765,07	14	774,40	14	758,23
15	570,55	15	599,45	15	603,15	15	580,72
16	382,10	16	399,63	16	397,47	16	369,05

Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G(Wh/m^2)$	Hora	$G(Wh/m^2)$	Hora	$G(Wh/m^2)$
17	185,57	17	194,77	17	187,98	17	159,55
18	51,88	18	57,28	18	50,55	18	30,90
19	2,68	19	8,73	19	6,28	19	0
20	0	20	0	20	0	20	0
21	0	21	0	21	0	21	0
22	0	22	0	22	0	22	0
23	0	23	0	23	0	23	0

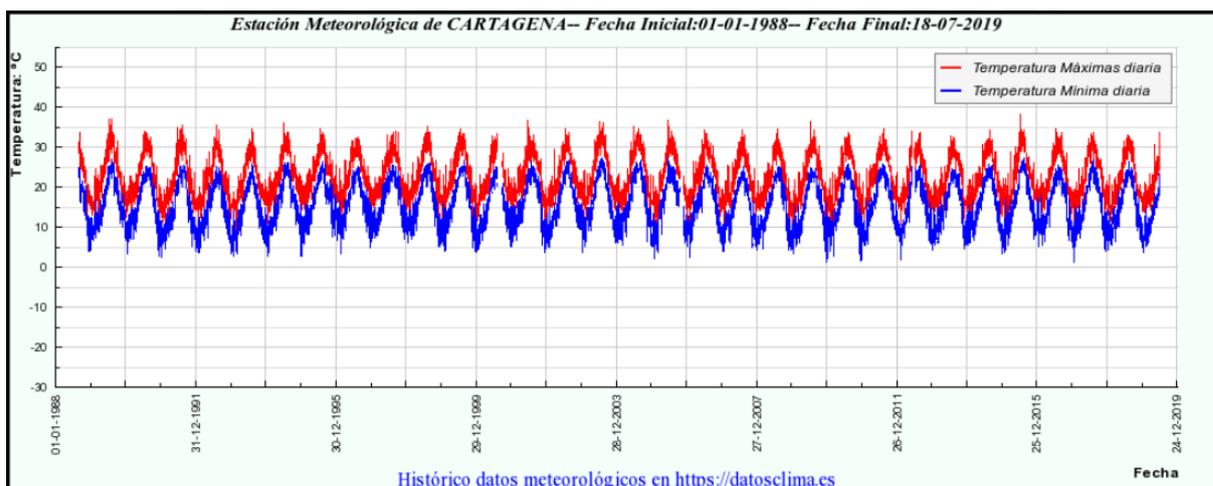
Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Hora	$G(Wh/m^2)$	Hora	$G(Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$	Hora	$G (Wh/m^2)$
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0	4	0
5	0	5	0	5	0	5	0
6	70,52	6	12,13	6	0	6	0
7	258,52	7	204,33	7	93,52	7	52,73
8	469,32	8	414,28	8	310,32	8	273,77
9	654,23	9	592,67	9	478,85	9	433,90
10	789,27	10	720,08	10	599,92	10	546,98
11	863,10	11	789,45	11	665,43	11	607,78
12	871,03	12	796,80	12	672,32	12	614,08
13	812,25	13	741,67	13	620,45	13	566,00
14	690,75	14	627,32	14	511,63	14	464,70
15	515,87	15	459,67	15	353,25	15	315,07
16	308,22	16	254,97	16	151,88	16	105,73
17	108,32	17	52,38	17	2,68	17	0
18	6,62	18	0	18	0	18	0
19	0	19	0	19	0	19	0
20	0	20	0	20	0	20	0
21	0	21	0	21	0	21	0
22	0	22	0	22	0	22	0
23	0	23	0	23	0	23	0

5.1.2. Temperatura

Una vez analizadas las radiaciones de la ubicación en la que se encuentra la vivienda, también se va a analizar las temperaturas que se dan en el lugar, ya que, tal y como se ha visto en la parte teórica, son datos que es necesario conocer para la elección de los paneles solares fotovoltaicos.

El histórico de temperaturas que ha tenido la ciudad de Cartagena han sido:

Ilustración 18. Distribución temperaturas ciudad de Cartagena



De donde se pueden extraer los siguientes datos más significativos:

Ilustración 19. Valores más significativos de temperaturas en la ciudad de Cartagena

CARACTERÍSTICA / VALOR	(Temperatura °C)	FECHA
Temperatura Máxima más alta Registrada:	38.3	07-07-2015
Temperatura Máxima más baja Registrada:	7.1	18-01-2017
Temperatura Mínima más alta Registrada:	27.5	29-07-2003
Temperatura Mínima más baja Registrada:	1.3	18-01-2017
Mayor diferencia de temperaturas en un mismo día (Tmax-Tmin):	16	11-01-2015
Mayor ascenso de temperaturas Máximas en 24 h:	9.3	entre 06-03-2007 y 07-03-2007
Mayor ascenso de temperaturas Mínimas en 24 h:	10.3	entre 21-12-2009 y 22-12-2009
Mayor descenso de Temperaturas máximas en 24 h:	10.3	entre 24-03-1992 y 25-03-1992
Mayor descenso de Temperaturas mínimas en 24 h:	7.9	entre 13-11-2001 y 14-11-2001

5.2. Datos de consumo.

Como la vivienda sobre la que se va a realizar la instalación fotovoltaica es una vivienda de nueva construcción, no se dispone de cuales han sido hasta ahora sus consumos. Por ello, se va a realizar dos aproximaciones para ver cuáles serán los consumos de la vivienda.

5.2.1. Consumos según IDAE.

Como primera aproximación se va a utilizar el documento publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), donde se recogen los consumos de las viviendas, distinguiendo si se trata de pisos o viviendas unifamiliares, y distinguiendo, además, por zona climática en la que se encuentra situada la vivienda.

El caso que se trata en este proyecto es el de una vivienda unifamiliar, situada en la zona mediterránea, por lo que los datos a utilizar son los siguientes:

Tabla 4. Distribución de consumos según IDAE

Unidad: kWh/hogar	Servicios	Zona Atlántica		Zona Continental		Zona Mediterránea		España	
Pisos	Calefacción	1.992	22,2%	4.408	43,9%	1.573	24,6%	2.670	34,0%
	Agua caliente sanitaria	2.255	25,1%	2.313	23,0%	1.646	25,8%	1.958	24,9%
	Cocina	932	10,4%	683	6,8%	492	7,7%	618	7,9%
	Refrigeración	528	5,9%	225	2,2%	127	2,0%	151	1,9%
	Iluminación	361	4,0%	292	2,9%	476	7,5%	397	5,1%
	Electrodomésticos	2.665	29,7%	1.885	18,8%	1.839	28,8%	1.828	23,3%
	Standby	250	2,8%	238	2,4%	233	3,6%	237	3,0%
	TOTAL	8.981,866	100%	10.044,848	100%	6.384,122	100%	7.859,112	100%
Unifamiliares	Calefacción	9.938	45,9%	15.270	71,2%	9.245	63,3%	11.311	66,5%
	Agua caliente sanitaria	1.394	6,4%	1.858	8,7%	1.607	11,0%	1.664	9,8%
	Cocina	1.646	7,6%	1.146	5,3%	819	5,6%	1.019	6,0%
	Refrigeración	5.201	24,0%	275	1,3%	175	1,2%	309	1,2%
	Iluminación	332	1,5%	423	2,0%	471	3,2%	439	2,6%
	Electrodomésticos	2.966	13,7%	2.261	10,5%	2.060	14,1%	2.154	12,7%
	Standby	192	0,9%	213	1,0%	222	1,5%	216	1,3%
	TOTAL	21.670,481	100%	21.445,292	100%	14.598,351	100%	17.011,982	100%
España	Calefacción	4.015	35,7%	7.342	55,9%	3.573	24,5%	5.172	49,2%
	Agua caliente sanitaria	2.038	18,1%	2.193	16,7%	1.638	18,3%	1.877	17,8%
	Cocina	1.116	9,9%	815	6,2%	595	6,6%	737	7,0%
	Refrigeración	757	6,7%	238	1,8%	142	1,6%	170	1,6%
	Iluminación	353	3,1%	329	2,5%	474	5,3%	410	3,9%
	Electrodomésticos	2.745	24,4%	1.992	15,2%	1.908	21,3%	1.924	18,3%
	Standby	235	2,1%	231	1,8%	229	2,6%	231	2,2%
	TOTAL	11.259,109	100%	13.140,647	100%	8.958,722	100%	10.520,629	100%

Los valores de energía eléctrica consumida son anuales, por lo que hay que pasarlos a consumos mensuales:

Ilustración 20. Consumo desglosado según IDAE

Servicio	Porcentaje (%)	Consumo anual (kWh)	Consumo mensual (KWh)
Calefacción	66,5	9707,67	4853,84
ACS	9,8	1430,60	119,22
Cocina	6	875,88	72,99
Refrigeración	1,2	175,18	87,59
Iluminación	2,6	379,55	31,63
Electrodomésticos	12,7	1853,95	154,50
Standby	1,3	189,77	15,81

El consumo mensual se obtiene de la siguiente forma:

$$\text{Consumo mensual} = \frac{\text{consumo anual}}{\text{n}^{\circ} \text{ de meses de uso}}$$

Se ha supuesto que el consumo de la calefacción se produce durante dos meses (diciembre y enero), el consumo de la refrigeración se produce durante dos meses (julio y agosto) y el resto de consumos se dividen de igual forma durante los doce meses del año.

Dentro de los valores de consumo de los electrodomésticos, el documento de IDAE distingue entre:

Tabla 5. Consumo de electrodomésticos según IDAE

Unidad: kWh	España		Zona Atlántica		Zona Continental		Zona Mediterránea	
Frigoríficos	662	22,4%	592	18,5%	688	23,4%	673	22,8%
Congeladores	563	19,1%	664	22,3%	427	14,5%	614	20,8%
Lavadoras	255	8,6%	307	10,3%	240	8,2%	252	8,6%
Lavavajillas	246	8,3%	300	10,1%	253	8,6%	230	7,8%
Secadoras	255	8,6%	270	9,1%	237	8,1%	260	8,8%
Horno	231	7,8%	263	8,8%	258	8,8%	205	6,9%
TV	263	8,9%	149	5,0%	319	10,9%	255	8,7%
Ordenadores	172	5,8%	137	4,6%	188	6,4%	170	5,8%
Standby	231	7,8%	235	7,9%	231	7,9%	229	7,8%
Resto Electrodomésticos	76	2,6%	104	3,5%	95	3,2%	57	1,9%
TOTAL	2.953	100%	2.980	100%	2.938	100%	2.944	100%

Unidad: kWh	España		Pisos		Unifamiliares	
Frigoríficos	662	22,4%	651	22,2%	688	22,4%
Congeladores	563	19,1%	488	16,6%	631	20,5%
Lavadoras	255	8,6%	253	8,6%	261	8,5%
Lavavajillas	246	8,3%	242	8,2%	253	8,2%
Secadoras	255	8,6%	258	8,8%	252	8,2%
Horno	231	7,8%	223	7,6%	244	7,9%
TV	263	8,9%	249	8,5%	294	9,6%
Ordenadores	172	5,8%	249	8,5%	186	6,0%
Standby	231	7,8%	237	8,1%	216	7,0%
Resto Electrodomésticos	76	2,6%	86	2,9%	51	1,7%
TOTAL	2.953	100%	2.936	100%	3.076	100%

De estos datos, se van a utilizar los porcentajes de consumo de cada uno de los electrodomésticos, ya que el consumo energético total de los electrodomésticos en esta tabla no coincide con el valor de la anterior tabla, puesto que ahora solo distingue entre tipos de vivienda por un lado y zona climática en la que se encuentra la vivienda por otro. Por lo que, cogiendo los porcentajes marcados y el consumo mensual de los electrodomésticos de la anterior tabla, el consumo de cada electrodoméstico quedaría:

Tabla 6. Consumo mensual electrodomésticos desglosado según IDAE

Electrodoméstico	Porcentaje (%)	Consumo mensual (kWh)
Frigorífico	22,4	34,61
Congelador	20,5	31,67
Lavadora	8,5	13,13
Lavavajillas	8,2	12,67
Secadora	8,2	12,67
Horno	7,9	12,21
TV	9,6	14,83
Ordenador	6	9,27
Standby	7	10,81
Otros	1,7	2,63

El consumo de cada electrodoméstico se ha obtenido de la siguiente forma:

$$\text{Consumo mensual electr. } X = \frac{\text{consumo mensual total electr.}}{100} \cdot (\%) \text{ electrodoméstico } X$$

Quedando el consumo mensual de la vivienda de la siguiente forma:

Tabla 7. Consumo por meses según IDAE

Consumo por mes (kWh)		
Dic, Ene	Feb, Mar, Ab, May, Jun, Sept, Oct, Nov	Jul, Agos
5247,98	394,15	481,73

Estos consumos mensuales se han obtenido considerando los siguientes consumos mensuales en cada uno de los siguientes meses:

Tabla 8. Consumos usados cada mes

Dic, Ene	Feb, Mar, Ab, May, Jun, Sept, Oct, Nov	Jul, Agos
Calefacción	ACS	Refrigeración
ACS	Cocina	ACS
Cocina	Iluminación	Cocina
Iluminación	Electrodomésticos	Iluminación
Electrodomésticos	Standby	Electrodomésticos
Standby		Standby

5.2.2. Consumos por electrodomésticos.

Una vez hecha la primera aproximación a los consumos que se esperan tener en la vivienda usando el documento de IDAE, se va a realizar una segunda aproximación. Esta segunda aproximación se va a realizar una vez que se conocen los puntos de consumo de los que va a disponer la vivienda.

La vivienda a analizar va a disponer de los siguientes puntos de consumo, con sus respectivos datos de consumos (en el caso de la lavadora y la nevera) o con los datos de potencia de cada punto de consumo:

Tabla 9. Potencia y energía de cada elemento de la vivienda

Lavadora	170 kWh/año	1 unidad
Nevera	305 kWh/año	1 unidad
Vitrocerámica	3800 W	1 unidad
Televisión	91 W	2 unidades
bombillas	6 W	30 unidades
Aire acondicionado frio	1400 W	1 unidad
aire acondicionado calor	1550 W	1 unidad
Microondas	700 W	1 unidad
Horno	3600 W	1 unidad
Termo eléctrico	2000 W	1 unidad

Para analizar el consumo que hay en la vivienda, cada uno de los aparatos de los que se dispone de su potencia, se van a usar las horas que se utilizan estos aparatos al cabo del día:

Tabla 10. Consumos conocidos los electrodomésticos

	potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo diario (kWh)	Consumo mensual (kWh)	Consumo anual (kWh)
Lavadora	1416,67	1	1,417	14,17	170
Nevera	105,90	8	0,847	25,42	305
Vitrocerámica	3800	1,5	5,7	171	2052
Televisión	182	3	0,546	16,38	196,56
bombillas	180	3,5	0,63	18,9	226,8
Aire acondicionado refrigeración	1400	4	5,6	168	336
aire acondicionado calefacción	1550	4	6,2	186	372
Microondas	700	0,5	0,35	10,5	126
Horno	3600	0,5	1,8	9	108
Termo eléctrico	1500	2	3	90	1080

El valor del consumo diario en los elementos en los que se disponía el valor de potencia, se ha obtenido de la siguiente forma:

$$\text{Consumo diario (kWh)} = \text{Potencia (W)} \cdot 10^{-3} \cdot \text{Tiempo de uso (h)}$$

El consumo mensual se ha obtenido:

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = \text{Consumo diario (kWh)} \cdot n^{\circ} \text{ de días de uso}$$

Todos los elementos se utilizan todos los días del mes, a excepción de la lavadora que se utiliza 10 días y el horno 5 días al mes.

El consumo anual por su parte se ha obtenido:

$$\text{Consumo anual (kWh)} = \text{Consumo mensual (kWh)} \cdot n^{\circ} \text{ de meses de uso}$$

El número de meses de uso de todos los aparatos es de 12 meses, a excepción del aire acondicionado, que en su caso son 2 meses de uso. El aire acondicionado como refrigeración solo se usa los meses de julio y agosto, mientras que el aire acondicionado como calefacción se usa los meses de diciembre y enero.

Por su parte los elementos de los que se disponía el dato del consumo anual (nevera y lavadora), el consumo mensual se obtiene:

$$\text{Consumo mensual (kWh)} = \frac{\text{Consumo anual (kWh)}}{n^{\circ} \text{ de meses de uso}}$$

Ambos elementos se utilizan los 12 meses del año.

El consumo diario de estos electrodomésticos se obtiene:

$$\text{Consumo diario (kWh)} = \frac{\text{Consumo mensual (kWh)}}{n^{\circ} \text{ de días de uso}}$$

En este caso, el frigorífico se utiliza durante todos los días del mes, pero por su parte, como se ha dicho antes, la lavadora se utiliza 10 días del mes.

Los consumos mensuales distinguiendo por meses quedan de la siguiente forma:

Tabla 11. Consumo mensual conocidos los electrodomésticos

consumo por mes (kWh)		
Dic, Ene	Feb, Mar, Ab, May, Jun, Sept, Oct, Nov	Jul, Agos
541,36	355,36	523,36

Estos consumos mensuales se han obtenido considerando los siguientes consumos mensuales en cada uno de los siguientes meses:

Tabla 12. Puntos de consumo usados cada mes

Dic, Ene	Feb, Mar, Ab, May, Jun, Sept, Oct, Nov	Jul, Agos
Aire acondicionado calefacción	Termo eléctrico	Aire acondicionado refrigeración
Termo eléctrico	Vitrocerámica	Termo eléctrico
Vitrocerámica	Iluminación	Vitrocerámica
Iluminación	Horno	Iluminación
Horno	Microondas	Horno
Microondas		Microondas

Si se comparan ahora los consumos calculados usando los datos del documento de IDAE y los consumos conociendo cuales van a ser los electrodomésticos de la vivienda:

Tabla 13. Consumos mensuales según IDAE

Consumos mensuales documento IDAE		
Consumo por mes (kWh)		
Dic, Ene	Feb, Mar, Ab, May, Jun, Sept, Oct, Nov	Jul, Agos
5247,98	394,15	481,73

Tabla 14. Consumos mensuales conocidos los electrodomésticos

Consumos mensuales conocidos los electrodomésticos		
consumo por mes (kWh)		
Dic, Ene	Feb, Mar, Ab, May, Jun, Sept, Oct, Nov	Jul, Agos
541,36	355,36	523,36

Se puede observar que ambos consumos son del mismo orden de magnitud, y con valores similares, salvo los meses de diciembre y enero. Esta diferencia se debe a que, en el documento de IDAE, la calefacción conlleva un 63% del consumo energético anual de la vivienda, mientras que, una vez conocidos los electrodomésticos a utilizar, el aire acondicionado como calefacción solo representa el 7,48% del consumo anual.

Esta diferencia de consumo se debe a que mientras en los consumos una vez conocidos los electrodomésticos, el aire acondicionado en el modo de calefacción consume energía eléctrica, en el documento de IDEA, los consumos que aparecen incluyen cualquier forma de energía (biomasa, eléctrica, combustible, ...).

5.2.3. Consumo por horas.

Como la comparativa entre generación y consumos se va a realizar por horas, se va a estudiar cómo se van a ir distribuyendo los consumos al cabo del día. Para realizar este estudio, se van a utilizar los consumos conocidos los electrodomésticos que va a tener la vivienda, pues se supone que será una aproximación más cercana a los que finalmente sean los consumos de la vivienda.

Tal y como se ha visto anteriormente, los consumos se dividen en tres épocas del año, ya que no todos los elementos están activos todo el año (como el aire acondicionado). A su vez, no todos los electrodomésticos se utilizan todos los días (como el horno o la lavadora), por lo que dentro de cada época del año se pueden considerar días con diferentes consumos. Se va a analizar ahora como se distribuyen los consumos dentro de cada época del año, con los diferentes días que se pueden dar.

Se ha de destacar que, a la hora de la distribución de los consumos al cabo del día, que, aunque una nevera no funciona de forma continua durante todo el día, ya que su funcionamiento es intermitente, se ha considerado que funciona de igual forma a lo largo de todo el día, dividiendo su consumo diario entre las 24 horas del día.

Los consumos de los meses de diciembre y de enero son:

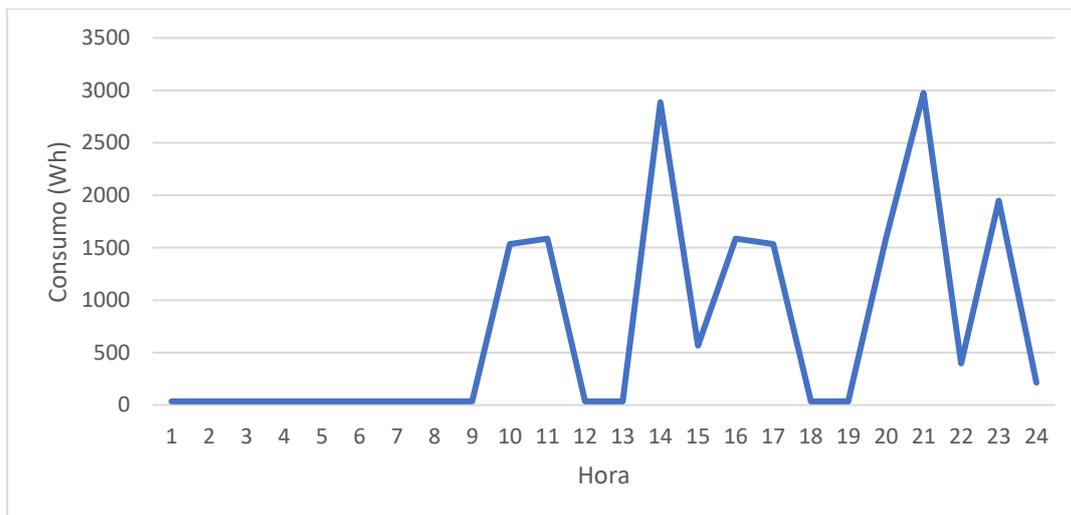
- Los días que no se utiliza ni la lavadora ni el horno:

Tabla 15 Distribución de consumos meses diciembre y enero sin usar lavadora ni horno

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	Aire acond. bomba de calor	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
12	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	-	350	-	-	567,30
15	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	-	2975,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	Aire acond. bomba de calor	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	1550	-	-	-	1947,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	-	215,30

Ilustración 21. Distribución de consumos meses diciembre y enero sin usar lavadora ni horno



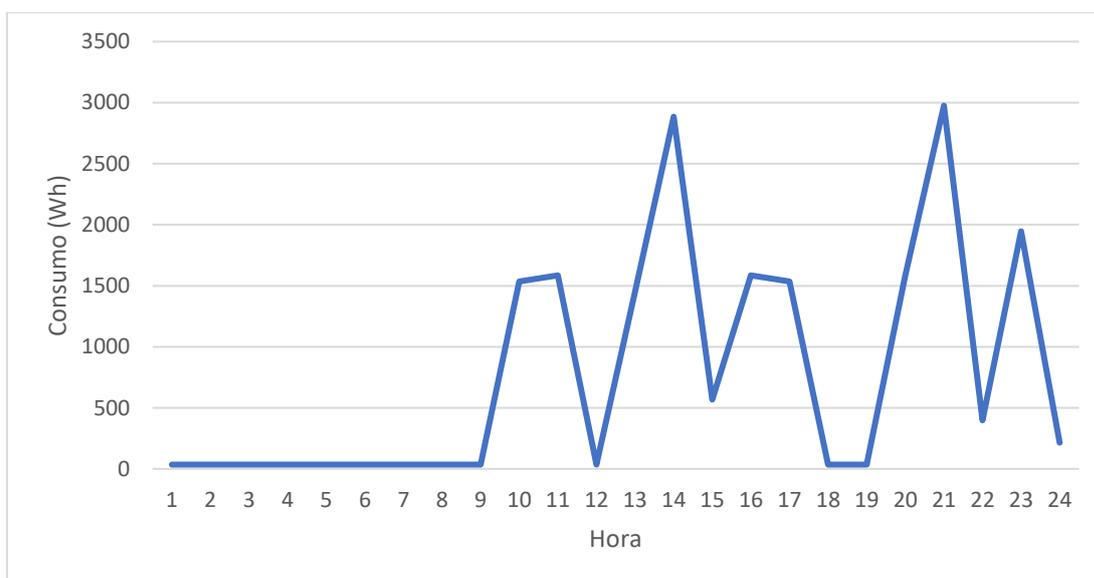
- Los días que no se utiliza el horno, pero sí se utiliza la lavadora

Tabla 16. Distribución de consumos meses diciembre y enero usando lavadora, pero no horno

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. bomba de calor	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
12	1416,67	35,30	-	-	-	-	-	-	-	1451,97
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	-	350	-	-	567,30
15	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. bomba de calor	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	1550	-	-	-	1947,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	-	215,30

Ilustración 22. Distribución de consumos meses diciembre y enero usando lavadora, pero no horno



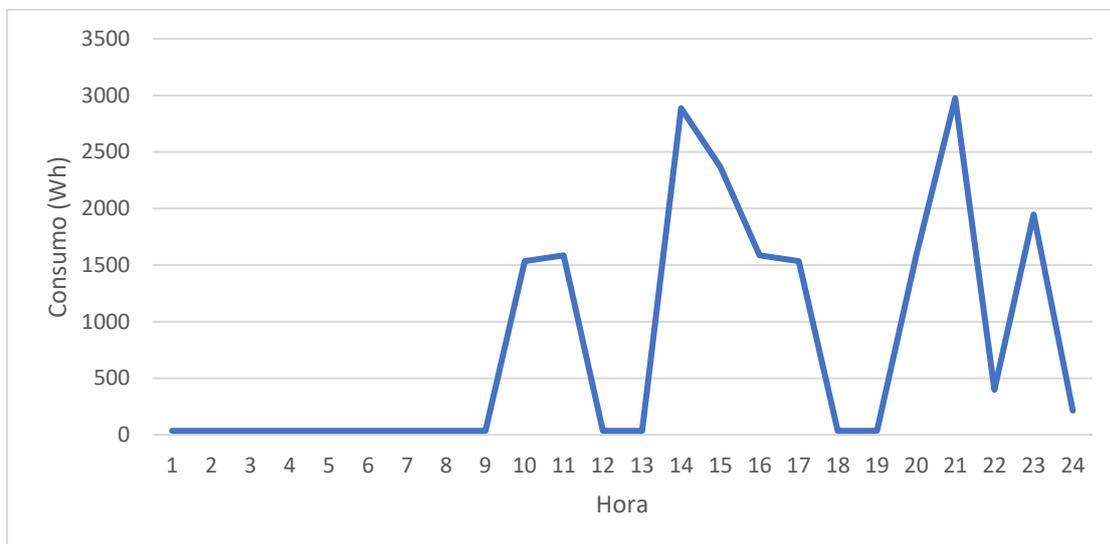
- Los días que se utiliza el horno, pero no se utiliza la lavadora:

Tabla 17. Distribución de consumos meses diciembre y enero usando horno, pero no lavadora

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. bomba de calor	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
12	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. bomba de calor	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	-	350	1800	-	2367,30
15	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	1550	-	-	-	1947,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	-	215,30

Ilustración 23. Distribución de consumos meses diciembre y enero usando horno, pero no lavadora



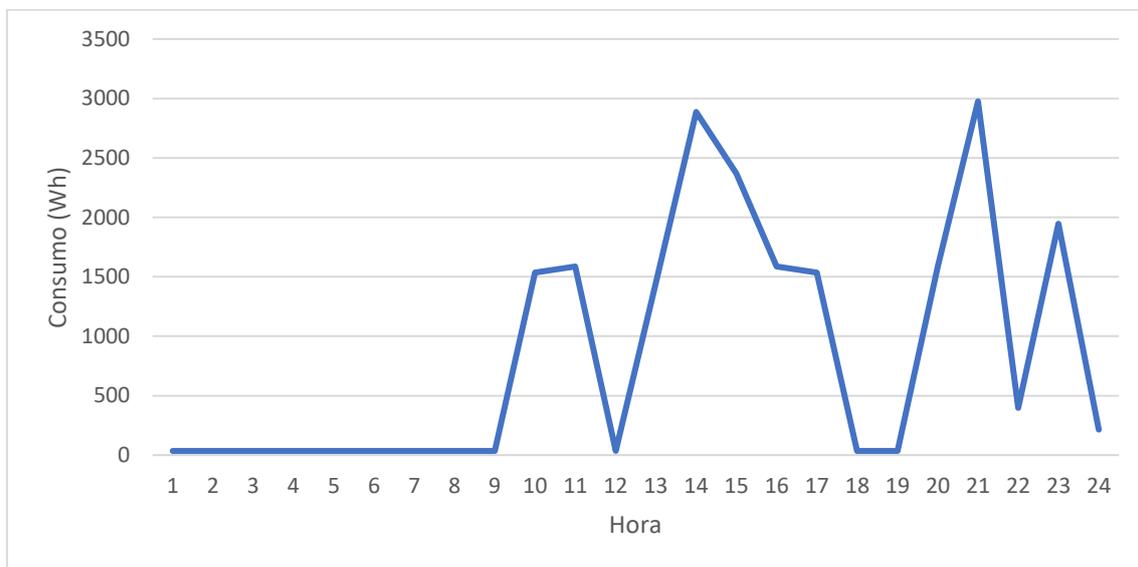
- Los días que se utiliza tanto el horno como la lavadora:

Tabla 18. Distribución de consumos meses diciembre y enero usando horno y lavadora

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. bomba de calor	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. bomba de calor	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
12	1416,67	35,30	-	-	-	-	-	-	-	1451,97
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	-	350	1800	-	2367,30
15	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	1550	-	-	-	1585,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	1550	-	-	-	1947,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	-	215,30

Ilustración 24. Distribución de consumos meses diciembre y enero usando horno y lavadora

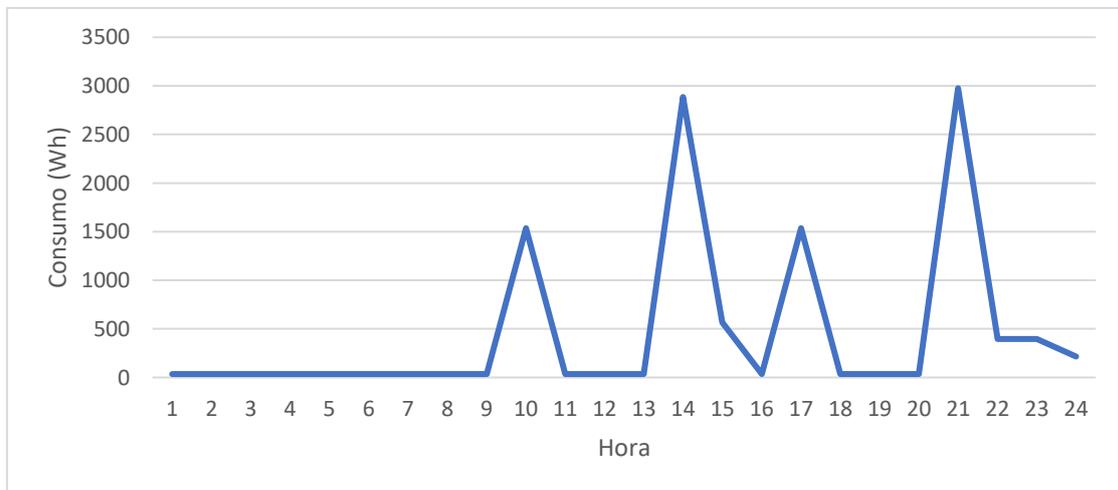


- Los consumos de los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre son:
 - Los días que no se utiliza ni el horno ni la lavadora:

Tabla 19. Distribución de consumos meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre no usando lavadora ni horno

Hora	Electrodomésticos (consumo en Wh)								Total (Wh)
	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	Microondas	Horno	Termo eléctrico	
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
12	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	350	-	-	567,30
15	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	-	-	-	397,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	215,30

Ilustración 25. Distribución de consumos meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre no usando lavadora ni horno

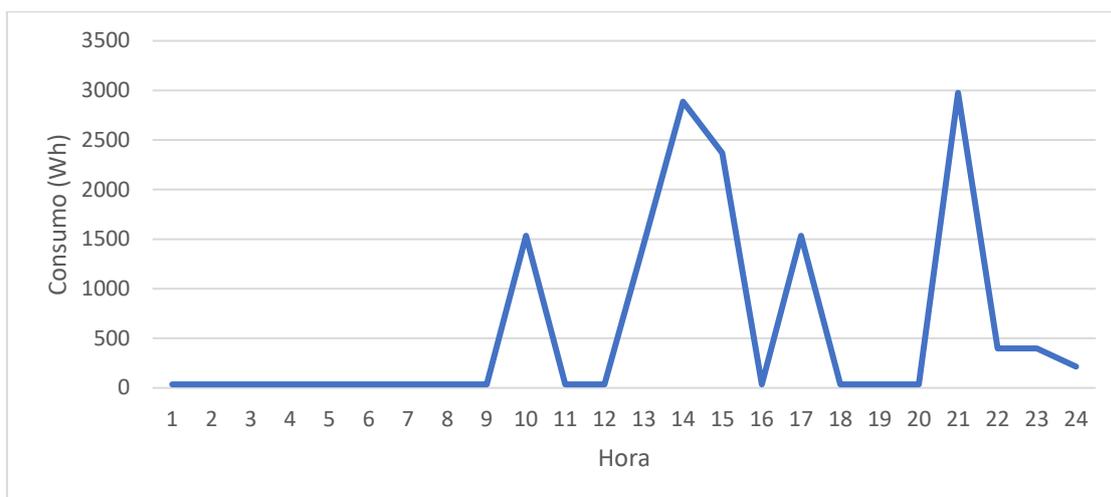


- Los días que no se utiliza el horno, pero sí la lavadora:

Tabla 20. Distribución de consumos meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre usando lavadora, pero no horno

Electrodomésticos (consumo en Wh)									
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
12	1416,67	35,30	-	-	-	-	-	-	1451,97
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	350	-	-	567,30
15	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	-	-	-	397,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	215,30

Ilustración 26. Distribución de consumos meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre usando lavadora, pero no horno



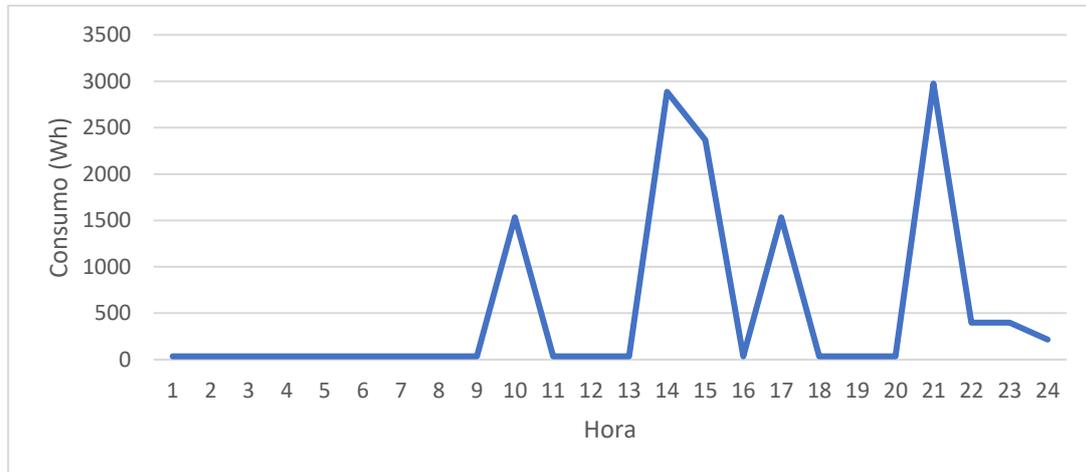
- Los días que no se utiliza la lavadora, pero sí el horno:

Tabla 21. Distribución de consumos meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre usando horno, pero no lavadora

Hora	Electrodomésticos (consumo en Wh)								Total (Wh)
	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	Microondas	Horno	Termo eléctrico	
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
12	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	350	1800	-	2367,30
15	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	397,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)									
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
22	-	35,30	-	182	180	-	-	-	397,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	215,30

Ilustración 27. Distribución de consumos meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre usando horno, pero no lavadora



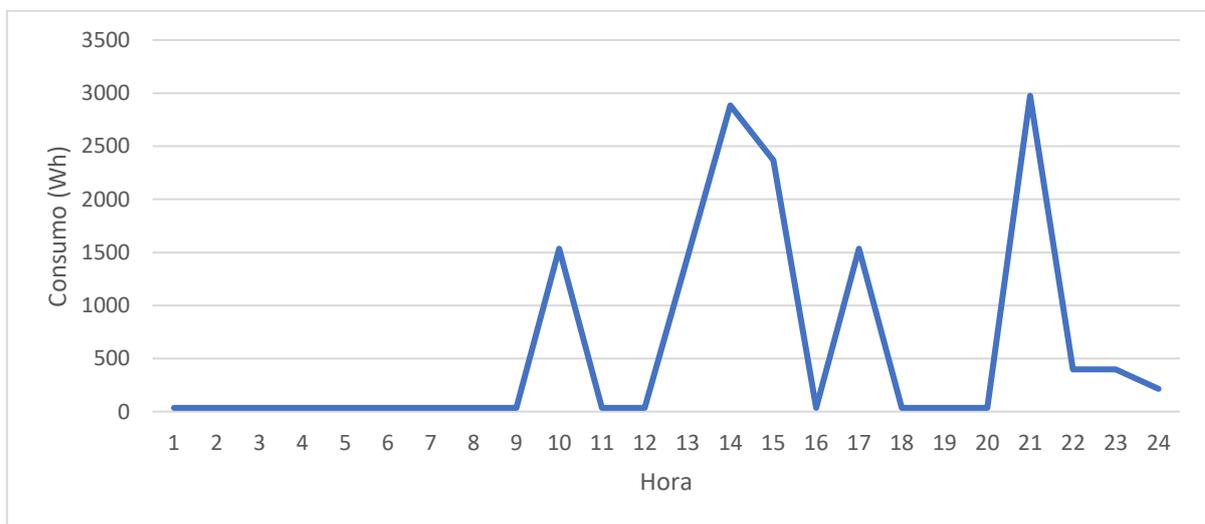
- Los días que se utiliza tanto la lavadora como el horno:

Tabla 22. Distribución de consumos meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre usando lavadora y horno

Electrodomésticos (consumo en Wh)									
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
12	1416,67	35,30	-	-	-	-	-	-	1451,97
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	350	1800	-	2367,30
15	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	1500	1535,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)									
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	-	-	-	35,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	-	-	-	397,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	215,30

Ilustración 28. Distribución de consumos meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre y noviembre usando lavadora y horno



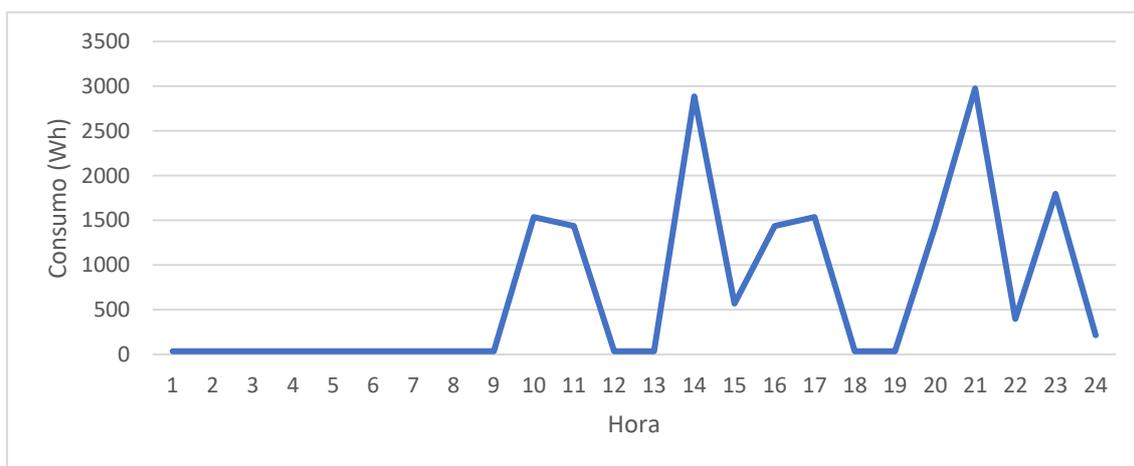
- Los consumos de los meses de julio y agosto son:
 - Los días que no se utiliza ni lavadora ni el horno:

Tabla 23. Distribución de consumos meses julio y agosto no usando lavadora ni horno

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	bombillas	aire acond. Maq. frigorífica	Microondas	Horno	termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	bombillas	aire acond. Maq. frigorífica	Microondas	Horno	termo eléctrico	Total (Wh)
10	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
12	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	-	350	-	-	567,30
15	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	1400	-	-	-	1797,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	-	215,30

Ilustración 29. Distribución de consumos meses julio y agosto no usando lavadora ni horno



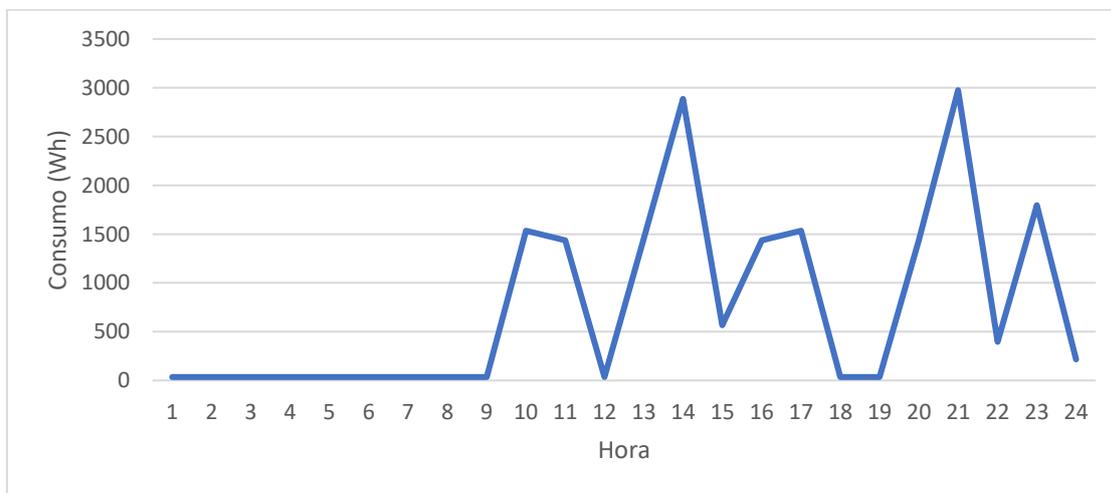
- Los días que no se utiliza el horno, pero sí se utiliza la lavadora:

Tabla 24. Distribución de consumos meses julio y agosto usando lavadora, pero no horno

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. Maq. frigorífica	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. Maq. frigorífica	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
12	1416,67	35,30	-	-	-	-	-	-	-	1451,97
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	-	350	-	-	567,30
15	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	1400	-	-	-	1797,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	-	215,30

Ilustración 30. Distribución de consumos meses julio y agosto usando lavadora, pero no horno



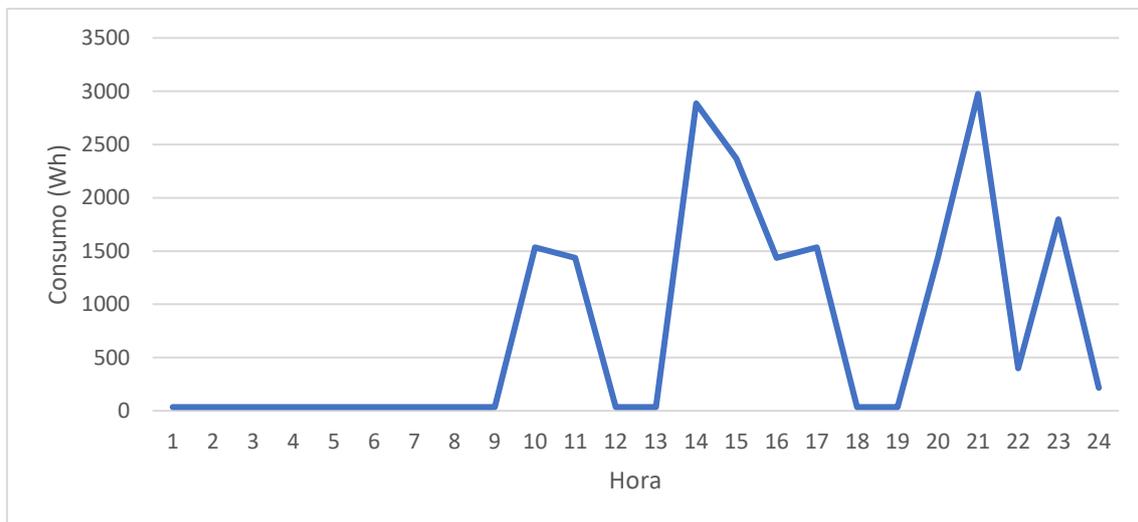
- Los días que no se utiliza la lavadora, pero sí se utiliza el horno:

Tabla 25.. Distribución de consumos meses julio y agosto usando horno, pero no lavadora

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. Maq. frigorífica	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. Maq. frigorífica	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
12	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	-	350	1800	-	2367,30
15	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	1400	-	-	-	1797,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	-	215,30

Ilustración 31. Distribución de consumos meses julio y agosto usando horno, pero no lavadora



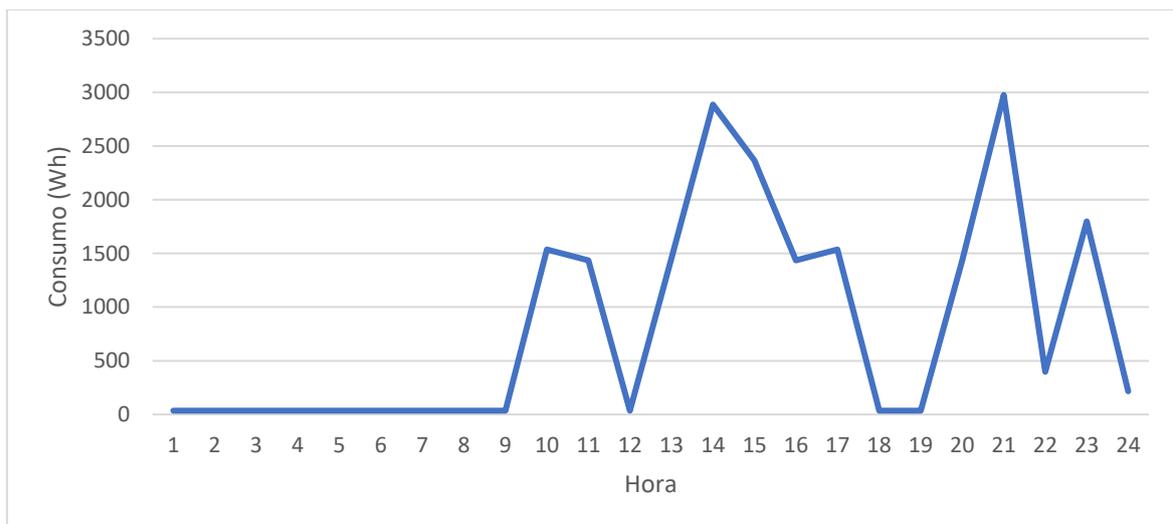
- Los días que se utiliza tanto el horno como la lavadora

Tabla 26. Distribución de consumos meses julio y agosto usando lavadora y horno

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. Maq. frigorífica	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
0	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30

Electrodomésticos (consumo en Wh)										
Hora	Lavadora	Nevera	Vitroce.	Televisión	Bombillas	aire acond. Maq. frigorífica	Microondas	Horno	Termo eléctrico	Total (Wh)
1	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
2	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
3	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
4	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
5	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
6	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
7	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
8	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
9	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
10	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
11	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
12	1416,67	35,30	-	-	-	-	-	-	-	1451,97
13	-	35,30	2850	-	-	-	-	-	-	2885,30
14	-	35,30	-	182	-	-	350	1800	-	2367,30
15	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
16	-	35,30	-	-	-	-	-	-	1500	1535,30
17	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
18	-	35,30	-	-	-	-	-	-	-	35,30
19	-	35,30	-	-	-	1400	-	-	-	1435,30
20	-	35,30	2850	-	90	-	-	-	-	2975,30
21	-	35,30	-	182	180	-	-	-	-	397,30
22	-	35,30	-	182	180	1400	-	-	-	1797,30
23	-	35,30	-	-	180	-	-	-	-	215,30

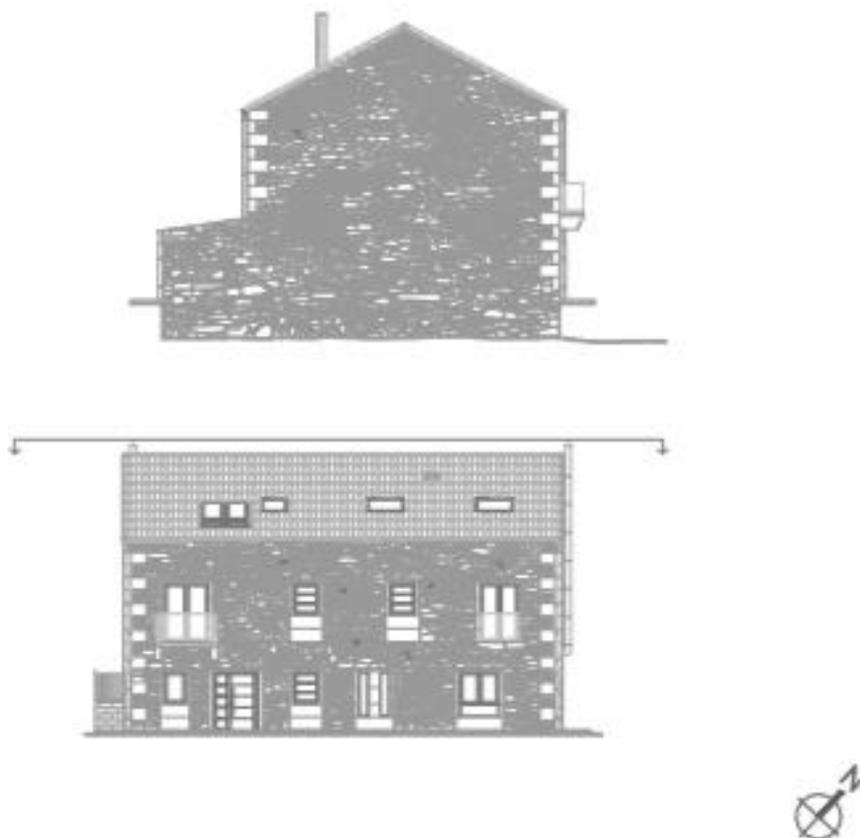
Ilustración 32. Distribución de consumos meses julio y agosto usando lavadora y horno



5.3. Superficie útil de la vivienda.

La vivienda sobre la que se va a realizar el estudio de viabilidad es una vivienda unifamiliar, de tres plantas, con cubierta a dos aguas y con conexión a red.

Ilustración 33. Apariencia exterior de la vivienda



Como la vivienda no dispone prácticamente de zona de exterior, la instalación fotovoltaica se va a realizar en la cubierta de la vivienda.

Como se puede apreciar en las ilustraciones 34 y 35, la cubierta tiene una inclinación del 52% de desnivel, y cada uno de los lados de la cubierta tiene unas dimensiones de 15,48 m de largo.

Ilustración 34. Vista de planta de la vivienda

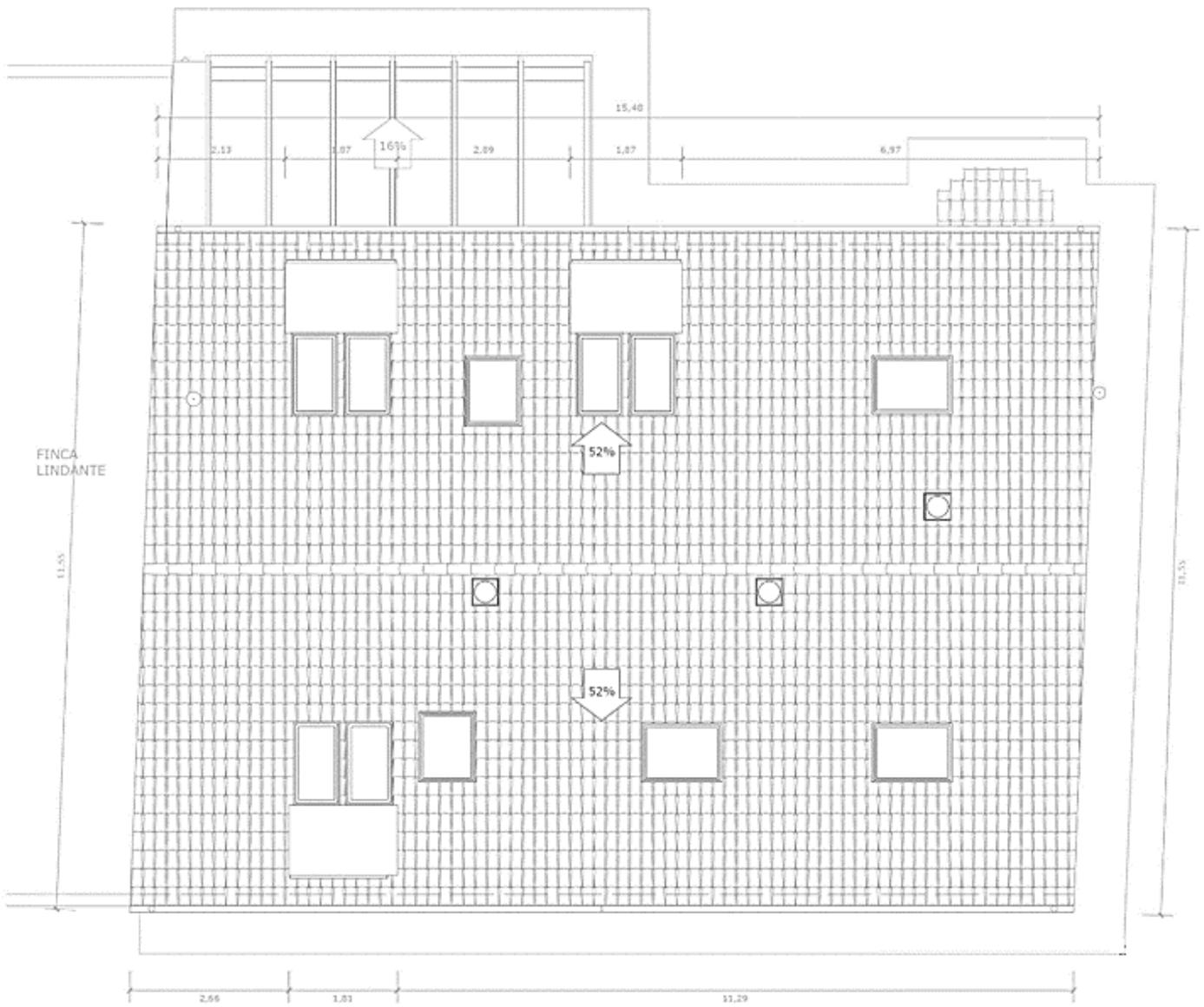
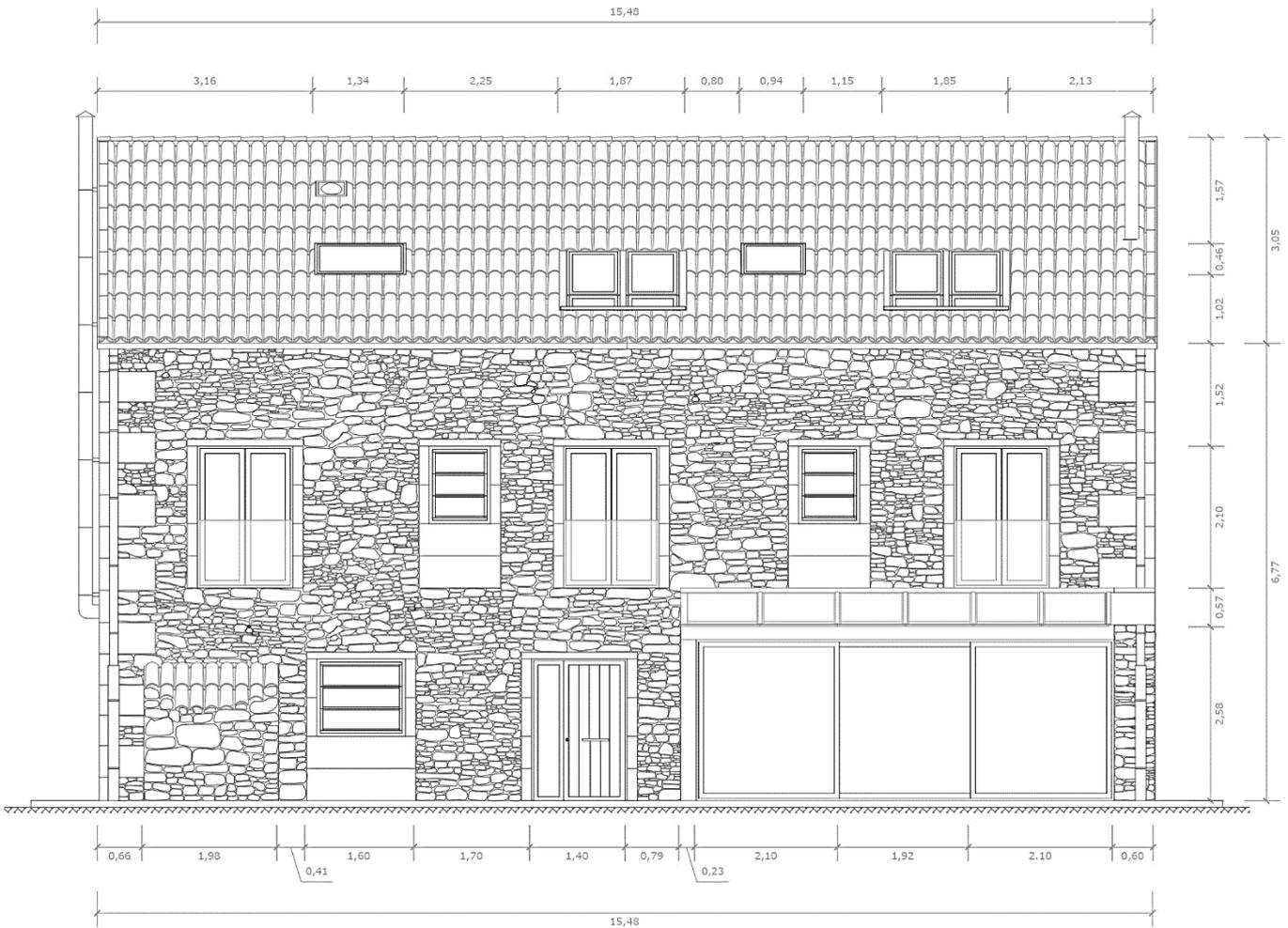


Ilustración 35. Vista de perfil de la vivienda



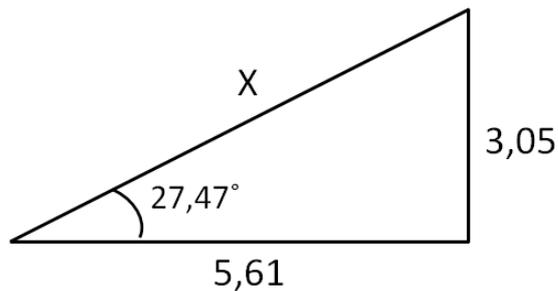
Para calcular cual es el área de cada lado de la cubierta, es necesario calcular el ancho de esta.

Primero se va a ver a que ángulo corresponde la pendiente dada en tanto por ciento de la cubierta:

$$Pendiente [grados] = \arctg \left(\frac{pendiente [\%]}{100} \right)$$

$$Pendiente [grados] = \arctg \left(\frac{52}{100} \right) = 27,47^\circ$$

Ahora, se disponen de los siguientes datos, siendo todas las longitudes en metros:



Para calcular la hipotenusa (el ancho de la cubierta), si se usa, por ejemplo, el ángulo y el cateto opuesto:

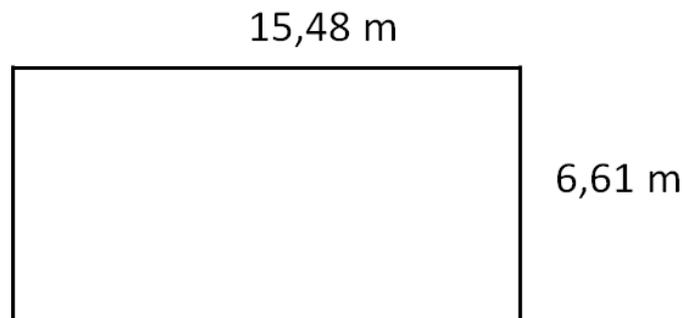
$$\sin \theta = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{\text{cateto opuesto}}{X}$$

$$\sin 27,47^\circ = \frac{3,05 \text{ m}}{X}$$

$$X = 6,61 \text{ m}$$

Por lo que cada lado de la cubierta tiene 6,61 m de ancho y 15,48 m de largo:

Ilustración 36. Tamaño de la cubierta



La superficie de cada lado de la cubierta es:

$$\text{Superficie} = 15,48 \cdot 6,61 = 102,32 \text{ m}^2$$

Uno de los lados de la cubierta está prácticamente orientado al sur, mientras que el otro lado se encuentra orientado al norte. Como la orientación ideal para los paneles solares es hacia el sur, los paneles solares se van a instalar solo en un lado de la cubierta, el orientado al sur. Así que la superficie calculada de un lado de la cubierta es la superficie disponible para situar los paneles, aunque habrá que tener en cuenta la superficie ocupada por las ventanas que hay en la cubierta.

5.4. Dimensionamiento de la instalación.

Una vez analizados cuales son los consumos que se esperan tener en la vivienda, y después de analizar también cuales son las características del lugar en el que se va a realizar la instalación fotovoltaica (tanto datos climáticos como superficie para colocar los paneles solares en la vivienda), ya se está en condiciones de pasar a analizar cómo va a ser la instalación fotovoltaica a colocar en la vivienda.

5.4.1. Preselección de paneles.

La instalación fotovoltaica se va a realizar para destinarla a una vivienda con autoconsumo. Tal y como se ha mencionado antes, los paneles solares se van a colocar solo en el lado orientado al sur de la cubierta a dos aguas.

Como el lugar donde se van a colocar los paneles fotovoltaicos es una superficie limitada, se va a colocar aquel panel solar fotovoltaico que tenga mayor el valor de la relación potencia / área,

es decir, mayor rendimiento, puesto que este valor indica que es el panel que más potencia puede dar ocupando el menor espacio posible.

Tabla 27. Rendimientos de diferentes paneles fotovoltaicos

	Potencia (W)	Área (m ²)	Rendimiento
Tipo 1	230	$1,645 \cdot 0,990 = 1,63$	$\frac{230}{1,63} = 141,1$
Tipo 2	270	$1,650 \cdot 0,990 = 1,63$	$\frac{270}{1,63} = 165,6$
Tipo 3	330	$1,956 \cdot 0,992 = 1,94$	$\frac{330}{1,94} = 170,1$
Tipo 4	370	$1,956 \cdot 0,992 = 1,94$	$\frac{370}{1,94} = 190,7$

El área de los paneles es un valor estandarizado, y normalmente estos tienen un área de 1,63 m² o 1,94 m².

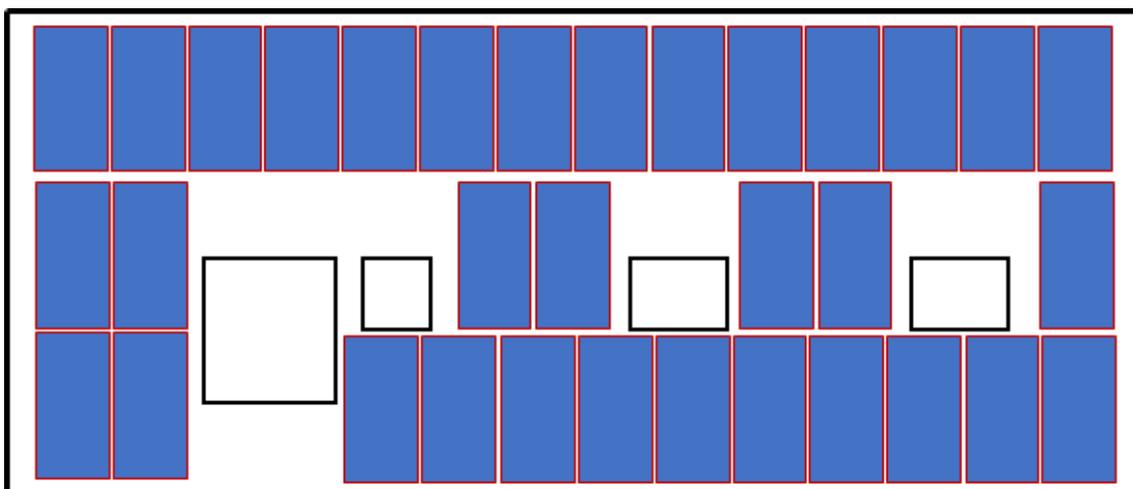
Para la instalación fotovoltaica se van a utilizar los paneles fotovoltaicos que mayor valor tengan en la relación potencia/área. Estos paneles son los de una potencia de 370 W, de la marca ESPSC Monocrystalline Solar Module, cuyas características se encuentran en el anexo.

5.4.1.1. Alternativa 1.

Como primera alternativa, se va a ver cuál es el número máximo de paneles que caben en la cubierta. Por ello se van a realizar varios esquemas, y así ver cuál es la posición más idónea para que quepan el mayor número posible de paneles solares en la cubierta orientada al sur de la vivienda.

- Si se colocan los paneles de forma vertical:

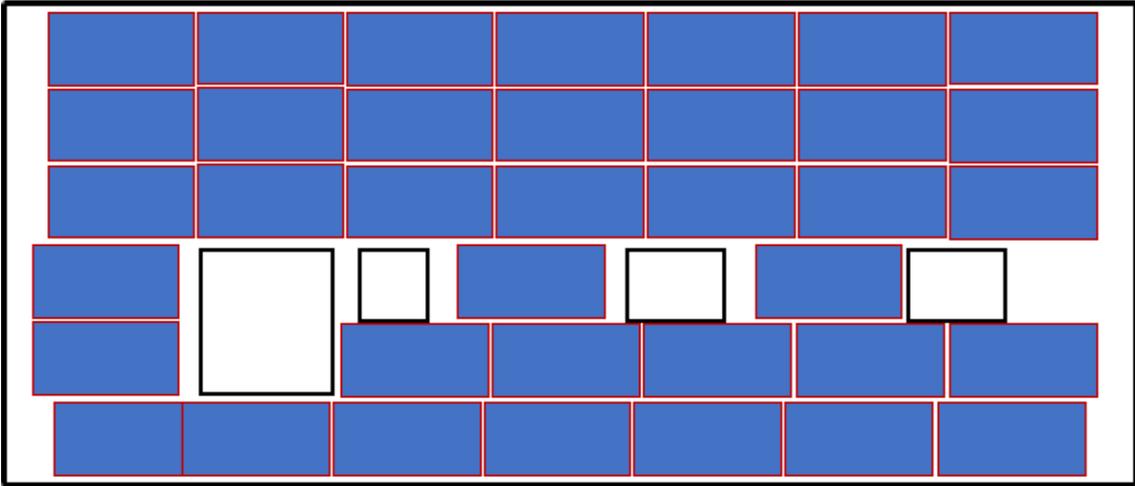
Ilustración 37. Módulos solares en posición vertical, 33 módulos



De esta forma se pueden colocar 33 módulos solares.

- Si se posicionan de forma horizontal:

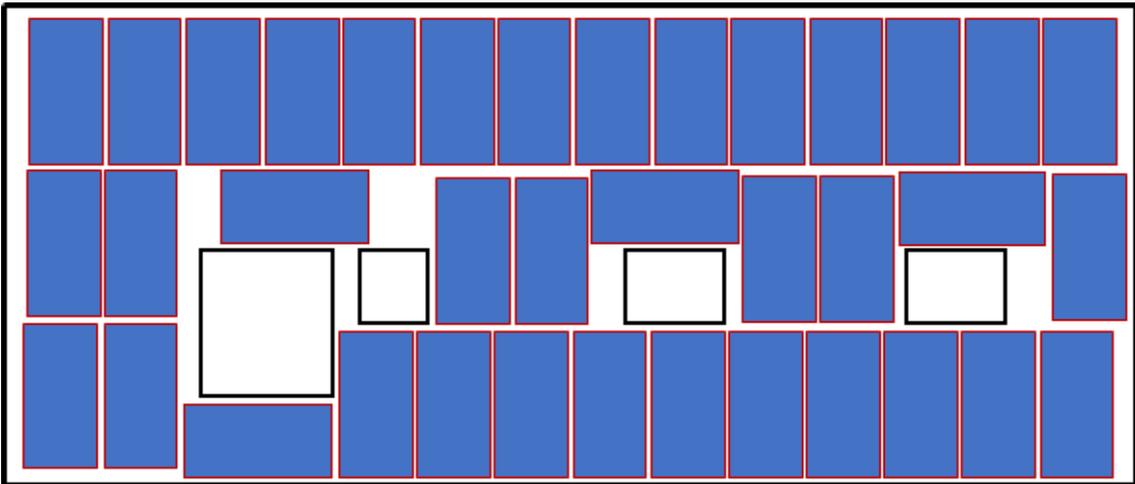
Ilustración 38. Módulos solares en posición horizontal, 33 módulos



De esta forma se pueden colocar 37 módulos solares.

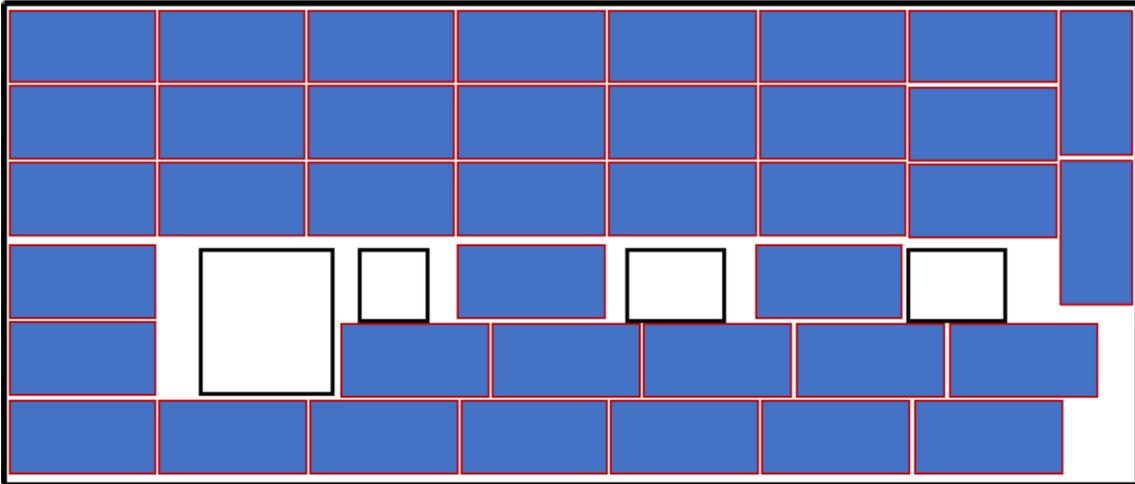
- Si se colocan ahora de forma que se combinen tanto en forma horizontal como de forma vertical:

Ilustración 39. Módulos solares en posición vertical y horizontal, 37 módulos



Así se pueden colocar 37 módulos solares.

Ilustración 40. Módulos solares en posición vertical y horizontal, 39 módulos



Con esta última disposición, se pueden colocar un total de 39 módulos solares.

Una vez comprobadas varias disposiciones posibles, se puede apreciar que el máximo número de módulos que pueden colocarse en la cubierta son 39 módulos solares.

Si se colocan todos los paneles solares que caben en la cubierta, la potencia total de la instalación solar es:

$$Potencia\ total\ instalada = 39 \cdot 0,370 = 14,43\ kW$$

Una vez visto que son 39 el número máximo de paneles a colocar en la cubierta, se va a ver cuál es su generación de energía y compararla con los consumos de la vivienda.

Para ver si este es el número correcto de paneles que hay que instalar, se va a comparar la generación y el consumo del mes de diciembre. Ya que es éste, el mes del año donde mayor es el consumo y a su vez menor es la generación, por lo que si se genera mucho más de lo que se consume no serán necesarios tantos paneles solares.

Utilizando la fórmula expuesta en la parte teórica, siendo la potencia pico en este caso $P_{mp} = 14,43\ kW$, y a partir de los datos de energía de la radiación antes expuestos, en el mes de diciembre se genera:

Tabla 28. Producción energía eléctrica mes de diciembre de 39 paneles

Diciembre 39 paneles	
Hora	E_p (Wh)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	608,75
8	3160,36

Diciembre 39 paneles	
Hora	E_p (Wh)
9	5008,94
10	6314,38
11	7016,25
12	7088,98
13	6533,90
14	5364,50
15	3637,13
16	1220,59
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0

Por lo que ahora, si se compara con los consumos del mes de diciembre:

Tabla 29. Comparativa diciembre consumos y producción 39 paneles

Diciembre usando lavadora y horno				Diciembre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)	Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30	0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30	1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30	2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30	3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30	4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30	5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30	6	0	35,30	-35,30
7	608,75	35,30	573,45	7	608,75	35,30	573,45
8	3160,36	35,30	3125,06	8	3160,36	35,30	3125,06
9	5008,94	1535,30	3473,64	9	5008,94	1535,30	3473,64
10	6314,38	1585,30	4729,07	10	6314,38	1585,30	4729,07
11	7016,25	35,30	6980,95	11	7016,25	35,30	6980,95
12	7088,98	1451,97	5637,01	12	7088,98	35,30	7053,68
13	6533,90	2885,30	3648,60	13	6533,90	2885,30	3648,60
14	5364,50	2367,30	2997,20	14	5364,50	2367,30	2997,20
15	3637,13	1585,30	2051,83	15	3637,13	1585,30	2051,83
16	1220,59	1535,30	-314,72	16	1220,59	1535,30	-314,72
17	0	35,30	-35,30	17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30	18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30	19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30	20	0	2975,30	-2975,30

Diciembre usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	25463,89

Diciembre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	26880,56

Diciembre			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	608,75	35,30	573,45
8	3160,36	35,30	3125,06
9	5008,94	1535,30	3473,64
10	6314,38	1585,30	4729,07
11	7016,25	35,30	6980,95
12	7088,98	35,30	7053,68
13	6533,90	2885,30	3648,60
14	5364,50	567,30	4797,20
15	3637,13	1585,30	2051,83
16	1220,59	1535,30	-314,72
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	28680,56

Diciembre usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	608,75	35,30	573,45
8	3160,36	35,30	3125,06
9	5008,94	1535,30	3473,64
10	6314,38	1585,30	4729,07
11	7016,25	35,30	6980,95
12	7088,98	1451,97	5637,01
13	6533,90	2885,30	3648,60
14	5364,50	567,30	4797,20
15	3637,13	1585,30	2051,83
16	1220,59	1535,30	-314,72
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	27263,89

Una vez comparados los cuatro tipos de días que se dan a lo largo del mes, y sabiendo que la frecuencia de cada uno de los posibles días es:

Tabla 30. Distribución de días a lo largo del mes

Tipo de día	Nº de días
Día usando la lavadora y el horno	1
Día usando la lavadora	9
Día usando el horno	4
Día no usando ni lavadora ni horno	Resto de días del mes

Suponiendo que el balance de energía que ofrece la modalidad de autoconsumo con excedentes consiste en que, por cada kilovatio vertido a la red, puedes obtener de la red otro kilovatio, y esta compensación se produce a lo largo de todo el mes. Por lo que al cabo del mes:

$$Total = 25463,89 \cdot 1 + 27263,89 \cdot 9 + 26880,56 \cdot 4 + 28680,56 \cdot 17 = 865930,66 \text{ Wh}$$

$$Total = 865930,66 \text{ Wh} = 865,93 \text{ kWh}$$

Se puede apreciar que la cantidad de energía generada en la instalación fotovoltaica es mucho mayor que la energía consumida en la vivienda, por lo que el número de paneles solares a instalar es menor que los 39 paneles solares que se podían colocar como mucho en la cubierta de la vivienda. Ya que con 39 paneles solares se estaría haciendo una inversión mucho más grande de la necesaria y se estaría vertiendo una gran cantidad de energía de la cual no se estaría sacando ningún beneficio.

5.4.1.2. Alternativa 2.

Se va a reducir el número de paneles fotovoltaicos a 15 unidades. La potencia de la instalación fotovoltaica con estos paneles es de $P_{mp} = 5,55 \text{ kW}$, y utilizando la fórmula antes expuesta, la energía generada por la instalación en el mes de diciembre es:

Tabla 31. Producción energía eléctrica mes de diciembre de 15 paneles

Diciembre 15 paneles	
Hora	$E_p \text{ (Wh)}$
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	234,14
8	1215,52
9	1926,52
10	2428,61
11	2698,56
12	2726,53
13	2513,04
14	2063,27

Diciembre 15 paneles	
Hora	E_p (Wh)
15	1398,90
16	469,46
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0

Comparando ahora con los consumos de la vivienda:

Tabla 32. Comparativa diciembre consumos y producción 15 paneles

Diciembre usando lavadora y horno				Diciembre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)	Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30	0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30	1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30	2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30	3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30	4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30	5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30	6	0	35,30	-35,30
7	234,14	35,30	198,84	7	234,14	35,30	198,84
8	1215,52	35,30	1180,22	8	1215,52	35,30	1180,22
9	1926,52	1535,30	391,22	9	1926,52	1535,30	391,22
10	2428,61	1585,30	843,31	10	2428,61	1585,30	843,31
11	2698,56	35,30	2663,26	11	2698,56	35,30	2663,26
12	2726,53	1451,97	1274,56	12	2726,53	35,30	2691,23
13	2513,04	2885,30	-372,26	13	2513,04	2885,30	-372,26
14	2063,27	2367,30	-304,03	14	2063,27	2367,30	-304,03
15	1398,90	1585,30	-186,40	15	1398,90	1585,30	-186,40
16	469,46	1535,30	-1065,84	16	469,46	1535,30	-1065,84
17	0	35,30	-35,30	17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30	18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30	19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30	20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30	21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30	22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30	23	0	215,30	-215,30
		Total	-2815,36			Total	-1398,69

Diciembre			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	234,14	35,30	198,84
8	1215,52	35,30	1180,22
9	1926,52	1535,30	391,22
10	2428,61	1585,30	843,31
11	2698,56	35,30	2663,26
12	2726,53	35,30	2691,23
13	2513,04	2885,30	-372,26
14	2063,27	567,30	1495,97
15	1398,90	1585,30	-186,40
16	469,46	1535,30	-1065,84
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	401,308

Diciembre usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	234,14	35,30	198,84
8	1215,52	35,30	1180,22
9	1926,52	1535,30	391,22
10	2428,61	1585,30	843,31
11	2698,56	35,30	2663,26
12	2726,53	1451,97	1274,56
13	2513,04	2885,30	-372,26
14	2063,27	567,30	1495,97
15	1398,90	1585,30	-186,40
16	469,46	1535,30	-1065,84
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	-1015,359

Considerando que los distintos días se repiten con la frecuencia expuesta en la alternativa 1:

$$Total = -2815,36 \cdot 1 - 1015,359 \cdot 9 - 1398,69 \cdot 4 + 401,308 \cdot 17 = -10726,12 \text{ Wh}$$

$$Total = -10726,12 \text{ Wh} = -10,726 \text{ kWh}$$

Por lo tanto, se puede apreciar que en el caso de poner una instalación de 15 paneles solares se va a consumir más energía de la generada por los paneles solares. Como el objetivo que se marca al realizar la instalación es que la energía producida compense totalmente la generada, se han de colocar más paneles solares en la instalación fotovoltaica.

5.4.1.3. Alternativa 3.

Si se aumenta a 16 el número de paneles a instalar, la potencia de la instalación fotovoltaica es $P_{mp} = 5,92 \text{ kW}$, y utilizando la fórmula expuesta en la parte teórica, la energía generada por la instalación en el mes de diciembre es:

Tabla 33. Producción energía eléctrica mes de diciembre de 16 paneles

Diciembre 16 paneles	
Hora	E_p (Wh)
0	0
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	249,75
8	1296,56
9	2054,95
10	2590,51
11	2878,46
12	2908,30
13	2680,58
14	2200,82
15	1492,16
16	500,75
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0

Si se compara con los consumos:

Tabla 34. Comparativa diciembre consumos y producción 16 paneles

Diciembre usando lavadora y horno				Diciembre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)	Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30	0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30	1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30	2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30	3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30	4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30	5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30	6	0	35,30	-35,30
7	249,75	35,30	214,44	7	249,75	35,30	214,44
8	1296,56	35,30	1261,26	8	1296,56	35,30	1261,26
9	2054,95	1535,30	519,65	9	2054,95	1535,30	519,65

Diciembre usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
10	2590,51	1585,30	1005,21
11	2878,46	35,30	2843,16
12	2908,30	1451,97	1456,33
13	2680,58	2885,30	-204,72
14	2200,82	2367,30	-166,48
15	1492,16	1585,30	-93,15
16	500,75	1535,30	-1034,55
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	-1637,06

Diciembre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
10	2590,51	1585,30	1005,21
11	2878,46	35,30	2843,16
12	2908,30	35,30	2873,00
13	2680,58	2885,30	-204,72
14	2200,82	2367,30	-166,48
15	1492,16	1585,30	-93,15
16	500,75	1535,30	-1034,55
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	-220,39

Diciembre			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	249,75	35,30	214,44
8	1296,56	35,30	1261,26
9	2054,95	1535,30	519,65
10	2590,51	1585,30	1005,21
11	2878,46	35,30	2843,16
12	2908,30	35,30	2873,00
13	2680,58	2885,30	-204,72
14	2200,82	567,30	1633,52
15	1492,16	1585,30	-93,15
16	500,75	1535,30	-1034,55
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30

Diciembre usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0,00	35,30	-35,30
7	249,75	35,30	214,44
8	1296,56	35,30	1261,26
9	2054,95	1535,30	519,65
10	2590,51	1585,30	1005,21
11	2878,46	35,30	2843,16
12	2908,30	1451,97	1456,33
13	2680,58	2885,30	-204,72
14	2200,82	567,30	1633,52
15	1492,16	1585,30	-93,15
16	500,75	1535,30	-1034,55
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30

Diciembre			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
23	0	215,30	-215,30
		Total	1579,61

Diciembre usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
23	0	215,30	-215,30
		Total	162,94

Considerando que los distintos días se repiten con la frecuencia antes expuesta:

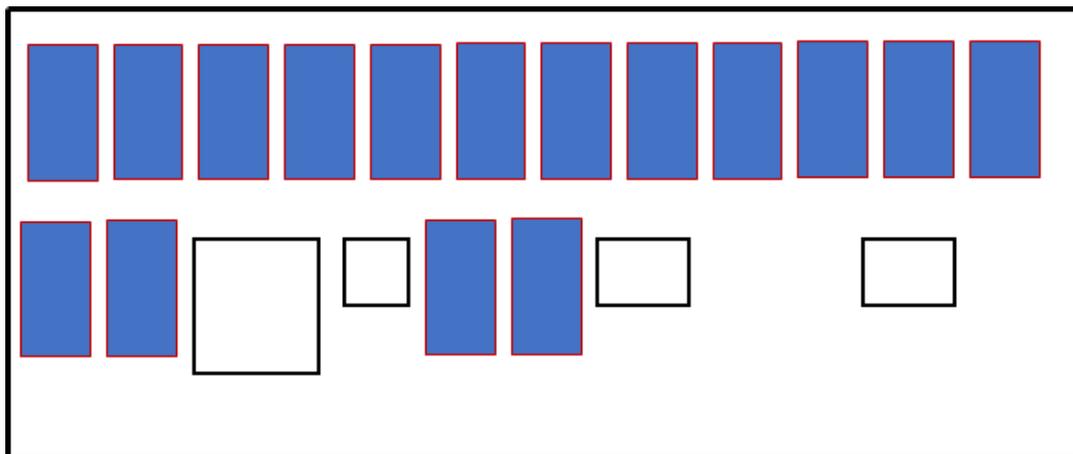
$$Total = -1637,06 \cdot 1 + 162,94 \cdot 9 - 220,39 \cdot 4 + 1579,61 \cdot 17 = 25801,21 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ diciembre} = 25801,21 \text{ Wh} = 25,801 \text{ kWh}$$

Por lo que, con una instalación de 16 paneles solares, se cubre todos los consumos de la vivienda con la energía generada de los paneles. Por lo tanto, **la instalación va a estar formada por 16 paneles solares**, ya que como se comentado antes, si se cubre la demanda de diciembre (mes con más consumos y a la vez con menos generación), se cubre la demanda de todos los demás meses.

Siendo la disposición final de los paneles solares en la cubierta de la vivienda de la siguiente forma:

Ilustración 41. Distribución final de módulos solares en cubierta



Una vez visto que el número de paneles solares de la instalación es 16, se va a ver cuál es la energía obtenida por la instalación solar cada mes, a partir de los datos de la energía de la radiación y la fórmula antes expuesta:

Tabla 35. Producción energía eléctrica de 16 paneles

Energía generada por 16 paneles							
Enero		Febrero		Marzo		Abril	
Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0	4	0
5	0	5	0	5	0	5	0

Energía generada por 16 paneles							
Enero		Febrero		Marzo		Abril	
Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)
6	0	6	0	6	321,65	6	530,83
7	296,32	7	769,84	7	1324,50	7	1433,51
8	1423,40	8	1786,02	8	2299,17	8	2364,68
9	2204,92	9	2606,62	9	3096,55	9	3149,20
10	2758,17	10	3194,12	10	3655,64	10	3712,55
11	3056,69	11	3512,61	11	3952,43	11	4016,36
12	3087,64	12	3545,21	12	3984,48	12	4047,86
13	2850,99	13	3293,57	13	3748,47	13	3807,59
14	2356,32	14	2766,30	14	3249,61	14	3302,25
15	1623,42	15	1995,43	15	2504,16	15	2564,70
16	653,65	16	1042,24	16	1560,99	16	1656,73
17	0	17	134,19	17	556,40	17	720,90
18	0	18	0	18	14,92	18	112,24
19	0	19	0	19	0	19	0
20	0	20	0	20	0	20	0
21	0	21	0	21	0	21	0
22	0	22	0	22	0	22	0
23	0	23	0	23	0	23	0

Energía generada por 16 paneles							
Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0	4	0
5	144,45	5	196,70	5	169,79	5	63,30
6	679,38	6	715,77	6	680,88	6	560,58
7	1589,72	7	1661,70	7	1645,92	7	1506,36
8	2505,42	8	2629,03	8	2639,37	8	2525,95
9	3280,00	9	3459,25	9	3498,48	9	3415,29
10	3839,24	10	4065,07	10	4124,42	10	4066,57
11	4141,87	11	4396,59	11	4467,71	11	4422,71
12	4173,92	12	4431,95	12	4504,73	12	4459,73
13	3933,72	13	4167,84	13	4231,06	13	4177,63
14	3431,94	14	3623,36	14	3667,56	14	3590,99
15	2702,12	15	2839,00	15	2856,52	15	2750,27
16	1809,63	16	1892,66	16	1882,40	16	1747,82
17	878,84	17	922,41	17	890,29	17	755,63
18	245,72	18	271,29	18	239,40	18	146,34

Energía generada por 16 paneles							
Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)
19	12,71	19	41,36	19	29,76	19	0
20	0	20	0	20	0	20	0
21	0	21	0	21	0	21	0
22	0	22	0	22	0	22	0
23	0	23	0	23	0	23	0

Energía generada por 16 paneles							
Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)	Hora	E_p (Wh)
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0	4	0
5	0	5	0	5	0	5	0
6	333,97	6	57,46	6	0	6	0
7	1224,33	7	967,72	7	442,89	7	249,75
8	2222,68	8	1962,05	8	1469,66	8	1296,56
9	3098,45	9	2806,87	9	2267,83	9	2054,95
10	3737,97	10	3410,31	10	2841,21	10	2590,51
11	4087,64	11	3738,84	11	3151,49	11	2878,46
12	4125,21	12	3773,64	12	3184,09	12	2908,30
13	3846,82	13	3512,53	13	2938,45	13	2680,58
14	3271,39	14	2970,97	14	2423,10	14	2200,82
15	2443,14	15	2176,98	15	1672,99	15	1492,16
16	1459,71	16	1207,52	16	719,32	16	500,75
17	512,99	17	248,09	17	12,71	17	0
18	31,34	18	0	18	0	18	0
19	0	19	0	19	0	19	0
20	0	20	0	20	0	20	0
21	0	21	0	21	0	21	0
22	0	22	0	22	0	22	0
23	0	23	0	23	0	23	0

Tras ver cuáles son los valores de energía producidas cada mes, se va a comparar con la energía consumida mes a mes.

- Enero:

Tabla 36 Comparativa enero consumos y producción 16 paneles

Enero usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	296,32	35,30	261,01
8	1423,40	35,30	1388,10
9	2204,92	1535,30	669,62
10	2758,17	1585,30	1172,87
11	3056,69	35,30	3021,39
12	3087,64	1451,97	1635,67
13	2850,99	2885,30	-34,31
14	2356,32	2367,30	-10,98
15	1623,42	1585,30	38,12
16	653,65	1535,30	-881,65
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	-178,37

Enero usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	296,32	35,30	261,01
8	1423,40	35,30	1388,10
9	2204,92	1535,30	669,62
10	2758,17	1585,30	1172,87
11	3056,69	35,30	3021,39
12	3087,64	35,30	3052,33
13	2850,99	2885,30	-34,31
14	2356,32	2367,30	-10,98
15	1623,42	1585,30	38,12
16	653,65	1535,30	-881,65
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	1238,30

Enero			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	296,32	35,30	261,01

Enero usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	296,32	35,30	261,01

Enero			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
8	1423,40	35,30	1388,10
9	2204,92	1535,30	669,62
10	2758,17	1585,30	1172,87
11	3056,69	35,30	3021,39
12	3087,64	35,30	3052,33
13	2850,99	2885,30	-34,31
14	2356,32	567,30	1789,02
15	1623,42	1585,30	38,12
16	653,65	1535,30	-881,65
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	3038,30

Enero usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
8	1423,40	35,30	1388,10
9	2204,92	1535,30	669,62
10	2758,17	1585,30	1172,87
11	3056,69	35,30	3021,39
12	3087,64	1451,97	1635,67
13	2850,99	2885,30	-34,31
14	2356,32	567,30	1789,02
15	1623,42	1585,30	38,12
16	653,65	1535,30	-881,65
17	0	35,30	-35,30
18	0	35,30	-35,30
19	0	1585,30	-1585,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1947,30	-1947,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	1621,63

Por lo que el balance mensual quedaría:

$$Total = -178,37 \cdot 1 + 1621,63 \cdot 9 - 1238,30 \cdot 4 + 3038,30 \cdot 17 = 71021 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ enero} = 71021 \text{ Wh} = 71,021 \text{ kWh}$$

- Febrero

Tabla 37. Comparativa febrero consumos y producción 16 paneles

Febrero usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	769,84	35,30	734,54
8	1786,02	35,30	1750,72
9	2606,62	1535,30	1071,31
10	3194,12	35,30	3158,82
11	3512,61	35,30	3477,31
12	3545,21	1451,97	2093,24
13	3293,57	2885,30	408,27

Febrero usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	769,84	35,30	734,54
8	1786,02	35,30	1750,72
9	2606,62	1535,30	1071,31
10	3194,12	35,30	3158,82
11	3512,61	35,30	3477,31
12	3545,21	35,30	3509,91
13	3293,57	2885,30	408,27

Febrero usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
14	2766,30	2367,30	399,00
15	1995,43	35,30	1960,13
16	1042,24	1535,30	-493,07
17	134,18	35,30	98,89
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	10356,26

Febrero usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
14	2766,30	2367,30	399,00
15	1995,43	35,30	1960,13
16	1042,24	1535,30	-493,07
17	134,18	35,30	98,89
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	11772,92

Febrero			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	769,84	35,30	734,54
8	1786,02	35,30	1750,72
9	2606,62	1535,30	1071,31
10	3194,12	35,30	3158,82
11	3512,61	35,30	3477,31
12	3545,21	35,30	3509,91
13	3293,57	2885,30	408,27
14	2766,30	567,30	2199,00
15	1995,43	35,30	1960,13
16	1042,24	1535,30	-493,07
17	134,18	35,30	98,89
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	13572,92

Febrero usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	769,84	35,30	734,54
8	1786,02	35,30	1750,72
9	2606,62	1535,30	1071,31
10	3194,12	35,30	3158,82
11	3512,61	35,30	3477,31
12	3545,21	1451,97	2093,24
13	3293,57	2885,30	408,27
14	2766,30	567,30	2199,00
15	1995,43	35,30	1960,13
16	1042,24	1535,30	-493,07
17	134,18	35,30	98,89
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	12156,26

Por lo que el balance mensual quedaría:

$$Total = 10356,26 \cdot 1 + 12156,26 \cdot 9 - 11772,92 \cdot 4 + 13572,92 \cdot 14 = 356875 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ febrero} = 356875 \text{ Wh} = 356,875 \text{ kWh}$$

- Marzo

Tabla 38. Comparativa marzo consumos y producción 16 paneles

Marzo usando horno y lavadora				Marzo usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)	Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30	0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30	1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30	2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30	3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30	4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30	5	0	35,30	-35,30
6	321,65	35,30	286,35	6	321,65	35,30	286,35
7	1324,50	35,30	1289,20	7	1324,50	35,30	1289,20
8	2299,17	35,30	2263,87	8	2299,17	35,30	2263,87
9	3096,55	1535,30	1561,25	9	3096,55	1535,30	1561,25
10	3655,64	35,30	3620,34	10	3655,64	35,30	3620,34
11	3952,43	35,30	3917,13	11	3952,43	35,30	3917,13
12	3984,48	1451,97	2532,51	12	3984,48	35,30	3949,17
13	3748,47	2885,30	863,16	13	3748,47	2885,30	863,16
14	3249,61	2367,30	882,31	14	3249,61	2367,30	882,31
15	2504,16	35,30	2468,86	15	2504,16	35,30	2468,86
16	1560,99	1535,30	25,68	16	1560,99	1535,30	25,68
17	556,40	35,30	521,10	17	556,40	35,30	521,10
18	14,91	35,30	-20,38	18	14,91	35,30	-20,38
19	0	35,30	-35,30	19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30	20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30	21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30	22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30	23	0	215,30	-215,30
		Total	15979,07			Total	17395,74

Marzo			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30

Marzo usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30

Marzo				Marzo usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)	Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
5	0	35,30	-35,30	5	0	35,30	-35,30
6	321,65	35,30	286,35	6	321,65	35,30	286,35
7	1324,50	35,30	1289,20	7	1324,50	35,30	1289,20
8	2299,17	35,30	2263,87	8	2299,17	35,30	2263,87
9	3096,55	1535,30	1561,25	9	3096,55	1535,30	1561,25
10	3655,64	35,30	3620,34	10	3655,64	35,30	3620,34
11	3952,43	35,30	3917,13	11	3952,43	35,30	3917,13
12	3984,48	35,30	3949,17	12	3984,48	1451,97	2532,51
13	3748,47	2885,30	863,16	13	3748,47	2885,30	863,16
14	3249,61	567,30	2682,31	14	3249,61	567,30	2682,31
15	2504,16	35,30	2468,86	15	2504,16	35,30	2468,86
16	1560,99	1535,30	25,68	16	1560,99	1535,30	25,68
17	556,40	35,30	521,10	17	556,40	35,30	521,10
18	14,91	35,30	-20,38	18	14,91	35,30	-20,38
19	0	35,30	-35,30	19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30	20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30	21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30	22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30	23	0	215,30	-215,30
		Total	19195,74			Total	17779,07

Quedando el balance total del mes de marzo:

$$Total = 15979,07 \cdot 1 + 17779,07 \cdot 9 - 17395,74 \cdot 4 + 19195,74 \cdot 17 = 571901 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ marzo} = 571901 \text{ Wh} = 571,90 \text{ kWh}$$

- Abril

Tabla 39. Comparativa abril consumos y producción 16 paneles

Abril usando lavadora y horno				Abril usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)	Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30	0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30	1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30	2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30	3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30	4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30	5	0	35,30	-35,30
6	530,82	35,30	495,53	6	530,82	35,30	495,53
7	1433,51	35,30	1398,21	7	1433,51	35,30	1398,21
8	2364,68	35,30	2329,38	8	2364,68	35,30	2329,38

Abril usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
9	3149,20	1535,30	1613,90
10	3712,55	35,30	3677,25
11	4016,36	35,30	3981,06
12	4047,86	1451,97	2595,89
13	3807,59	2885,30	922,29
14	3302,25	2367,30	934,95
15	2564,70	35,30	2529,40
16	1656,73	1535,30	121,43
17	720,89	35,30	685,60
18	112,24	35,30	76,94
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	17129,52

Abril usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
9	3149,20	1535,30	1613,90
10	3712,55	35,30	3677,25
11	4016,36	35,30	3981,06
12	4047,86	35,30	4012,56
13	3807,59	2885,30	922,29
14	3302,25	2367,30	934,95
15	2564,70	35,30	2529,40
16	1656,73	1535,30	121,43
17	720,89	35,30	685,60
18	112,24	35,30	76,94
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	18546,19

Abril			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	530,82	35,30	495,53
7	1433,51	35,30	1398,21
8	2364,68	35,30	2329,38
9	3149,20	1535,30	1613,90
10	3712,55	35,30	3677,25
11	4016,36	35,30	3981,06
12	4047,86	35,30	4012,56
13	3807,59	2885,30	922,29
14	3302,25	567,30	2734,95
15	2564,70	35,30	2529,40
16	1656,73	1535,30	121,43
17	720,89	35,30	685,60
18	112,24	35,30	76,94
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30

Abril usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	530,82	35,30	495,53
7	1433,51	35,30	1398,21
8	2364,68	35,30	2329,38
9	3149,20	1535,30	1613,90
10	3712,55	35,30	3677,25
11	4016,36	35,30	3981,06
12	4047,86	1451,97	2595,89
13	3807,59	2885,30	922,29
14	3302,25	567,30	2734,95
15	2564,70	35,30	2529,40
16	1656,73	1535,30	121,43
17	720,89	35,30	685,60
18	112,24	35,30	76,94
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30

Abril			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	20346,19

Abril usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	18929,52

Quedando el balance total del mes de abril:

$$Total = 17129,52 \cdot 1 + 18929,52 \cdot 9 - 18546,19 \cdot 4 + 20346,19 \cdot 16 = 587219 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ abril} = 587219 \text{ Wh} = 587,219 \text{ kWh}$$

- Mayo

Tabla 40. Comparativa mayo consumos y producción 16 paneles

Mayo usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	144,44	35,30	109,15
6	679,37	35,30	644,08
7	1589,72	35,30	1554,42
8	2505,42	35,30	2470,12
9	3280,00	1535,30	1744,69
10	3839,24	35,30	3803,94
11	4141,87	35,30	4106,57
12	4173,92	1451,97	2721,95
13	3933,72	2885,30	1048,42
14	3431,94	2367,30	1064,64
15	2702,12	35,30	2666,82
16	1809,63	1535,30	274,32
17	878,84	35,30	843,54
18	245,71	35,30	210,42
19	12,70	35,30	-22,59
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	19078,78

Mayo usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	144,44	35,30	109,15
6	679,37	35,30	644,08
7	1589,72	35,30	1554,42
8	2505,42	35,30	2470,12
9	3280,00	1535,30	1744,69
10	3839,24	35,30	3803,94
11	4141,87	35,30	4106,57
12	4173,92	35,30	4138,61
13	3933,72	2885,30	1048,42
14	3431,94	2367,30	1064,64
15	2702,12	35,30	2666,82
16	1809,63	1535,30	274,32
17	878,84	35,30	843,54
18	245,71	35,30	210,42
19	12,70	35,30	-22,59
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	20495,45

Mayo			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	144,44	35,30	109,15
6	679,37	35,30	644,08
7	1589,72	35,30	1554,42
8	2505,42	35,30	2470,12
9	3280,00	1535,30	1744,69
10	3839,24	35,30	3803,94
11	4141,87	35,30	4106,57
12	4173,92	35,30	4138,61
13	3933,72	2885,30	1048,42
14	3431,94	567,30	2864,64
15	2702,12	35,30	2666,82
16	1809,63	1535,30	274,32
17	878,84	35,30	843,54
18	245,71	35,30	210,42
19	12,70	35,30	-22,59
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	22295,45

Mayo usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	144,44	35,30	109,15
6	679,37	35,30	644,08
7	1589,72	35,30	1554,42
8	2505,42	35,30	2470,12
9	3280,00	1535,30	1744,69
10	3839,24	35,30	3803,94
11	4141,87	35,30	4106,57
12	4173,92	1451,97	2721,95
13	3933,72	2885,30	1048,42
14	3431,94	567,30	2864,64
15	2702,12	35,30	2666,82
16	1809,63	1535,30	274,32
17	878,84	35,30	843,54
18	245,71	35,30	210,42
19	12,70	35,30	-22,59
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	20878,78

Quedando el balance total del mes de mayo:

$$Total = 19078,78 \cdot 1 + 20878,78 \cdot 9 - 20495,45 \cdot 4 + 22295,45 \cdot 17 = 667992 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ mayo} = 667992 \text{ Wh} = 667,992 \text{ kWh}$$

- Junio

Tabla 41. Comparativa junio consumos y producción 16 paneles

Junio usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30

Junio usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30

Junio usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
4	0	35,30	-35,30
5	196,70	35,30	161,40
6	715,76	35,30	680,47
7	1661,70	35,30	1626,40
8	2629,03	35,30	2593,73
9	3459,25	1535,30	1923,95
10	4065,07	35,30	4029,77
11	4396,59	35,30	4361,29
12	4431,95	1451,97	2979,98
13	4167,84	2885,30	1282,54
14	3623,36	2367,30	1256,05
15	2839,00	35,30	2803,69
16	1892,66	1535,30	357,36
17	922,41493	35,30	887,11
18	271,29	35,30	235,99
19	41,36	35,30	6,06
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	21024,10

Junio usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
4	0	35,30	-35,30
5	196,70	35,30	161,40
6	715,76	35,30	680,47
7	1661,70	35,30	1626,40
8	2629,03	35,30	2593,73
9	3459,25	1535,30	1923,95
10	4065,07	35,30	4029,77
11	4396,59	35,30	4361,29
12	4431,95	35,30	4396,65
13	4167,84	2885,30	1282,54
14	3623,36	2367,30	1256,05
15	2839,00	35,30	2803,69
16	1892,66	1535,30	357,36
17	922,41	35,30	887,11
18	271,29	35,30	235,99
19	41,36	35,30	6,06
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	22440,76

Junio			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	196,70	35,30	161,40
6	715,76	35,30	680,47
7	1661,70	35,30	1626,40
8	2629,03	35,30	2593,73
9	3459,25	1535,30	1923,95
10	4065,07	35,30	4029,77
11	4396,59	35,30	4361,29
12	4431,95	35,30	4396,65
13	4167,84	2885,30	1282,54
14	3623,36	567,30	3056,05
15	2839,00	35,30	2803,69
16	1892,66	1535,30	357,36

Junio usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	196,70	35,30	161,40
6	715,76	35,30	680,47
7	1661,70	35,30	1626,40
8	2629,03	35,30	2593,73
9	3459,25	1535,30	1923,95
10	4065,07	35,30	4029,77
11	4396,59	35,30	4361,29
12	4431,95	1451,97	2979,98
13	4167,84	2885,30	1282,54
14	3623,36	567,30	3056,05
15	2839,00	35,30	2803,69
16	1892,66	1535,30	357,36

Junio			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
17	922,41	35,30	887,11
18	271,29	35,30	235,99
19	41,36	35,30	6,06
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	24240,76

Junio usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
17	922,41	35,30	887,11
18	271,29	35,30	235,99
19	41,36	35,30	6,06
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	22824,10

Quedando el balance total del mes de junio:

$$Total = 21024,10 \cdot 1 + 22824,10 \cdot 9 - 22440,76 \cdot 4 + 24240,76 \cdot 16 = 704056 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ junio} = 704056 \text{ Wh} = 704,056 \text{ kWh}$$

- Julio

Tabla 42. Comparativa julio consumos y producción 16 paneles

Julio usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	169,78	35,30	134,48
6	680,87	35,30	645,58
7	1645,92	35,30	1610,62
8	2639,37	1535,30	1104,07
9	3498,48	1435,30	2063,18
10	4124,42	35,30	4089,12
11	4467,71	1451,97	3015,74
12	4504,73	2885,30	1619,42
13	4231,06	2367,30	1863,76
14	3667,56	1435,30	2232,26
15	2856,52	1535,30	1321,22
16	1882,40	35,30	1847,10
17	890,28907	35,30	854,99
18	239,40	1435,30	-1195,90
19	29,75	2975,30	-2945,54
20	0	397,30	-397,30

Julio usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	169,78	35,30	134,48
6	680,87	35,30	645,58
7	1645,92	35,30	1610,62
8	2639,37	35,30	2604,07
9	3498,48	1535,30	1963,18
10	4124,42	1435,30	2689,12
11	4467,71	35,30	4432,40
12	4504,73	35,30	4469,42
13	4231,06	2885,30	1345,76
14	3667,56	2367,30	1300,26
15	2856,52	1435,30	1421,22
16	1882,40	1535,30	347,10
17	890,28907	35,30	854,99
18	239,40	35,30	204,10
19	29,75	1435,30	-1405,54
20	0	2975,30	-2975,30

Julio usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
21	0	1797,30	-1797,30
22	0	215,30	-215,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	15458,40

Julio usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
21	0	397,30	-397,30
22	0	1797,30	-1797,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	17055,07

Julio			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	169,78	35,30	134,48
6	680,87	35,30	645,58
7	1645,92	35,30	1610,62
8	2639,37	35,30	2604,07
9	3498,48	1535,30	1963,18
10	4124,42	1435,30	2689,12
11	4467,71	35,30	4432,40
12	4504,73	35,30	4469,42
13	4231,06	2885,30	1345,76
14	3667,56	567,30	3100,26
15	2856,52	1435,30	1421,22
16	1882,40	1535,30	347,10
17	890,28	35,30	854,99
18	239,40	35,30	204,10
19	29,75	1435,30	-1405,54
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1797,30	-1797,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	18855,07

Julio usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	169,78	35,30	134,48
6	680,87	35,30	645,58
7	1645,92	35,30	1610,62
8	2639,37	35,30	2604,07
9	3498,48	1535,30	1963,18
10	4124,42	1435,30	2689,12
11	4467,71	35,30	4432,40
12	4504,73	1451,97	3052,76
13	4231,06	2885,30	1345,76
14	3667,56	567,30	3100,26
15	2856,52	1435,30	1421,22
16	1882,40	1535,30	347,10
17	890,28	35,30	854,99
18	239,40	35,30	204,10
19	29,75	1435,30	-1405,54
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1797,30	-1797,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	17438,40

Quedando el balance total del mes de julio:

$$Total = 15458,40 \cdot 1 + 17438,40 \cdot 9 - 17055,07 \cdot 4 + 18855,07 \cdot 17 = 561160 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ julio} = 561160 \text{ Wh} = 561,160 \text{ kWh}$$

- Agosto

Tabla 43. Comparativa agosto consumos y producción 16 paneles

Agosto usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	63,30	35,30	28,00
6	560,58	35,30	525,28
7	1506,36	35,30	1471,06
8	2525,95	1535,30	990,64
9	3415,29	1435,30	1979,99
10	4066,57	35,30	4031,27
11	4422,71	1451,97	2970,75
12	4459,73	2885,30	1574,43
13	4177,63	2367,30	1810,32
14	3590,99	1435,30	2155,69
15	2750,27	1535,30	1214,97
16	1747,82	35,30	1712,52
17	755,62	35,30	720,33
18	146,34	1435,30	-1288,96
19	0	2975,30	-2975,30
20	0	397,30	-397,30
21	0	1797,30	-1797,30
22	0	215,30	-215,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	14119,30

Agosto usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	63,30	35,30	28,00
6	560,58	35,30	525,28
7	1506,36	35,30	1471,06
8	2525,95	35,30	2490,64
9	3415,29	1535,30	1879,99
10	4066,57	1435,30	2631,27
11	4422,71	35,30	4387,41
12	4459,73	35,30	4424,43
13	4177,63	2885,30	1292,32
14	3590,99	2367,30	1223,69
15	2750,27	1435,30	1314,97
16	1747,82	1535,30	212,52
17	755,62	35,30	720,33
18	146,34	35,30	111,04
19	0	1435,30	-1435,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	1797,30	-1797,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	15715,96

Agosto			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	63,30	35,30	28,00
6	560,58	35,30	525,28
7	1506,36	35,30	1471,06
8	2525,95	35,30	2490,64
9	3415,29	1535,30	1879,99

Agosto usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	63,30	35,30	28,00
6	560,58	35,30	525,28
7	1506,36	35,30	1471,06
8	2525,95	35,30	2490,64
9	3415,29	1535,30	1879,99

Agosto				Agosto usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)	Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
10	4066,57	1435,30	2631,27	10	4066,57	1435,30	2631,27
11	4422,71	35,30	4387,41	11	4422,71	35,30	4387,41
12	4459,73	35,30	4424,43	12	4459,73	1451,97	3007,77
13	4177,63	2885,30	1292,32	13	4177,63	2885,30	1292,32
14	3590,99	567,30	3023,69	14	3590,99	567,30	3023,69
15	2750,27	1435,30	1314,97	15	2750,27	1435,30	1314,97
16	1747,82	1535,30	212,52	16	1747,82	1535,30	212,52
17	755,62	35,30	720,33	17	755,62	35,30	720,33
18	146,34	35,30	111,04	18	146,34	35,30	111,04
19	0	1435,30	-1435,30	19	0	1435,30	-1435,30
20	0	2975,30	-2975,30	20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30	21	0	397,30	-397,30
22	0	1797,30	-1797,30	22	0	1797,30	-1797,30
23	0	215,30	-215,30	23	0	215,30	-215,30
		Total	17515,96			Total	16099,30

Quedando el balance total del mes de agosto:

$$Total = 14119,30 \cdot 1 + 16099,30 \cdot 9 - 15715,96 \cdot 4 + 17515,96 \cdot 17 = 519648 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ agosto} = 519648 \text{ Wh} = 519,648 \text{ kWh}$$

- Septiembre

Tabla 44. Comparativa septiembre consumos y producción 16 paneles

Septiembre usando lavadora y horno				Septiembre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)	Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30	0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30	1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30	2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30	3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30	4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30	5	0	35,30	-35,30
6	333,96	35,30	298,67	6	333,96	35,30	298,67
7	1224,33	35,30	1189,03	7	1224,33	35,30	1189,03
8	2222,68	35,30	2187,38	8	2222,68	35,30	2187,38
9	3098,45	1535,30	1563,15	9	3098,45	1535,30	1563,15
10	3737,97	35,30	3702,67	10	3737,97	35,30	3702,67
11	4087,64	35,30	4052,34	11	4087,64	35,30	4052,34
12	4125,21	1451,97	2673,25	12	4125,21	35,30	4089,91
13	3846,82	2885,30	961,52	13	3846,82	2885,30	961,52

Septiembre usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
14	3271,39	2367,30	904,09
15	2443,14	35,30	2407,84
16	1459,71	1535,30	-75,59
17	512,99	35,30	477,69
18	31,34	35,30	-3,96
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	16105,76

Septiembre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
14	3271,39	2367,30	904,09
15	2443,14	35,30	2407,84
16	1459,71	1535,30	-75,59
17	512,99	35,30	477,69
18	31,34	35,30	-3,96
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	17522,43

Septiembre			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	333,96	35,30	298,67
7	1224,33	35,30	1189,03
8	2222,68	35,30	2187,38
9	3098,45	1535,30	1563,15
10	3737,97	35,30	3702,67
11	4087,64	35,30	4052,34
12	4125,21	35,30	4089,91
13	3846,82	2885,30	961,52
14	3271,39	567,30	2704,09
15	2443,14	35,30	2407,84
16	1459,71	1535,30	-75,59
17	512,99	35,30	477,69
18	31,34	35,30	-3,96
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	19322,43

Septiembre usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	333,96	35,30	298,67
7	1224,33	35,30	1189,03
8	2222,68	35,30	2187,38
9	3098,45	1535,30	1563,15
10	3737,97	35,30	3702,67
11	4087,64	35,30	4052,34
12	4125,21	1451,97	2673,25
13	3846,82	2885,30	961,52
14	3271,39	567,30	2704,09
15	2443,14	35,30	2407,84
16	1459,71	1535,30	-75,59
17	512,99	35,30	477,69
18	31,34	35,30	-3,96
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	17905,76

Quedando el balance total del mes de septiembre:

$$Total = 16105,76 \cdot 1 + 17905,76 \cdot 9 - 17522,43 \cdot 4 + 19322,43 \cdot 16 = 556506 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ septiembre} = 556506 \text{ Wh} = 556,506 \text{ kWh}$$

- Octubre

Tabla 45. Comparativa octubre consumos y producción 16 paneles

Octubre usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	57,46	35,30	22,16
7	967,72	35,30	932,42
8	1962,05	35,30	1926,74
9	2806,87	1535,30	1271,57
10	3410,31	35,30	3375,01
11	3738,84	35,30	3703,53
12	3773,64	1451,97	2321,68
13	3512,53	2885,30	627,23
14	2970,97	2367,30	603,67
15	2176,98	35,30	2141,68
16	1207,52	1535,30	-327,78
17	248,09	35,30	212,79
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	12543,10

Octubre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	57,46	35,30	22,16
7	967,72	35,30	932,42
8	1962,05	35,30	1926,74
9	2806,87	1535,30	1271,57
10	3410,31	35,30	3375,01
11	3738,84	35,30	3703,53
12	3773,64	35,30	3738,34
13	3512,53	2885,30	627,23
14	2970,97	2367,30	603,67
15	2176,98	35,30	2141,68
16	1207,52	1535,30	-327,78
17	248,09	35,30	212,79
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	13959,77

Octubre			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30

Octubre usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30

Octubre			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	57,46	35,30	22,16
7	967,72	35,30	932,42
8	1962,05	35,30	1926,74
9	2806,87	1535,30	1271,57
10	3410,31	35,30	3375,01
11	3738,84	35,30	3703,53
12	3773,64	35,30	3738,34
13	3512,53	2885,30	627,23
14	2970,97	567,30	2403,67
15	2176,98	35,30	2141,68
16	1207,52	1535,30	-327,78
17	248,08	35,30	212,79
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
	Total		15759,77

Octubre usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	57,46	35,30	22,16
7	967,72	35,30	932,42
8	1962,05	35,30	1926,74
9	2806,87	1535,30	1271,57
10	3410,31	35,30	3375,01
11	3738,84	35,30	3703,53
12	3773,64	1451,97	2321,68
13	3512,53	2885,30	627,23
14	2970,97	567,30	2403,67
15	2176,98	35,30	2141,68
16	1207,52	1535,30	-327,78
17	248,08	35,30	212,79
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
	Total		14343,10

Quedando el balance total del mes de octubre:

$$Total = 12543,10 \cdot 1 + 14343,10 \cdot 9 + 13959,77 \cdot 4 + 15759,77 \cdot 17 = 465386 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ octubre} = 465386 \text{ Wh} = 465,386 \text{ kWh}$$

- Noviembre

Tabla 46. Comparativa noviembre consumos y producción 16 paneles

Noviembre usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30

Noviembre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30

Noviembre usando lavadora y horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
6	0	35,30	-35,30
7	442,89	35,30	407,59
8	1469,66	35,30	1434,36
9	2267,83	1535,30	732,53
10	2841,21	35,30	2805,90
11	3151,49	35,30	3116,19
12	3184,09	1451,97	1732,12
13	2938,45	2885,30	53,15
14	2423,10	2367,30	55,79
15	1672,99	35,30	1637,69
16	719,32	1535,30	-815,98
17	12,70	35,30	-22,59
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	6833,86

Noviembre usando horno			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
6	0	35,30	-35,30
7	442,89	35,30	407,59
8	1469,66	35,30	1434,36
9	2267,83	1535,30	732,53
10	2841,21	35,30	2805,90
11	3151,49	35,30	3116,19
12	3184,09	35,30	3148,79
13	2938,45	2885,30	53,15
14	2423,10	2367,30	55,79
15	1672,99	35,30	1637,69
16	719,32	1535,30	-815,98
17	12,70	35,30	-22,59
18	0	35,30	-35,30
19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30
		Total	8250,52

Noviembre			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	442,89	35,30	407,59
8	1469,66	35,30	1434,36
9	2267,83	1535,30	732,53
10	2841,21	35,30	2805,90
11	3151,49	35,30	3116,19
12	3184,09	35,30	3148,79
13	2938,45	2885,30	53,15
14	2423,10	567,30	1855,79
15	1672,99	35,30	1637,69
16	719,32	1535,30	-815,98
17	12,70	35,30	-22,59
18	0	35,30	-35,30

Noviembre usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
0	0	35,30	-35,30
1	0	35,30	-35,30
2	0	35,30	-35,30
3	0	35,30	-35,30
4	0	35,30	-35,30
5	0	35,30	-35,30
6	0	35,30	-35,30
7	442,89	35,30	407,59
8	1469,66	35,30	1434,36
9	2267,83	1535,30	732,53
10	2841,21	35,30	2805,90
11	3151,49	35,30	3116,19
12	3184,09	1451,97	1732,12
13	2938,45	2885,30	53,15
14	2423,10	567,30	1855,79
15	1672,99	35,30	1637,69
16	719,32	1535,30	-815,98
17	12,70	35,30	-22,59
18	0	35,30	-35,30

Noviembre				Noviembre usando lavadora			
Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)	Hora	Generación E_p (Wh)	Consumo (Wh)	Diferencia (Wh)
19	0	35,30	-35,30	19	0	35,30	-35,30
20	0	2975,30	-2975,30	20	0	2975,30	-2975,30
21	0	397,30	-397,30	21	0	397,30	-397,30
22	0	397,30	-397,30	22	0	397,30	-397,30
23	0	215,30	-215,30	23	0	215,30	-215,30
		Total	10050,52			Total	8633,86

Quedando el balance total del mes de noviembre:

$$Total = 6833,86 \cdot 1 + 8633,86 \cdot 9 + 8250,52 \cdot 4 + 8633,86 \cdot 16 = 278349 \text{ Wh}$$

$$Total \text{ noviembre} = 278349 \text{ Wh} = 278,349 \text{ kWh}$$

A modo de resumen, el balance de energía generada y energía consumida queda:

Tabla 47. Balance energía producida y consumida por meses

Mes	Energía (kWh)
Enero	+71,021
Febrero	+356,875
Marzo	+571,901
Abril	+587,219
Mayo	+667,992
Junio	+704,056
Julio	+561,160
Agosto	+519,648
Septiembre	+556,506
Octubre	+465,386
Noviembre	+278,349
Diciembre	+25,801

Se puede apreciar cómo, a lo largo del año, la instalación fotovoltaica genera más energía de la que se consume cada mes. Por ello, la modalidad de autoconsumo con excedentes que se va a coger para esta instalación fotovoltaica es la **modalidad de autoconsumo con excedentes acogida a compensación**. Ya que, mediante el balance de energía que existe en esta modalidad hace que se cubra toda la necesidad de energía de la vivienda durante el año.

5.4.2. Configuración de la instalación.

Tras ver cuál es el número de paneles que hay que instalar para cubrir las necesidades de la vivienda, hay que analizar cómo se organizan estos paneles dentro de la instalación y cuáles son las características del inversor que requieren.

Primero se va a proceder a analizar el inversor a colocar en la instalación. La principal característica de este es en la que hay que fijarse es cuál es la potencia que tiene que tener. Tal y como se ha visto en la parte teórica, el inversor a colocar tiene que cumplir la siguiente característica:

$$1 \leq \frac{\text{Potencia total instalada}}{\text{Potencia nominal inversor}} \leq 1,15 \text{ ó } 1,2$$

Por lo que el inversor a elegir tiene que tener una potencia nominal:

$$5,92 \text{ kW} \geq \text{Potencia nominal inversor} \geq \frac{5,92}{1,2} = 4,93 \text{ kW}$$

Por lo que se va a utilizar un inversor de 5000 W de potencia nominal, cuyas especificaciones se encuentran en su hoja de características del anexo.

Una vez visto como tiene que ser el inversor a colocar en la instalación, se va a proceder a ver cuál es la disposición de los módulos solares, para ello se va a proceder de la forma explicada en la parte teórica:

El número máximo de módulos en serie que se pueden colocar es:

$$n_{max} = \frac{U_{max} (INV)}{U_{ca}(T_{min} \text{ panel})} = \frac{1000}{52,08} = 19,2 \rightarrow 19 \text{ módulos solares}$$

Donde $U_{ca}(T_{min} \text{ panel})$ se obtiene de:

$$U_{ca}(T_{min} \text{ panel}) = U_{ca}(STC) \cdot \left[1 + (T_{min} \text{ panel} - 25(^{\circ}C)) \cdot \frac{\Delta U}{100} \right]$$

$$U_{ca}(T_{min} \text{ panel}) = 48,3 \cdot \left[1 + (4,425 - 25) \cdot \frac{(-0,38038)}{100} \right] = 52,08 \text{ V}$$

Donde $T_{min} \text{ panel}$ se obtiene de:

$$T_{min,p} = T_a + \left(\frac{T_{ONC} - 20}{800} \right) \cdot I = -1,3 + \left(\frac{45 - 20}{800} \right) \cdot 100 = 4,425 \text{ }^{\circ}C$$

Una vez conocido cual puede ser el número máximo de módulos que se pueden tener en serie, se calcula el número mínimo (n_{min}) que hay que tener para obtener el valor de tensión necesario:

$$n_{min} = \frac{U_{PMP} (INV)}{U_{PMP}(T_{max} \text{ panel})} = \frac{163}{33,3} = 4,89 \rightarrow 4 \text{ módulos solares}$$

Donde $U_{PMP}(T_{min} \text{ panel})$ es:

$$U_{PMP}(T_{min} \text{ panel}) = U_{PMP}(STC) \cdot \left[1 + (T_{max} \text{ panel} - 25(^{\circ}C)) \cdot \frac{\Delta U}{100} \right]$$

$$U_{PMP}(T_{min} \text{ panel}) = 40,1 \cdot \left[1 + (69,55 - 25) \cdot \frac{-0,38038}{100} \right] = 33,30 \text{ V}$$

Donde $T_{max} \text{ panel}$ se obtiene de:

$$T_{max,p} = T_a + \left(\frac{T_{ONC} - 20}{800} \right) \cdot I = 38,3 + \left(\frac{45 - 20}{800} \right) \cdot 1000 = 69,55 \text{ }^{\circ}C$$

Tras calcular cual es el número máximo y mínimo de módulos solares que se pueden tener en serie, se elige cual va a ser el número de módulos en serie de la instalación a diseñar. En este caso se va a elegir que sean 8 los paneles solares en serie, ya que se encuentra dentro de los límites calculados:

$$n_{min} \leq n_{instalación} \leq n_{max}$$

$$4 \leq 8 \leq 19$$

Después de elegir cual es el número de módulos solares a colocar en serie, se analiza cual es el número de ramales en paralelo de la instalación:

$$n_{ramales} = \frac{P_{pmp,FV}}{P_{pmp,ramal}} = \frac{16 \cdot 370}{8 \cdot 370} = 2 \text{ ramales en paralelo}$$

Tal y como se explicó en la parte teórica, los ramales tienen que cumplir que la corriente de cortocircuito máxima de cada ramal por el número de ramales en paralelo sea menor que la corriente máxima admisible de entrada al inversor, es decir:

$$n_{ramales,máx} = \frac{\text{Intens. máxima de entrada al inversor}}{\text{Intens. de cortocircuito máxima ramal}} = \frac{I_{max,INV}}{I_{CC,ramal}} = \frac{16}{9,35} = 1,71 \approx 1$$

Donde $I_{CC,ramal}$ es:

$$I_{CC,ramal} = I_{CC,(T_{max})} = I_{CC}(STC) \cdot \left[1 + (T_{p,max} - 25(^{\circ}C)) \cdot \frac{\Delta I}{100} \right]$$

$$I_{CC,ramal} = I_{CC,(T_{max})} = 9,23 \cdot \left[1 + (69,55 - 25) \cdot \frac{0,02973}{100} \right] = 9,35 \text{ A}$$

Al ser el número máximo de ramales 1, no se pueden poner en la instalación 2 ramas de paneles solares. Por lo que se pondrán los 16 paneles en serie, formando un solo ramal. Ya que cumple con los límites calculados de paneles en una misma rama:

$$n_{min} \leq n_{instalación} \leq n_{max}$$

$$4 \leq 16 \leq 19$$

Resumiendo, la instalación fotovoltaica a instalar va a tener las siguientes características:

Tabla 48. Organización elementos de la instalación fotovoltaica

Elemento	Número
Módulo solar	16 módulos de 370 W (1 ramal)
Inversor	1 inversor de 5000 W

5.5. Análisis económico.

Una vez que ya se ha hecho el análisis técnico de la instalación y se ha comprobado la viabilidad técnica del proyecto, se va a proceder a realizar un análisis económico, para comprobar si la instalación solar fotovoltaica es rentable económicamente o no lo es.

El análisis económico es una de las partes más importantes del estudio de viabilidad de un proyecto. Muchos proyectos, aunque sean factibles técnicamente no se llevan a cabo debido a que no son rentables o son muy poco rentables económicamente.

5.5.1. Parámetros de un estudio de viabilidad.

Para realizar un estudio de viabilidad, hay que fijarse en una serie de parámetros que son los que marcan la viabilidad económica del proyecto, estos parámetros a tener en cuenta son:

- Inversión: la inversión que se realiza en un proyecto está formada por dos cuantías, este dinero puede provenir por inversión propia o de un préstamo bancario:
 - Capital fijo: está formado por los recursos necesarios para construir y equipar el proyecto que se va a desarrollar.
 - Capital circulante: está formado por los recursos económicos necesarios para poder explotar el proyecto mientras los ingresos no sean los suficientes para compensar los gastos.
- Ingresos: estos pueden ser puntuales o recurrentes, incluye todo el dinero obtenido por la explotación del proyecto.
- Costes: están formados por tres cuantías:
 - Costes de funcionamiento: incluyen tanto los costes directos o indirectos que se necesitan para que se realice la explotación del proyecto.
 - Costes de inversión: en el caso de que se haya requerido de un préstamo para realizar la inversión inicial, los costes de inversión son el interés del préstamo obtenido.
 - Costes de depreciación: es el valor económico en el que se cuantifica el desgaste de los equipos que se dispongan. Solo existe cuando se trata de una empresa.
- Beneficio bruto: es el resultado de la resta de los ingresos menos los costes, es decir:
$$\text{beneficio bruto} = \text{ingresos} - \text{costes}$$
- Beneficio neto: se obtiene a partir del beneficio bruto, teniendo en cuenta los impuestos. Se obtiene de la siguiente forma:
$$\text{beneficio neto} = \text{beneficio bruto} - \text{impuestos}$$
- Pago a principal: en el caso de que se haya requerido de un préstamo bancario para hacer frente a la inversión inicial, es la parte del préstamo al que hay que hacer frente.
- Cash Flow o flujo de caja: se define como la diferencia entre los fondos generados cada año y las inversiones realizadas durante el mismo año, y todo ello a lo largo de la vida del proyecto.

$$CF = \text{Beneficio neto} - \text{pago a principal} + \text{costes de depreciación}$$

Una vez analizados todos estos parámetros, para analizar la rentabilidad del proyecto que se va a llevar a cabo se utilizan algunas técnicas, como pueden ser:

- Valor actualizado neto (VAN): Es el valor actualizado de todos los flujos de caja esperados, es decir, la diferencia entre el valor actual de los cobros menos el valor también actualizado de los pagos.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^t \frac{CF_t}{(1+i)^n}$$

Donde:

- I_0 = valor de inversión propia.
- CF = Cash Flow o flujo de caja.
- t = número de años.
- i = tasa de actualización, se calcula de la siguiente forma:

$$i = e + k \cdot (1 + e) + r$$

Siendo:

- e = interés del capital
 - k = inflación anual
 - r = prima de riesgo
- Tasa interna de retorno (TIR): Es la tasa de actualización a la cual el valor actual de los ingresos de efectivo es igual al valor actual de las salidas de efectivo, es decir, es el interés para el cual el valor actual neto (r) es cero.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^t \frac{CF_t}{(1+i)^n} = 0$$

Solo es interesante utilizar la tasa interna de retorno en aquellos proyectos cuyo VAN es positivo.

5.5.2. Viabilidad económica de la instalación fotovoltaica

Para realizar un análisis de viabilidad económica de una instalación fotovoltaica como la del presente proyecto, hay que tener en cuenta cual es objetivo de esta instalación. Al ser una instalación fotovoltaica destinada a una vivienda con autoconsumo, su objetivo es reducir lo máximo posible el importe de la factura eléctrica de la vivienda, para así compensar la inversión inicial a realizar colocando la instalación fotovoltaica.

El estudio de viabilidad del proyecto se va a realizar en un tiempo de 25 años.

La factura eléctrica nunca se va a poder reducir hasta el punto de que sea cero su importe, ya que consta de una cuantía fija (término de potencia) y de otra variable (término de energía).

Una factura eléctrica se puede descomponer en las siguientes partes:

- Facturación por potencia contratada: es una parte fija del importe, es decir, no depende del consumo. Depende de la potencia que se tenga contratada, y se puede subdividir en dos partes a su vez:
 - Peaje acceso potencia: los peajes que aparecen en la factura están fijados por el ministerio, es decir, no depende de la compañía, son debidos a los costes de mantenimiento de la red eléctrica. Su importe está fijado por el Gobierno.
 - Comercialización: es el beneficio que recibe la compañía suministradora.
- Facturación por energía consumida: es la parte variable de la factura, y depende de la cantidad de electricidad consumida durante el periodo de medición. Se subdivide a su vez en dos partes:

- Peaje de acceso energía: al igual que el peaje de acceso potencia, esta parte de la facturación está destinada al mantenimiento de la red eléctrica.
- Coste energía: es el producto de los KW consumidos por el precio del KW. El precio del KW depende de la compañía y del tipo de tarifa del que se disponga.
- Impuesto de electricidad: es un tipo de impuesto específico que hay sobre la electricidad, es el 5.11269632% y se aplica sobre la facturación por potencia contratada y por energía consumida.
- Alquiler de equipos de medida: esta parte de la factura se paga porque los equipos de medida no pertenecen al cliente normalmente, por lo que el mantenimiento se da por parte de la compañía suministradora mientras que el cliente paga un alquiler mensual.
- Impuesto de aplicación: esta parte de la factura es la parte correspondiente al IVA que tiene cualquier factura, es el 21% del importe de la factura.

Para analizar la rentabilidad de la instalación, se va a analizar en VAN de la vivienda sin instalación fotovoltaica y de la vivienda con dicha instalación. Solo se va a utilizar el VAN, ya que no tiene sentido utilizar el TIR en un proyecto cuyo VAN va a salir negativo (va a salir negativo puesto el proyecto no va a producir ingresos, sino que lo que se busca es minimizar los gastos).

5.5.2.1. VAN vivienda sin instalación fotovoltaica.

A la hora de analizar el VAN de la vivienda sin instalación fotovoltaica, los parámetros a analizar en el estudio de viabilidad para este caso particular son:

- Inversión: En este caso no hay inversión inicial, ya que en este caso no hay instalación fotovoltaica.
- Ingresos: en ninguno de los dos casos a estudiar hay ingresos.
- Costes: cada uno de los tres costes quedan de la siguiente forma:
 - Costes de funcionamiento: estos costes son los de la factura eléctrica que hay cada mes.
 - Costes de inversión: no hay, ya que no existe ninguna inversión inicial.
 - Costes de depreciación: no hay, estos costes solo existen cuando se trata de una empresa.

A la hora de analizar las facturas de la vivienda, hay que tener en cuenta cuales son las características del contrato que tenga la vivienda con el comercializador. Estas características son:

- Potencia contratada 5,5 kW.
- Tarifa sin discriminación horaria.

Estas facturas, se pueden dividir en tres grupos, ya que como dependen de los consumos, se vio que estos se pueden dividir en tres grupos diferentes de meses:

Tabla 49. Factura eléctrica de cada mes sin instalación fotovoltaica

Diciembre y enero		
Factura mensual		
Concepto	Cálculos	Importes (€)
Facturación por potencia contratada		
Potencia contratada	Potencia kW x 3,113 Eur/kW y año x N/365 días	1,40724658

Peaje de acceso (incluido)	Potencia kW x 38,043426 Eur/kW y año x (N/365) días	17,1977131
		A 18,60 €
Facturación por energía consumida		
Energía consumida	Consumo kWh x 0,078821 Eur/kWh	46,22
Peaje de acceso (incluido)	Consumo kWh x 0,044027 Eur/kWh	25,8156717
		B 72,03 €
Impto. Electricidad	(A+B) EUR x 5,11269632%	4,63
Alquiler de equipos medida	N días x 0,026551 EUR	0,823081
		5,46 €
	Subtotal	96,10 €
	IVA NORMAL 21 %	20,18 €
	TOTAL	116,28 €

Febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre, noviembre		
Factura mensual		
Concepto	Cálculos	Importes (€)
Facturación por potencia contratada		
Potencia contratada	Potencia kW x 3,113 Eur/kW y año x N/365 días	1,40724658
Peaje de acceso (incluido)	Potencia kW x 38,043426 Eur/kW y año x (N/365) días	17,1977131
		A 18,60 €
Facturación por energía consumida		
Energía consumida	Consumo kWh x 0,078821 Eur/kWh	31,56
Peaje de acceso (incluido)	Consumo kWh x 0,044027 Eur/kWh	17,6266497
		B 49,18 €
Impto. Electricidad	(A+B) EUR x 5,11269632%	3,47
Alquiler de equipos medida	N días x 0,026551 EUR	0,79653
		4,26 €
	Subtotal	72,05 €
	IVA NORMAL 21 %	15,13 €
	TOTAL	87,18 €

Julio y agosto		
Factura mensual		
Concepto	Cálculos	Importes (€)
Facturación por potencia contratada		
Potencia contratada	Potencia kW x 3,113 Eur/kW y año x N/365 días	1,40724658
Peaje de acceso (incluido)	Potencia kW x 38,043426 Eur/kW y año x (N/365) días	17,1977131
		A 18,60 €
Facturación por energía consumida		
Energía consumida	Consumo kWh x 0,078821 Eur/kWh	44,80

Peaje de acceso (incluido)	Consumo kWh x 0,044027 Eur/kWh	25,0231857
		B 69,82 €
Impto. Electricidad	(A+B) EUR x 5,11269632%	4,52
Alquiler de equipos medida	N días x 0,026551 EUR	0,823081
		5,34 €
	Subtotal	93,77 €
	IVA NORMAL 21 %	19,69 €
	TOTAL	113,46 €

Para saber cuál es el importe a pagar a lo largo del año por las facturas, es decir, cual es la cuantía de los costes de producción, se ha de sumar el importe de las facturas de los 12 meses del año, quedando los costes de producción del primer año:

$$\text{Costes de producción } 1^{\text{er}} \text{ año} = 116,28 \cdot 2 + 87,18 \cdot 8 + 113,46 \cdot 2 = 1156,93 \text{ €}$$

Los costes de producción de los sucesivos años quedarían de la forma:

$$\text{Costes de producción año } (X) = \text{costes de producción año } (X - 1) \cdot (1 + IPC)$$

Siendo $IPC = 1\%$.

Por lo que, con los parámetros explicados, el cálculo del Cash Flow durante 25 años queda de la siguiente forma:

Tabla 50. Flujo de caja sin instalación fotovoltaica

CÁLCULO DEL CASH FLOW													
Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	0												
Inversión propia	0												
Préstamo (Financiación)	0												
Ingresos		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes													
Costes de funcionamiento		1.156,93	1.168,50	1.180,18	1.191,98	1.203,90	1.215,94	1.228,10	1.240,38	1.252,79	1.265,31	1.277,97	1.290,75
Costes financieros		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes de depreciación		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio bruto		-1.156,93	-1.168,50	-1.180,18	-1.191,98	-1.203,90	-1.215,94	-1.228,10	-1.240,38	-1.252,79	-1.265,31	-1.277,97	-1.290,75
Impuestos 0,00%		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio neto		-1.156,93	-1.168,50	-1.180,18	-1.191,98	-1.203,90	-1.215,94	-1.228,10	-1.240,38	-1.252,79	-1.265,31	-1.277,97	-1.290,75
Pago a principal		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow	0,00	-1.156,93	-1.168,50	-1.180,18	-1.191,98	-1.203,90	-1.215,94	-1.228,10	-1.240,38	-1.252,79	-1.265,31	-1.277,97	-1.290,75

CÁLCULO DEL CASH FLOW													
Años	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversión													
Inversión propia													
Préstamo (Financiación)													
Ingresos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes													
Costes de funcionamiento	1.303,65	1.316,69	1.329,86	1.343,16	1.356,59	1.370,15	1.383,86	1.397,69	1.411,67	1.425,79	1.440,05	1.454,45	1.468,99
Costes financieros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes de depreciación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio bruto	-1.303,65	-1.316,69	-1.329,86	-1.343,16	-1.356,59	-1.370,15	-1.383,86	-1.397,69	-1.411,67	-1.425,79	-1.440,05	-1.454,45	-1.468,99
Impuestos 0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio neto	-1.303,65	-1.316,69	-1.329,86	-1.343,16	-1.356,59	-1.370,15	-1.383,86	-1.397,69	-1.411,67	-1.425,79	-1.440,05	-1.454,45	-1.468,99
Pago a principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow	-1.303,65	-1.316,69	-1.329,86	-1.343,16	-1.356,59	-1.370,15	-1.383,86	-1.397,69	-1.411,67	-1.425,79	-1.440,05	-1.454,45	-1.468,99

Siendo la tasa de actualización:

$$i = e + k \cdot (1 + e) + r = 3,70 \%$$

Donde:

- interés del capital, $e = 1,50\%$
- inflación anual, $k = 1\%$
- prima de riesgo, $r = 1,20\%$

Y finalmente el VAN de la vivienda sin instalación fotovoltaica, queda:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^t \frac{CF_t}{(1+i)^n} = -20.657,53 \text{ €}$$

5.5.2.2. VAN vivienda con instalación fotovoltaica.

A la hora de analizar el VAN del caso de la vivienda con instalación fotovoltaica, los parámetros a analizar en el estudio de viabilidad para este caso particular son:

- Inversión: La inversión que hay que realizar es el coste de la instalación fotovoltaica a instalar, esta inversión solo estará formada por capital fijo, y se afrontará con capital propio.
- Ingresos: en ninguno de los dos casos a estudiar hay ingresos.
- Costes: cada uno de los tres costes quedan de la siguiente forma:
 - Costes de funcionamiento: estos costes son los de la factura eléctrica que hay cada mes y los costes de mantenimiento que requiera la instalación fotovoltaica cada año.
 - Costes de inversión: no hay, ya que la inversión inicial se hace mediante capital propio.
 - Costes de depreciación: no hay, estos costes solo existen cuando se trata de una empresa.

Para calcular cual es la inversión que hay que realizar para hacer la instalación fotovoltaica, se conoce el precio de las placas solares y el precio del inversor. Para hacer una estimación de cuál es el importe total de la instalación, se utiliza la siguiente distribución de precios de una instalación fotovoltaica

Tabla 51. Distribución de precios de las partes de una instalación fotovoltaica

Parte de la instalación	Porcentaje (%)
Paneles fotovoltaicos	40-55
Inversor solar	20-25
Estructura soportante	10
Contador bidireccional	3
Protecciones de la instalación	5
Legalización	5
Mano de obra y materiales	8

Sabiendo el coste de los paneles solares, y considerando que equivale al 45% del coste total de la instalación, el coste total de la instalación es:

$$\text{Coste total instalación} = \frac{2989,92}{0.45} \approx 6650\text{€}$$

Por lo que el coste del inversor supone, con respecto al total de la instalación:

$$\text{Coste del inversor (\%)} = \frac{1529,67}{6650} = 0,23 \rightarrow 23\%$$

Y descomponiendo el coste total en cada una de las partes de la instalación:

$$\text{Coste estructura soportante (\%)} = 6650 \cdot 0,1 = 665 \text{ €}$$

$$\text{Coste contador bidireccional (\%)} = 6644,26 \cdot 0,03 \approx 200 \text{ €}$$

$$\text{Coste protecciones de la instalación (\%)} = 6644,26 \cdot 0,05 \approx 335 \text{ €}$$

$$\text{Coste legalización (\%)} = 6644,26 \cdot 0,05 \approx 335 \text{ €}$$

$$\text{Coste mano de obra y materiales (\%)} = 6644,26 \cdot 0,08 \approx 535 \text{ €}$$

Los costes de cada una de las partes de la instalación se han ido redondeando, ya que al ser una estimación de cómo se dividen los costes de la instalación, carece de sentido usar valores con cifras decimales.

A modo resumen, el coste de la instalación fotovoltaica queda de la siguiente forma:

Tabla 52. Coste de cada una de las partes de una instalación fotovoltaica

Parte de la instalación	Coste
Paneles fotovoltaicos	2989,92 €
Inversor solar	1529,67 €
Estructura soportante	665 €
Contador bidireccional	200 €
Protecciones de la instalación	335 €
Legalización	335 €
Mano de obra y materiales	535 €
Coste total instalación	6650 €

A la hora de analizar los costes de producción, estos están formados por:

- Costes de mantenimiento: la instalación fotovoltaica, como cualquier elemento necesita de un mantenimiento para su correcto funcionamiento, estos costes de mantenimiento anuales están valorados en un 1% del coste de la instalación.

$$\text{Costes de mantenimiento} = 0,01 \cdot \text{Inversión} = 0,01 \cdot 6650 \approx 70 \text{ €}$$

- Factura eléctrica: los otros costes de producción son las facturas eléctricas. Como se ha mencionado antes, la instalación se ha diseñado para cubrir los consumos de la vivienda completamente todos los meses con el balance de energía que ofrece la modalidad de autoconsumo con excedentes.

Con este balance, aunque la factura eléctrica que va a tener la vivienda va a aparecer toda la energía obtenida de la red durante el mes, y con ello el importe de esta

energía, posteriormente la Comisión Nacional de Mercado y Competencia (CNMC) va a reembolsar el importe de esta energía compensada en el balance de energía.

El término de la factura que al que sí se va a tener que hacer frente es el término de potencia. Ya que, tal y como se ha comentado en la explicación de la factura eléctrica, hay una parte de la factura que no depende del consumo, y depende de la potencia contratada por la vivienda.

Las facturas eléctricas, a diferencia del caso anterior, no se van agrupar por meses según el consumo, sino que solo dependen del número de días que tenga el mes, pues el término de potencia solo depende de esto.

El importe de las facturas eléctricas tras el reembolso de la CNMC sería:

Tabla 53. Factura eléctrica de cada mes con instalación fotovoltaica

Mes	Importe
Enero, marzo, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre.	25,45 €
Febrero.	22,98 €
Abril, junio, septiembre, noviembre	24,63 €

Y el coste anual de las facturas es:

$$\text{Factura eléctrica anual} = 25,45 \cdot 7 + 22,98 \cdot 1 + 24,63 \cdot 4 = 299,63 \text{ €}$$

Por lo que los costes de producción del primer año finalmente serán:

$$\text{Costes de producción} = \text{costes de mantenimiento} + \text{factura eléctrica}$$

$$\text{Costes de producción} = 70 + 299,63 = 369,63 \text{ €}$$

Y, al igual que en el anterior caso, los costes de producción de los sucesivos años quedarían de la forma:

$$\text{Costes de producción año } (X) = \text{costes de producción año } (X - 1) \cdot (1 + IPC)$$

Siendo $IPC = 1\%$.

Por lo que, con los parámetros explicados, el cálculo del Cash Flow durante 25 años queda de la siguiente forma:

Tabla 54. Flujo de caja con instalación fotovoltaica

CÁLCULO DEL CASH FLOW													
Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	6.650												
Inversión propia	6.650												
Préstamo (Financiación)	0												
Ingresos		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes													
Costes de funcionamiento		369,63	373,32	377,06	380,83	384,63	388,48	392,37	396,29	400,25	404,25	408,30	412,38
Costes financieros		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes de depreciación		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio bruto		-369,63	-373,32	-377,06	-380,83	-384,63	-388,48	-392,37	-396,29	-400,25	-404,25	-408,30	-412,38
Impuestos 0,00%		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio neto		-369,63	-373,32	-377,06	-380,83	-384,63	-388,48	-392,37	-396,29	-400,25	-404,25	-408,30	-412,38
Pago a principal		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow	-6.650,00	-369,63	-373,32	-377,06	-380,83	-384,63	-388,48	-392,37	-396,29	-400,25	-404,25	-408,30	-412,38

CÁLCULO DEL CASH FLOW													
Años	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversión													
Inversión propia													
Préstamo (Financiación)													
Ingresos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes													
Costes de funcionamiento	416,50	420,67	424,88	429,12	433,42	437,75	442,13	446,55	451,01	455,52	460,08	464,68	469,33
Costes financieros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes de depreciación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio bruto	-416,50	-420,67	-424,88	-429,12	-433,42	-437,75	-442,13	-446,55	-451,01	-455,52	-460,08	-464,68	-469,33
Impuestos 0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficio neto	-416,50	-420,67	-424,88	-429,12	-433,42	-437,75	-442,13	-446,55	-451,01	-455,52	-460,08	-464,68	-469,33
Pago a principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cash Flow	-416,50	-420,67	-424,88	-429,12	-433,42	-437,75	-442,13	-446,55	-451,01	-455,52	-460,08	-464,68	-469,33

Con una tasa de actualización igual que en el anterior caso:

$$i = e + k \cdot (1 + e) + r = 3,70 \%$$

Y finalmente el VAN de la vivienda con instalación fotovoltaica, queda:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^t \frac{CF_t}{(1+i)^n} = -13.249,86 \text{ €}$$

Si se compara el VAN de los dos posibles casos:

Tabla 55. Comparativa VAN con instalación y VAN sin instalación

Caso	VAN
Vivienda sin instalación fotovoltaica	-20.657,53 €
Vivienda con instalación fotovoltaica	-13.249,86 €

Por lo que se puede apreciar que, en el apartado económico, también es viable la implementación de la instalación fotovoltaica en la vivienda. Ya que, al colocar la instalación, la vivienda experimenta un ahorro en 25 años de:

$$\text{Ahorro económico} = 20.657,53 - 13.249,86 = 7.407,67 \text{ €}$$

6. Conclusión.

Tras hacer el estudio de viabilidad se ha comprobado que, la implementación de una instalación solar fotovoltaica en la vivienda para autoconsumo es viable, tanto técnicamente como económicamente.

- Técnicamente es viable; ya que se cubren totalmente los consumos que tiene la vivienda, mediante la energía generada por la instalación y el balance de energía que ofrece la modalidad de autoconsumo con excedentes acogido a compensación del Real Decreto 244/2019, de 5 de abril.
- Económicamente el proyecto es viable también, ya que su implementación genera un ahorro económico. Es decir, el gasto que tendrían las facturas eléctricas, si no se realiza la instalación, es mayor que la inversión a la que hay que hacer frente si se realiza la instalación, más el coste que aún quedase de las facturas eléctricas. Se debe mencionar que, aunque en el momento de la realización de este trabajo no se encuentra abierto el plazo para la solicitud de subvenciones de la comunidad autónoma, el poder obtener alguna subvención por parte de los organismos públicos haría aún más viable económicamente el proyecto.

Además de estos factores, también se ha de destacar que, al colocar una instalación fotovoltaica, se contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, como pueden ser el CO_2 , utilizando una energía limpia y renovable como es la energía solar, y reduciendo así el consumo de energías de origen fósiles, ayudando a la conservación del medio ambiente.

7. Bibliografía

- Análisis del consumo energético del sector residencial en España [en línea]. IDAE, 2011. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red [en línea]. Madrid: IDAE, 2011. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf
- Consumos del sector residencial en España [en línea]. IDAE, 2011. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf
- Lorenzo, Eduardo. Electricidad solar: Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 1994. ISBN 84865055858486505453.
- Castañer Muñoz, Luis. Energía solar fotovoltaica. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 1995. ISBN 8476533756.
- Tobajas Vázquez, Manuel. Energía solar fotovoltaica. Barcelona: Ediciones Ceysa, 2002. ISBN 8486108225.
- Nieto Morote, Ana María. Apuntes asignatura Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Cartagena.

8. Anexo 1: Hoja de características panel fotovoltaico.



ESPSC

Monocrystalline Solar Module



High-quality

With 72 cells and 3 bypass diodes in power classes from 300 to 370 Wp for grid connected systems.



Reliable

The high quality level of ERA SOLAR guarantees long life-time and high earnings.



Solid

An Aluminium hollow-chamber frame on each side combined with low-iron and tempered solar glass ensures high load capacity resistance.



Performance guarantee

ERA SOLAR grants a power guarantee of 90% of nominal power output up to 10 years and 80% up to 25 years.



WATTS
POSITIVE
TOLERANCE



YEARS
PRODUCT
WARRANTY



YEARS
PERFORMANCE
GUARANTEE 90%



YEARS
PERFORMANCE
GUARANTEE 80%

/15/



Zhejiang ERA Solar Technology Co., Ltd.
www.erasolar.com.cn



ESPSC

Monocrystalline Solar Module

SPECIFICATIONS

Dimensions	1956 x 992 x 35 mm 1956 x 992 x 40 mm 1956 x 992 x 45 mm
Weight	21.5 kg
Frame	Aluminium hollow-chamber frame on each side
Glass	Low-iron and tempered glass 3.2 mm
Cells	72 pcs Mono-crystalline Si-cells (156 x 156 mm)
Cell Embedding	EVA
Back-Foil	TUV certified FEVE / PET / FEVE
Junction Box	
Cable	4 mm ² solar cable 2 x 900 mm
Temperature Range	-40°C ... +85°C
Load Capacity	5400 Pa
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C
Product Warranty	10 years
Power Guarantee	10 years 90% 25 years 80%

CHARACTERISTICS

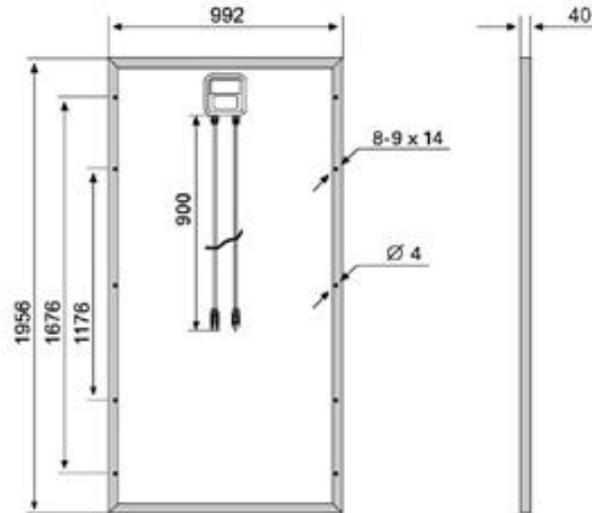
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient I_{sc}	+0.02973%/°K
Temperature-Coefficient V_{oc}	-0.38038%/°K
Temperature-Coefficient P_{mp}	-0.57402%/°K
NOCT***	45°C

CERTIFICATES

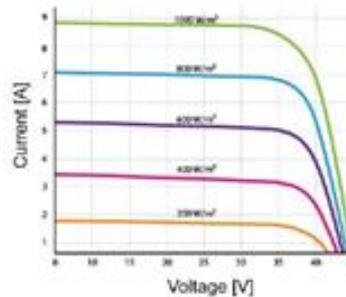
IEC 61215 edition 2 (TUV Nord)
IEC 61730 MCS INMETRO
CE CEC SALT-MIST
PID Resistant

INSURANCE

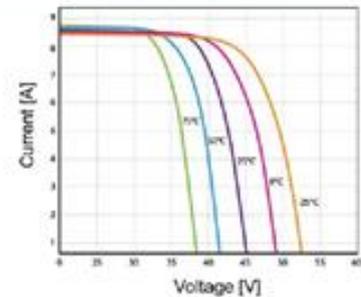
Chubb



CURRENT-VOLTAGE CURVES



Module characteristics at constant module temperatures (25°C) and different levels of irradiance.



Module characteristics at different module temperatures and constant module irradiance (1,000 W/m²).

ESPSC TYPE	300	330	340	350	360	370
Power Class	300W	330W	340W	350W	360W	370W
Max. Power Voltage (V_{mp}) [*] at STC ^{**}	37V	37.95V	38.5V	39.1V	39.6V	40.1V
Max. Power Current (I_{mp}) at STC	8.1A	8.7A	8.84A	8.96A	9.1A	9.23A
Open Circuit Voltage (V_{oc}) at STC	44.8V	45.75V	46.4V	47.1V	47.7V	48.3V
Short Circuit Current (I_{sc}) at STC	8.7A	9.3A	9.45A	9.6A	9.8A	9.95A
Module Efficiency	15.4 %	17 %	17.5%	18%	18.5%	19%

* MPP: Maximum Power Point

** STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5

*** Normal Operating Cell Temperature



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.
© October 2018 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

9. Anexo 2: Hoja de características inversor

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



SHIFTING THE LIMITS

FRONIUS SYMO

/ Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro



/ Tecnología SnapInverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Diseño SuperFlex



/ Seguimiento inteligente GMPP



/ Smart Grid Ready



/ Inyección cero



/ Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones. La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado. El inversor Fronius Symo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, considerando además, que el inversor no incluya energía a la red eléctrica.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

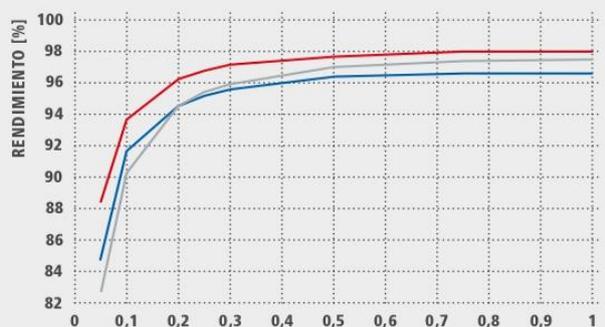
DATOS DE ENTRADA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ max. 1} / I_{dc\ max. 2}^{1)}$)				16 A / 16 A		
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂ ²⁾)				24 A / 24 A		
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ min.}$)				150 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)				200 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)				595 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ max.}$)				1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ min.} - U_{mpp\ max.}$)	200 - 800 V	250 - 800 V	300 - 800 V		150 - 800 V	
Número de seguidores MPP		1			2	
Número de entradas CC		3			2+2	
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ max.}$)	6,0kW _{pico}	7,4kW _{pico}	9,0kW _{pico}	6,0kW _{pico}	7,4kW _{pico}	9,0kW _{pico}
DATOS DE SALIDA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	3.700 W	4.500 W	3.000 W	3.700 W	4.500 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ max.}$)	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)			3-NPE +00 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frecuencia (rango de frecuencia)			50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Coefficiente de distorsión no lineal			< 3 %			
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)		0,70 - 1 ind. / cap.			0,85 - 1 ind. / cap.	
DATOS GENERALES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)			645 x 431 x 204 mm			
Peso		16,0 kg			19,9 kg	
Tipo de protección			IP 65			
Clase de protección			1			
Categoría de sobretensión (CC / CA) ³⁾			2 / 3			
Consumo nocturno			< 1 W			
Concepto de inversor			Sin Transformador			
Refrigeración			Refrigeración de aire regulada			
Instalación			Instalación interior y exterior			
Margen de temperatura ambiente			-25 - +60 °C			
Humedad de aire admisible			0 - 100 %			
Máxima altitud			2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)			
Tecnología de conexión CC		3 x CC+ y 3 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²		4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ² ⁴⁾		
Tecnología de conexión principal		5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²		5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ⁴⁾		
Certificados y cumplimiento de normas			OVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 ¹⁾ , CEI 0-21 ⁴⁾ , NRS 097			

¹⁾ Esto se aplica a Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M y 4.5-3-M.

²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

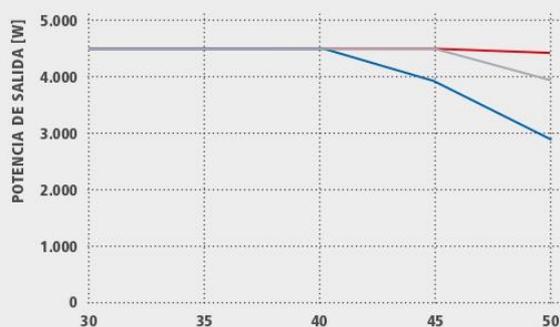
⁴⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 4.5-3-S



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA $P_m/P_{AC,R}$ ■ 300 V_{DC} ■ 595 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 4.5-3-S



TEMPERATURA AMBIENTE [°C] ■ 300 V_{DC} ■ 595 V_{DC} ■ 800 V_{DC}

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %					
Rendimiento europeo (η_{EU})	96,2 %	96,7 %	97,0 %	96,5 %	96,9 %	97,2 %
η con 5 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	80,3 / 83,6 / 79,1 %	83,4 / 86,4 / 80,6 %	84,8 / 88,5 / 82,8 %	79,8 / 85,1 / 80,8 %	81,6 / 87,8 / 82,8 %	83,4 / 90,3 / 85,0 %
η con 10 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	87,8 / 91,0 / 86,2 %	90,1 / 92,5 / 88,7 %	91,7 / 93,7 / 90,3 %	86,5 / 91,6 / 87,7 %	87,9 / 93,6 / 90,5 %	89,2 / 94,1 / 91,2 %
η con 20 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	92,6 / 95,0 / 92,6 %	93,7 / 95,7 / 93,6 %	94,6 / 96,3 / 94,5 %	90,8 / 95,3 / 93,0 %	91,9 / 96,0 / 94,1 %	92,8 / 96,5 / 95,1 %
η con 25 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	93,4 / 95,6 / 93,8 %	94,5 / 96,4 / 94,7 %	95,2 / 96,8 / 95,4 %	91,9 / 96,0 / 94,2 %	92,9 / 96,6 / 95,2 %	93,5 / 97,0 / 95,8 %
η con 30 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	94,0 / 96,3 / 94,5 %	95,0 / 96,7 / 95,4 %	95,6 / 97,2 / 95,9 %	92,8 / 96,5 / 95,1 %	93,5 / 97,0 / 95,8 %	94,2 / 97,3 / 96,3 %
η con 50 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	95,2 / 97,3 / 96,3 %	96,9 / 97,6 / 96,7 %	96,4 / 97,7 / 97,0 %	94,3 / 97,5 / 96,5 %	94,6 / 97,7 / 96,8 %	94,9 / 97,8 / 97,2 %
η con 75 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	95,6 / 97,7 / 97,0 %	96,2 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 98,0 / 97,4 %	94,9 / 97,8 / 97,2 %	95,0 / 97,9 / 97,4 %	95,1 / 98,0 / 97,5 %
η con 100 % $P_{AC,r}$ ¹⁾	95,6 / 97,9 / 97,3 %	96,2 / 98,0 / 97,5 %	96,6 / 98,0 / 97,5 %	95,0 / 98,0 / 97,4 %	95,1 / 98,0 / 97,5 %	95,0 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %					

¹⁾ Y con $U_{mpp,min} / U_{dcr} / U_{mpp,max}$.

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí					
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia					
Seccionador CC	Sí					
Protección contra polaridad inversa	Sí					

INTERFACES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)					
6 inputs digitales y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda					
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB					
2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾	Fronius Solar Net					
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)					
Datalogger y Servidor web	Incluido					
Input externo ²⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión					
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador					

²⁾ También disponible en la versión light.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

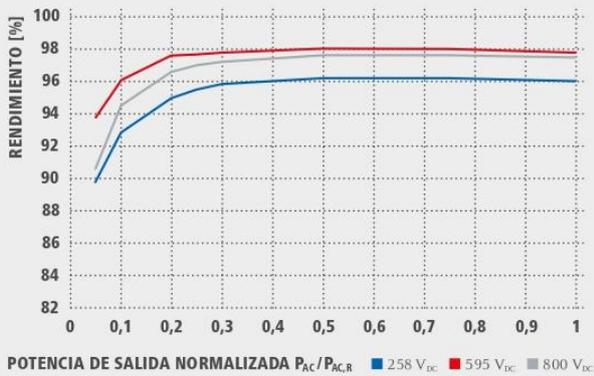
DATOS DE ENTRADA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)			16 A / 16 A	
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ /MPP ₂)			24 A / 24 A	
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)			150 V	
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)			200 V	
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,n}$)			595 V	
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)			1.000 V	
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	163 - 800 V	195 - 800 V	228 - 800 V	267 - 800 V
Número de seguidores MPP			2	
Número de entradas CC			2 + 2	
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	10,0kW _{pico}	12,0kW _{pico}	14,0kW _{pico}	16,4kW _{pico}
DATOS DE SALIDA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	5.000 W	6.000 W	7.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	7.000 VA	8.200 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	7,2 A	8,7 A	10,1 A	11,8 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)		3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)		
Frecuencia (rango de frecuencia)		50 Hz / 60 Hz (+5 - 65 Hz)		
Coefficiente de distorsión no lineal		< 3 %		
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,r}$)		0,85 - 1 ind. / cap.		
DATOS GENERALES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		645 x 431 x 204 mm		
Peso		19,9 kg		21,9 kg
Tipo de protección		IP 65		
Clase de protección		1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾		2 / 3		
Consumo nocturno		< 1 W		
Concepto de inversor		Sin Transformador		
Refrigeración		Refrigeración de aire regulada		
Instalación		Instalación interior y exterior		
Margen de temperatura ambiente		-25 - +60 °C		
Humedad de aire admisible		0 - 100 %		
Máxima altitud		2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)		
Tecnología de conexión CC		4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm ² ²⁾		
Tecnología de conexión principal		5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm ² ²⁾		
Certificados y cumplimiento de normas		ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-21, NRS 097		

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ 16 mm² sin necesidad de terminales de conexión.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 8.2-3-M



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 8.2-3-M



DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %			
Rendimiento europeo (η_{EU})	97,3 %	97,5 %	97,6 %	97,7 %
η con 5 % $P_{AC,R}$ ¹⁾	84,9 / 91,2 / 85,9 %	87,8 / 92,6 / 87,8 %	88,7 / 93,1 / 89,0 %	89,8 / 93,8 / 90,6 %
η con 10 % $P_{AC,R}$ ¹⁾	89,9 / 94,6 / 91,7 %	91,3 / 95,6 / 93,0 %	92,0 / 95,9 / 94,7 %	92,8 / 96,1 / 94,5 %
η con 20 % $P_{AC,R}$ ¹⁾	93,2 / 96,7 / 95,4 %	94,1 / 97,1 / 95,9 %	94,5 / 97,3 / 96,3 %	95,0 / 97,6 / 96,6 %
η con 25 % $P_{AC,R}$ ¹⁾	93,9 / 97,2 / 96,0 %	94,7 / 97,5 / 96,5 %	95,1 / 97,6 / 96,7 %	95,5 / 97,7 / 97,0 %
η con 30 % $P_{AC,R}$ ¹⁾	94,5 / 97,4 / 96,5 %	95,1 / 97,7 / 96,8 %	95,4 / 97,7 / 97,0 %	95,8 / 97,8 / 97,2 %
η con 50 % $P_{AC,R}$ ¹⁾	95,2 / 97,9 / 97,3 %	95,7 / 98,0 / 97,5 %	95,9 / 98,0 / 97,5 %	96,2 / 98,0 / 97,6 %
η con 75 % $P_{AC,R}$ ¹⁾	95,3 / 98,0 / 97,5 %	95,7 / 98,0 / 97,6 %	95,9 / 98,0 / 97,6 %	96,2 / 98,0 / 97,6 %
η con 100 % $P_{AC,R}$ ¹⁾	95,2 / 98,0 / 97,6 %	95,7 / 97,9 / 97,6 %	95,8 / 97,9 / 97,5 %	96,0 / 97,8 / 97,5 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %			

¹⁾ Y con $U_{mpp\ min.} / U_{dc,r} / U_{mpp\ máx.}$

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí			
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia			
Seccionador CC	Sí			
Protección contra polaridad inversa	Sí			

INTERFACES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs digitales y + inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda			
USB (Conector A) ²⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB			
2 conectores RJ 45 (RS422) ²⁾	Fronius Solar Net			
Salida de aviso ²⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)			
Datalogger y Servidor web	Incluido			
Input externo ²⁾	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión			
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador			

²⁾ También disponible en la versión light.