



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Uso de energías renovables y eficiencia energética en
una vivienda unifamiliar adosada

Autor: Sofía Plaza Fernández

Director: Luis Javier Mata García

Julio 2023, Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Uso de energías renovables y eficiencia energética en una vivienda unifamiliar adosada
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2022/23 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.
El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Sofía Plaza Fernández

Fecha: 17/ 07/ 2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Luis Javier Mata García

Fecha: 17/ 07/ 2023

MATA GARCIA
LUIS JAVIER -
09793455D

Firmado digitalmente por
MATA GARCIA LUIS
JAVIER - 09793455D
Fecha: 2023.07.17
16:55:21 +02'00'



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Uso de energías renovables y eficiencia energética en
una vivienda unifamiliar adosada

Autor: Sofía Plaza Fernández

Director: Luis Javier Mata García

Julio 2023, Madrid

USO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR ADOSADA

Autor: Plaza Fernández, Sofía.

Director: Mata García, Luis Javier.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en un estudio del consumo energético y económico de un modelo de vivienda unifamiliar adosada, con el fin de hacer uso de energías renovables para mejorar la eficiencia y ahorro energético. En concreto, se abordará el uso de la energía solar fotovoltaica como solución y se realizará un estudio económico para determinar la viabilidad del proyecto.

Palabras clave: renovables, fotovoltaica, placas solares, ahorro

1. Introducción

El uso de la energía es considerado hoy en día como un bien básico, que se encuentra en un aumento imparable con el paso de los años. En 2020 España registró un consumo de 249.4 TWh, lo que suponía un aumento del 81.4% desde 1990. Así bien, debido a la evolución histórica de la energía, y los recientes acontecimientos como son la Guerra de Ucrania y el conflicto con Argelia, tanto a nivel mundial como peninsular se ha reflejado la crisis energética en una época de precios irrisorios en el Mercado Eléctrico. Además, se ha experimentado la inestabilidad e incertidumbre que puede sufrir en situaciones de crisis el sistema energético.[1]

Por ello, tecnologías como la energía renovable se encuentran en un aumento exponencial de demanda debido a su alternativa de generación limpia, segura y fiable. Especialmente la energía solar fotovoltaica se encuentra en un momento de expansión a distintos niveles de consumo ya que brinda una solución acorde con las necesidades de los consumidores.[2]

El proyecto presentado llevará a cabo el uso de esta tecnología en un modelo de vivienda unifamiliar adosada en la Calle Violeta en Alcobendas, Comunidad de Madrid, situada en un complejo residencial compuesto por viviendas de características similares.

2. Definición del proyecto

Debido a la naturaleza de la vivienda y su perfil de consumo se decide llevar a cabo un sistema fotovoltaico de conexión a red. Para la selección de los elementos que lo componen se estudian los consumos del hogar en el último año, así como la zona disponible para el emplazamiento.

Con las premisas claras, se procede a utilizar la herramienta Excel para conseguir una combinación de módulos solares, inversor y conexionado que satisfaga las necesidades del consumidor teniendo en cuenta la inclinación, la radiación y la temperatura de la zona geográfica. Para reducir las combinaciones posibles se buscan módulos solares con altas potencias, debido al espacio limitado de instalación. Dentro de las combinaciones halladas, se reducen a su vez estas observando la eficiencia de los elementos. [3]

Como última instancia se analizará la solución adoptada, con sus elementos necesarios de funcionamiento, instalación y protección según la normativa vigente, mediante un estudio económico para analizar la viabilidad del proyecto de inversión. Dicho estudio observará el presupuesto de la instalación, el ahorro económico que conlleva y la influencia impositiva que afecta al proyecto según la normativa. [4]

3. Resultados

Según el registro de facturas de la luz de la vivienda se busca cubrir una demanda energética de 2,775 kWh, o el 75% del consumo. Además, se analiza el espacio disponible de cubierta y se opta por una zona que ofrece 18 m² para la instalación. Tras la búsqueda de combinaciones que cubran los requisitos, y selección en función de eficiencia y rendimiento se llega a la conclusión del uso de cinco paneles SR-72M550HLPro en serie con el inversor INGECON SUN 2.5.

A la selección realizada se le añade el cálculo de pérdidas de producción debidos a factores como la inclinación, temperatura, sombras y más. Se concluye en unas pérdidas del 19.5%, por lo que la instalación final generaría unos 3,015 kWh, requiriendo una superficie de 13 m². [5]

Para el estudio de viabilidad económica se calcula un presupuesto inicial de la instalación, teniendo en cuenta el coste de elementos necesarios y mano de obra, resultando en 3,380 € tras impuestos. Teniendo en cuenta un coste anual de

mantenimiento, uno final de retirada de instalación, las ganancias del proyecto por ahorro en consumo y la deducción tributaria se analiza la inversión.

Utilizando indicadores financieros apoyados en una tabla de cálculo de los flujos anuales de caja durante los 25 años de vida útil de las placas solares, se obtiene un VAN de 411 € y una TIR de 12 %, utilizando una tasa de interés del 10%.

4. Conclusión

En un periodo de auge de la tecnología renovable, recuperación de estabilidad energética y crisis económica se concluye que el uso de placas solares como alternativa de generación para el autoconsumo es una solución muy recomendable.

A nivel medioambiental las placas solares aportan una energía limpia y segura a nivel de pequeño consumidor, como es el caso, además de a nivel global. Realizar un proyecto en una vivienda modelo es aplicable a otras similares y resultaría en una gran ayuda para el medio ambiente.

Además, los indicadores financieros demuestran que es un proyecto de inversión viable y recomendable. De tal manera, se ve posible cubrir el 75% de la demanda de una vivienda mediante autoconsumo con módulos solares, consiguiendo un beneficio económico adicional.

5. Referencias

- [1] International Energy Agency, “Energy Statistics Data Browser,” *Renewables and waste*, 2022. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Renewables%20and%20waste&indicator=RenewGenBySource> (accessed Apr. 10, 2023).
- [2] European Environment Agency, “Share of energy consumption from renewable sources in Europe (8th EAP),” Jul. 2023. <https://www.eea.europa.eu/ims/share-of-energy-consumption-from> (accessed Jul. 08, 2023).

- [3] J. Cantos Serrano, “Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas,” 2016. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EHD1CwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=tipos+de+instalaciones+solares&ots=XQIA8cw5H6&sig=2EuIeoPpeT0Pp7SdXDmA9qNI3v8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (accessed Jun. 08, 2023).
- [4] T. S. Gutiérrez Sepúlveda, “Análisis Comparativo entre Inversores y Microinversores para la Generación de Energía Solar Fotovoltaica,” Trabajo de fin de Máster, Universitat de Barcelona - Energías Renovables y Sostenibilidad Energética , Barcelona, 2022. Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/194049/1/TFM_Trinidad%20Guti%c3%a9rrez.pdf
- [5] M. Pareja Aparicio, *Energía Solar Fotovoltaica*, 3^a. Barcelona: Marcombo, 2016.

USE OF RENEWABLE ENERGIES AND ENERGY EFFICIENCY IN A SINGLE-FAMILY SEMI-DETACHED PROPERTY.

Autor: Plaza Fernández, Sofía.

Supervisor: Mata García, Luis Javier.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The following project will conduct a study on the energy consumption and electrical billing of a single-family semi-detached property, in order to set up the use renewable energy resources to improve energy efficiency and savings. It will specifically use photovoltaic solar power as a solution. An economic analysis will also be conducted to determine the feasibility of the project.

Keywords: renewable, photovoltaic, solar panels, savings

1. Introduction

The consumption of energy has come to be a bare necessity of the present, its use increases every year without foresight of a halt. In 2020, Spain registered an energy consumption of 249.4 TWh, which was an 81.4% increase since 1990. Considering the historic evolution of energy, and current events such as the Ukraine War and conflicts with Argelia, on a global and local level the energy crisis is seen reflected in soaring energy prices. Furthermore, the instability and uncertainty the energy system can suffer during a crisis has made itself visible. [1]

Therefore, technologies such as renewable energy have increased exponentially in demand due to their proposing clean, safe, and reliable alternative. Solar powered energy in particular is expanding rapidly on all scales since it brings a solution which satisfies consumers. [2]

The following project will use the technology mentioned on a single-family semi-detached property built in Calle Violeta, Alcobendas, Comunidad de Madrid, amongst other houses with similar properties.

2. Project definition

Due to the properties of the building and its consumption it is decided to model a photovoltaic system with connection to the electric grid. In order to choose the elements

of this system, the electric consumption of the last year as well as the structural characteristics of the building are examined.

The next step requires the use of Excel in order to find the combination of solar modules, inverters and connections that meet the consumer needs, taking into consideration the incline, radiation and temperature of the geographic location. To reduce the possible combinations solar modules with high power are sought due to the reduced structural space. With the combinations found, these are in turn reduced by observing the efficiency of the elements. [3]

As a last instance, the adopted solution will be analyzed, with its necessary elements of operation, installation, and protections according to current regulations, through an economic study to analyze the feasibility of the investment project. This study will observe the installation budget, the economic savings involved and the tax influence that affects the project according to regulations. [4]

3. Results

According to the electric bills of the house, the goal is to cover an energy demand of 2,775 kWh, or 75% of the consumption. In addition, the available roof space was analyzed and an area offering 18 m² was chosen for the installation. After the search for combinations that meet the requirements, and a selection based on efficiency and performance, the conclusion was reached to use five SR-72M550HLPro panels in series with the INGECON SUN 2.5 inverter.

The selection made then requires the calculation of production losses due to factors such as tilt, temperature, shading and more. The calculations show 19.5% losses, meaning the final installation would generate about 3,015 kWh, requiring an area of 13 m². [5]

For the economic feasibility study, an initial budget for the installation is calculated considering the cost of the necessary elements and labor, resulting in 3,380 € after taxes. Taking into account the annual maintenance cost, a final cost for the removal of the installation, the profits of the project due to savings in consumption and the tax deduction, the investment is analyzed.

Using financial indicators supported by a table registering the annual cash flows during the 25-year useful life of the solar panels, an NPV of 411 € and an IRR of 12% are obtained, using an interest rate of 10%.

4. Conclusion

In a booming period for renewable technology, recovery of energy stability and economic crisis, it is concluded that the use of solar panels as an alternative generation for self-consumption is a highly recommended solution.

At an environmental level, solar panels provide clean and safe energy for small consumers, as in this case, as well as at a global level. Carrying out a project in a model house is applicable to other similar houses and would be of great help to the environment.

In addition, the financial indicators show that it is a viable and advisable investment project. In this way, it is possible to cover 75% of the demand of a house through self-consumption with solar modules, achieving an additional economic benefit.

5. References

- [1] International Energy Agency, “Energy Statistics Data Browser,” *Renewables and waste*, 2022. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Renewables%20and%20waste&indicator=RenewGenBySource> (accessed Apr. 10, 2023).
- [2] European Environment Agency, “Share of energy consumption from renewable sources in Europe (8th EAP),” Jul. 2023. <https://www.eea.europa.eu/ims/share-of-energy-consumption-from> (accessed Jul. 08, 2023).
- [3] J. Cantos Serrano, “Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas,” 2016. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EHDICwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=tipos+de+instalaciones+solares&ots=XQlA8cw5H6&sig=2EuIeoPpeT0Pp7SdXDmA9qNl3v8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (accessed Jun. 08, 2023).
- [4] T. S. Gutiérrez Sepúlveda, “Análisis Comparativo entre Inversores y Microinversores para la Generación de Energía Solar Fotovoltaica,” Trabajo de fin de Máster, Universitat de Barcelona - Energías Renovables y

Sostenibilidad Energética , Barcelona, 2022. Accessed: Jun. 10, 2023.
[Online]. Available:
https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/194049/1/TFM_Trinidad%20Guti%C3%A9rrez.pdf

- [5] M. Pareja Aparicio, *Energía Solar Fotovoltaica*, 3^a. Barcelona: Marcombo, 2016.

Índice de la memoria

Índice de la memoria	I
Índice de figuras	III
Índice de tablas	V
Capítulo 1. Introducción y Antecedentes	6
1.1 Introducción Energética	6
1.2 Contexto Político	9
1.2.1 Guerra en Ucrania	9
1.2.2 España y Argelia	11
1.3 Motivación y Objetivos	12
1.3.1 Motivación	12
1.3.2 Objetivos del Proyecto	13
1.3.3 Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)	14
Capítulo 2. Estado de la Cuestión	16
2.1 Energías Renovables en el hogar	16
2.1.1 Aerotermia	16
2.1.2 Energía de la Biomasa	18
2.1.3 Casas Pasivas	19
2.1.4 Energía fotovoltaica	20
Capítulo 3. Descripción del Proyecto	23
3.1 Principio de funcionamiento	23
3.1.1 Sistemas autónomos	23
3.1.2 Sistemas de Conexión a Red	24
3.2 Componentes	26
3.2.1 Paneles Solares	26
3.2.2 Inversores	31
3.2.3 Contadores Bidireccionales	33

3.3	Normativa de Autoconsumo Fotovoltaico.....	34
3.3.1	<i>Novedades</i>	34
3.3.2	<i>Tipos de instalaciones</i>	35
3.3.3	<i>Tramitación</i>	36
3.4	Programas.....	36
3.4.1	<i>Excel</i>	36
Capítulo 4. Instalación Solar		42
4.1	Emplazamiento.....	42
4.2	Consideraciones.....	43
4.2.1	<i>Demanda</i>	43
4.2.2	<i>Selección</i>	46
4.3	Instalación	48
4.3.1	<i>Soportes</i>	50
4.3.2	<i>Protecciones</i>	51
4.3.3	<i>Pérdidas</i>	52
Capítulo 5. Estudio económico		59
5.1	Balance económico.....	59
5.1.1	<i>Costes</i>	59
5.1.2	<i>Ganancias</i>	61
5.2	Indicadores	63
5.2.1	<i>VAN</i>	63
5.2.2	<i>TIR</i>	64
5.2.3	<i>Cálculos de inversión</i>	65
Capítulo 6. Seguridad y Salud.....		67
6.1	Riesgos y soluciones	67
6.1.1	<i>Riesgos</i>	67
6.1.2	<i>Soluciones</i>	68
Capítulo 7. Bibliografía.....		69
ANEXOS 74		
Planos 82		

Índice de figuras

Figura 1: Capacidad total de tecnología renovable, casos principales y proyecciones. Asociación Internacional de la Energía (AIE). [3]	8
Figura 2: Generación total de energía renovable con proyección. Asociación Internacional de la Energía (AIE). [3]	8
Figura 3. Gráfico sobre el precio del gas en Europa [7].....	11
Figura 4. Evolución de la importación de gas natural en España según país de procedencia.	12
Figura 5. Ciclo Termodinámico del funcionamiento de una bomba aerotérmica	17
Figura 6. Sistema doméstico de calefacción por biomasa.	18
Figura 7. Esquema de una Vivienda Pasiva	20
Figura 8. Esquema de un sistema doméstico de captación de energía solar.	21
Figura 9. Esquema unifilar de Sistema Autónomo.....	24
Figura 10: Esquema de sistema de conexión a red.....	25
Figura 11. Elementos de un panel solar.....	27
Figura 12. Imagen de módulo solar monocristalino	28
Figura 13. Imagen de módulo solar policristalino.....	29
Figura 14. Imagen de módulo solar capa fina.	30
Figura 15. Imagen de un Inversor String	32
Figura 16. Imagen de un Microinversor.	32
Figura 17. Imagen de un Optimizador de Potencia.	33
Figura 18. Imagen aérea de la vivienda.....	42
Figura 19. Vista del tejado disponible para la instalación.....	43
Figura 20: Producción de instalación y consumo de la vivienda. Creación propia.....	49
Figura 21: Soporte coplanar para teja curva. Teknosolar.....	51
Figura 22: Ángulos de orientación e inclinación de los módulos solares.	53
Figura 23: Diagrama para el cálculo de pérdidas.	54
Figura 24: Mapa solar de España. IDAE.....	55

Figura 25: Mapa global de pérdidas por suciedad basado en datos de SolarAnywhere y el modelo de suciedad HSU. 56

Índice de tablas

Tabla 1. Hoja Excel Configuración FV.	37
Tabla 2: Hoja de Excel Producción.	40
Tabla 3: Consumo de la vivienda por meses y periodos. Creación propia.....	45
Tabla 4: Potencia Máxima Demandada por meses y periodos. Creación propia.	45
Tabla 5: Coste total de las facturas por meses. Creación Propia.	45
Tabla 6: Módulos disponibles según criterios.	46
Tabla 7: Combinaciones posibles bajo requisitos.	47
Tabla 8: Eficiencia de los módulos.	48
Tabla 9: Datos de instalación resultante.	50
Tabla 10: Desglose de coste de elementos e instalación.	59
Tabla 11: Cálculo de costes tras impuestos.	60
Tabla 12: Cálculo de ahorros.....	61
Tabla 13: Cálculo de producción y ahorro con degradación anual.	62
Tabla 14: Flujos de caja anuales.....	66

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, el uso de la energía es un concepto básico del cual no se duda. Es la base para el transporte, el hogar y el mundo laboral de un ciudadano medio y su uso aumenta considerablemente con el paso de los años. Según la Asociación Internacional de la Energía (AIE) el consumo global de electricidad se encuentra en 2020 a cerca de 25 mil TWh, en comparación con el año 2000, que registra un consumo de 11 mil TWh, lo que supone un incremento del 127.27% en los últimos veinte años. En concreto en España, el consumo registrado en 1990 es de 137.5 TWh y a fecha de 2020 se encontraba en 249.4 TWh, un aumento de 81.4%. [1]

Para entender el contexto actual de la situación energética se parte de la base de la Revolución Industrial del siglo XIX, en la cual se produjo una evolución de la economía agraria a una economía basada en el avance de la tecnología mediante inversiones en fábricas y maquinaria, forzando un cambio de energías tradicionales y más orgánicas a energías fósiles.

España se situó ligeramente por detrás de otros países europeos durante esta evolución, ya fuese por el contexto político de la pérdida de colonias o la guerra que sucedió, o bien por la profunda ruralización derivada de la falta de rutas que anexionasen la población dentro de la península. De ese modo, cuando la sociedad española comienza su integración a la Revolución Industrial países como Inglaterra ya utilizaban la máquina de vapor, alimentada a través del carbón.

No obstante, en 1874 Tomás J. Dalmau comienza a realizar pruebas del alumbrado del sector eléctrico, basándose en instalaciones estudiadas en Francia y Londres, y promueve la instalación y desarrollo del sector eléctrico a nivel nacional. Con la fundación de la Sociedad Española de Electricidad en 1881 se marca el inicio de la explotación de la industria de la

electricidad, con una industria de origen térmico y distribución limitada. A diferencia de la posición global durante el inicio del desarrollo industrial, estos avances permiten a España colocarse a la par, e incluso a la vanguardia en ciertos momentos, del desarrollo de la industria eléctrica.

Así bien, y pasando por distintos acontecimientos históricos como la Primera Guerra Mundial, la Guerra Civil Española, el franquismo y la transición; el siglo XXI es cuando la evolución tecnológica y social empieza a dar peso a las energías renovables. Viniendo de una propuesta de reducción sobre la dependencia del petróleo mediante medidas recogidas en el Plan Energético Nacional de 1975, tales como el uso del gas natural, incremento del uso del carbón, y auge de la energía nuclear; este avance se ve ralentizado y dificultado por diversos motivos y por consecuente continuaba la búsqueda de soluciones a la mejora de la eficiencia energética y el deslastre parcial del uso del petróleo.

Por lo tanto, desde el año 1999, en el que se aprueba el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España, y hasta la actualidad, las energías renovables, que se desarrollarán más adelante, componen una alternativa eficiente, económica y que ayuda al medio ambiente. Sus características han conseguido que sean una tecnología con un crecimiento destacado en los últimos años, tanto aumentando su uso como su capacidad de manera acelerada desde el año 2000.[6]

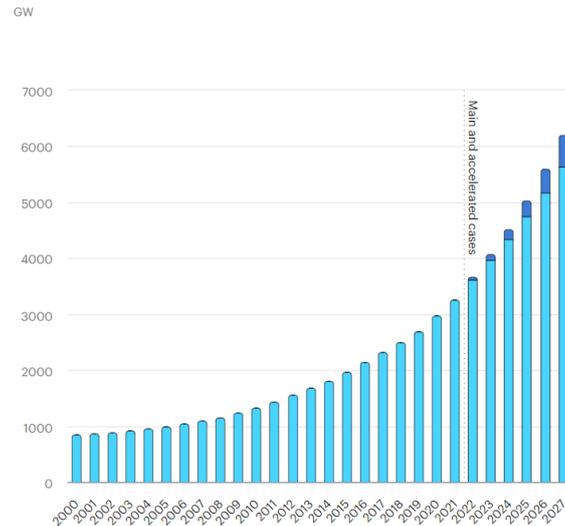


Figura 1: Capacidad total de tecnología renovable, casos principales y proyecciones. Asociación Internacional de la Energía (AIE). [7]

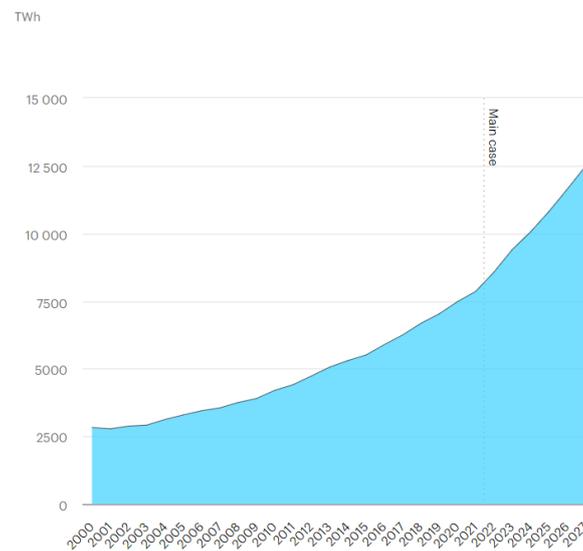


Figura 2: Generación total de energía renovable con proyección. Asociación Internacional de la Energía (AIE). [7]

Bajo las premisas de frenar el cambio climático, reducir la contaminación y aumentar la seguridad energética, La Unión Europea estableció una meta para 2020 en la cual se pretendía que el 20% del consumo eléctrico fuera abastecido por energías renovables, y avanzó sobre esa línea de pensamiento estableciendo la siguiente meta al 32% para 2030. La

primera cifra establecida se alcanzó, aunque el posterior crecimiento entre los años 2020 y 2021 fue únicamente del 0.1%. [2]

Cabe destacar que el año 2020 fue excepcional debido a la situación global acarreada por la pandemia, que generó un descenso drástico en el consumo de energías no renovables, pese a que estas resurgieron rápidamente en el año posterior a la pandemia del COVID-19. Tal es la situación que en el año 2021 se registra el mayor crecimiento anual en el consumo de energías renovables, desde 2012, siendo de 13 millones de Megatoneladas equivalentes de petróleo (Mtoe).

1.2 CONTEXTO POLÍTICO

Debido al desarrollo histórico comentado anteriormente, entre otros aspectos, la industria energética tiene riesgo a la inestabilidad e incertidumbre. Se puede llegar a estas situaciones por varios motivos, pero a continuación se desarrollarán los sucesos que en el abanico de los últimos años han ido marcando la evolución del uso de energía en sus diversas facetas.

Concretamente se comentará la Guerra entre Rusia y Ucrania, así como el conflicto de intereses entre España y Argelia.

1.2.1 GUERRA EN UCRANIA

Ucrania es un país de apenas 30 años con una localización geográfica muy favorable al tener frontera con siete países y acceso al mar. Es una zona con una gran diversidad cultural e histórica en la cual en 2006 Viktor Yanukovich, representando un partido político afín al gobierno ruso, se convierte en primer ministro. En 2010 avanza políticamente a ser el presidente de Ucrania, marcando una legislatura de ideología prorrusa.

A raíz del descubrimiento de unos documentos que apuntaban a la existencia de corrupción en el gobierno, en 2014 se desatan una serie de revueltas y manifestaciones en lugares públicos. El gobierno respondió mediante represión policial y militar que llevaron a tragedias tales como el fallecimiento de decenas de personas y asistencia médica de otros cientos. En

ese ambiente de tensión social y política Viktor Yanukovich escabulló declaraciones y, ante la falta de poder, ocurre un pseudo golpe de estado en el que comienza a gobernar un partido europeísta y se proclama una guerra civil entre los bandos prorrusos y europeístas.[8]

En búsqueda de una ruta alternativa, que no pase por un territorio en guerra, Rusia inicia el proyecto del NORDSTEAM-2 que pretende un gaseoducto que amplíe el mercado de distribución y compresión de gas mediante la conexión entre Rusia y Alemania. No obstante, y debido a la presión militar rusa en la zona fronteriza con Ucrania, Alemania paraliza las obras del proyecto como aviso. Este suceso, a 22 de febrero de 2022, empuja la invasión de Crimea y Dombás por parte de las fuerzas militares rusas dos días después, el 24 de febrero.

La invasión tiene una rápida reacción de Occidente mediante sanciones económicas como son la prohibición de la compra a Rusia de combustibles fósiles, la eliminación de determinadas entidades bancarias rusas del sistema de mensajería SWIFT, y la congelación de activos del Banco Central de Rusia que impiden el acceso a las reservas internacionales. Las medidas adoptadas hacia Rusia le generaron un golpe económico importante, pero Europa también fue afectada por la situación en un ámbito energético.

El gobierno ruso redujo el caudal del gaseoducto Nord Stream 1, provocando problemas de abastecimiento, forzando el racionamiento de energía y el cierre de industrias, además de empujar la producción de carbón en China y otros países.[9]

Todos los factores mencionados anteriormente en combinación suponen un hito histórico para el precio del gas en Europa, que registra valores máximos históricos.

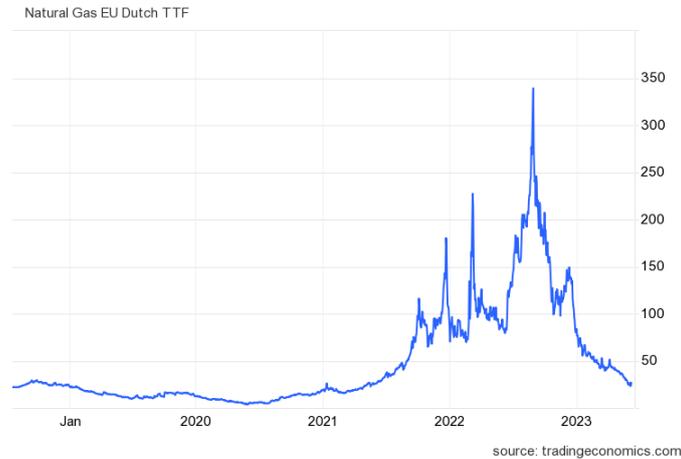


Figura 3. Gráfico sobre el precio del gas en Europa [10]

1.2.2 ESPAÑA Y ARGELIA

La península ibérica ha tenido una relación de dependencia gasística con Argelia a través de dos gaseoductos. El Gaseoducto Megdaz, que une Argelia y Almería, y el gaseoducto Magreb, que conecta Marruecos y Cádiz. El segundo tiene una capacidad superior al primero, pero fue clausurado en diciembre de 2021 debido a tensiones entre Marruecos y Argelia.

Debido a posicionamientos políticos por parte de España, entre otras cosas, la relación con Argelia se ha visto cada vez más afectada y ha requerido una transición mercantil en el ámbito del gas, buscando una independencia de Argelia que se comienza a suplir con ofertantes nuevos como Estados Unidos y Rusia.

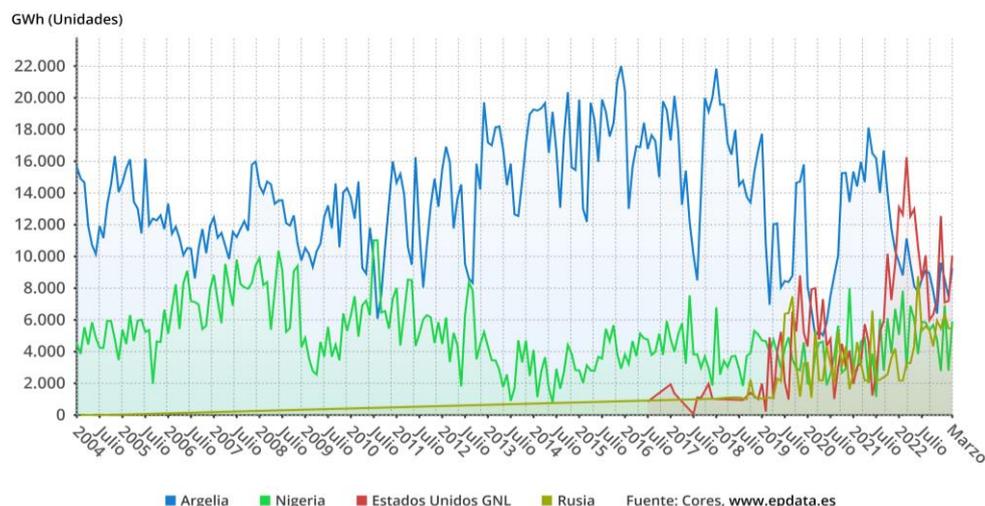


Figura 4. Evolución de la importación de gas natural en España según país de procedencia.

Las gráficas muestran la evolución desde 2004 hasta 2022 de los principales países que suministran gas a España. Se observa cómo han aparecido nuevas potencias con un peso considerable, como son Rusia y Estados Unidos. [11]

En la Figura 4 se observa la evolución del peso de distintos países en la importación española de gas natural. Se observa como la incorporación de Estados Unidos es relativamente reciente, en 2016, pero consigue absorber la reducción que sufre la importación argelina.

Esta nueva línea de negocio supone, debido a la infraestructura, una importación de Gas Natural Líquido en vez de Gas Natural, el cual requiere un transporte más caro y podría deparar de cara a un futuro un desequilibrio en la balanza de pagos si se sigue comprando de Rusia y Estados Unidos.

1.3 MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

1.3.1 MOTIVACIÓN

Bajo la evolución económica y energética de los últimos años, este proyecto tiene un fin que puede resultar beneficioso a una parte de la población. Utilizando un edificio de vivienda

unifamiliar adosada se busca abarcar un modelo que pueda resultar orientativo para otros similares existentes en grandes zonas residenciales.

Los acontecimientos presentados anteriormente generan una presión al consumidor que se podría aliviar con un nivel de autoconsumo considerable, ayudando a su vez al medio ambiente a través del uso de energías renovables. De manera conjunta, la situación actual del uso y transporte de recursos, así como el aumento de demanda están impulsando un disparo de la inflación. El uso de sistemas que mejoren la eficiencia energética de las viviendas ayuda a la economía del hogar, que ahora mismo es una preocupación en muchas situaciones.

Además, como estudiante de ingeniería, el proyecto resulta de interés por la aplicación cotidiana de conocimientos y recursos que se adquieren a lo largo del Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales. La aplicación de estudios a menor escala ayuda de manera esquemática a entender símiles con grandes instalaciones y distribución de energía en redes poblacionales.

1.3.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Eficiencia energética

Como se lleva mencionando hasta ahora, uno de los principales objetivos de este trabajo es conseguir un uso de la energía de manera más eficiente. Esto contribuye a beneficios tanto a nivel particular, a escala del consumidor, como a nivel global, a escala del planeta. Un uso eficiente de los recursos que tenemos ayuda al cambio climático y el medio ambiente.

Ahorro Económico

Junto con lo mencionado en el apartado anterior, y a un nivel más particular, con esta instalación se pretende un ahorro energético que ayude a la economía en una vivienda. Sustentando así a núcleos familiares que puedan aprovecharse de este ahorro en estos tiempos de dificultades económicas globales.

Energías renovables

Otra motivación con un peso considerable es la intención de impulsar el uso de tecnologías renovables a todas las escalas, empezando en este caso por el pequeño consumidor. Como se ha mencionado, esta tecnología aporta una solución segura, a favor del medioambiente y de carácter estable.

Metodología reutilizable

Por último, el modelo a utilizar como objeto de estudio es una vivienda unifamiliar adosada en una zona residencial donde se encuentran más viviendas del mismo tipo. Con esto se busca un proyecto que, pese a algunas particularidades, podría ser extrapolado para su reutilización en otras viviendas que cumplan con similitudes a la presentada. De esta manera tendría un mayor impacto global el uso de la tecnología empleada, la eficiencia energética adquirida y la ayuda al medio ambiente.

1.3.3 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante

El trabajo se alinea con este objetivo ya que impulsa el avance hacia una energía más sostenible y ampliamente disponible. Ayuda a la mejora de la eficiencia energética y el uso de energías renovables, es decir, el uso de energía no contaminante. [12]

Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles

En un auge de la urbanización, es fundamental que estos núcleos poblacionales estén dotados de infraestructuras innovadoras y sostenibles. El uso de placas fotovoltaicas reduce las emisiones y motiva el uso de este tipo de instalaciones en toda la comunidad. Ayuda a que aumente el bienestar en las ciudades y que progresivamente se vayan convirtiendo en más sostenibles y limpias.

Objetivo 12: Producción y consumo responsables

En una situación de avance hacia la escasez de recursos, es fundamental encontrar un desvío que implique un uso de estos de manera más responsable y eficiente. En el ámbito energético esto se refleja mediante el uso de energías renovables, como lo es la solar. Además, es necesario aprender a utilizar lo exclusivamente necesario para evitar la degradación de los recursos actuales.

Objetivo 13: Acción por el clima

De manera similar a los objetivos mencionados anteriormente, el proyecto que se va a llevar a cabo ayuda a la reducción del nivel de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera. El cambio climático tiene un impacto considerable en todos los continentes y sus economías. Como menciona las Naciones Unidas, pese a que las restricciones llevadas a cabo por la pandemia ayudan a reducir estos problemas, se siguen necesitando soluciones que sean duraderas a largo plazo.

Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Dado que los problemas mencionados son de temática recurrente en estudios científicos de desarrollo tecnológico, la solución adoptada no es la única alternativa existente hoy en día. En primera instancia, el consumo energético en el hogar se puede ver reducido mediante soluciones cortoplacistas sencillas y algunas costumbristas. Así bien, el mero hecho de apagar las luces al salir de una habitación o sustituir aparatos por sus equivalentes con mayor eficiencia energética podrían verse reflejados en la factura de la luz. No obstante, se buscan soluciones más contundentes frente a este problema como pueden ser la aerotermia y geotermia, los hogares pasivos, y la energía fotovoltaica.

2.1 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL HOGAR

En líneas generales de desarrollo sobre las opciones renovables existen tres energías principales que se desarrollarán a continuación como explicación para entender el estado de la cuestión tecnológico actual. Pese a que las principales fuentes de energía renovable componen un listado de alrededor de siete opciones, a continuación, se hablará de tres: la aerotermia, la biomasa y la energía fotovoltaica. Se seleccionan estas debido a su adaptación al uso doméstico.

2.1.1 AEROTERMIA

La aerotermia, según estipula el Parlamento Europeo en la Directiva 2009/28/CE, es una energía procedente de fuentes renovables, concretamente energía almacenada en forma de calor en el aire ambiental. [13]

Esta energía se extrae mediante un sistema con dos elementos, uno interior y uno exterior. En combinación, captan las calorías del exterior y las traspasan a un circuito de agua en el interior. Este traspaso se realiza mediante un fluido refrigerante impulsado por un compresor, que se encuentra entre los dos elementos.

Esta extracción, mediante una bomba de calor, se utiliza para la refrigeración y calefacción de edificios, además de para la producción de agua caliente sanitaria. Ambas constituyen una forma económica y respetuosa con el medio ambiente. Lo segundo se apoya gracias a la característica renovable de la energía utilizada y al uso de fluidos refrigerantes que no son dañinos para la capa de ozono. Son instalaciones sencillas y con una baja necesidad de mantenimiento.

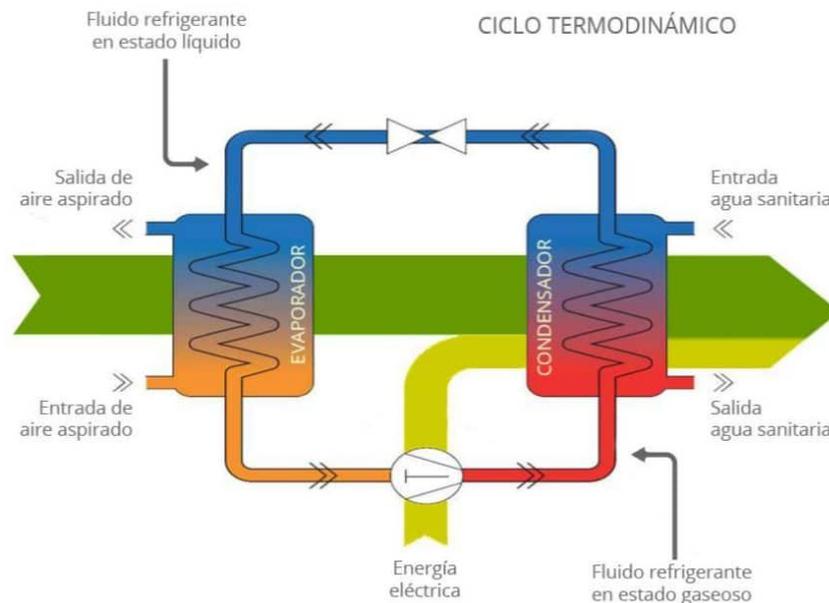


Figura 5. Ciclo Termodinámico del funcionamiento de una bomba aerotérmica

Los sistemas desarrollados mediante este método resultan ser de una eficiencia y rendimiento muy altos, pero debido a su potencia calorífica tienen un uso habitual, y recomendado, en espacios pequeños como lo son las viviendas unifamiliares. Debido a este detalle se menciona en este trabajo como una alternativa considerable de solución a la eficiencia y ahorro energético que se buscan. [14]

El inconveniente principal de los sistemas aerotérmicos es que requieren una inversión inicial de capital elevada con respecto a otras alternativas.

2.1.2 ENERGÍA DE LA BIOMASA

Por definición, la energía de la biomasa es una energía renovable que consiste en el uso de la materia orgánica o industrial formada por procesos biológicos o mecánicos. Los productos resultantes de la biomasa derivan de la absorción de la energía solar durante el proceso de la fotosíntesis, y la posterior rotura de los enlaces en compuestos orgánicos debido a la combustión. Es por esto por lo que se define como una energía renovable y a sus productos se les clasifica como biocombustibles, que a su vez se dividen en sólidos, líquidos y gaseosos.

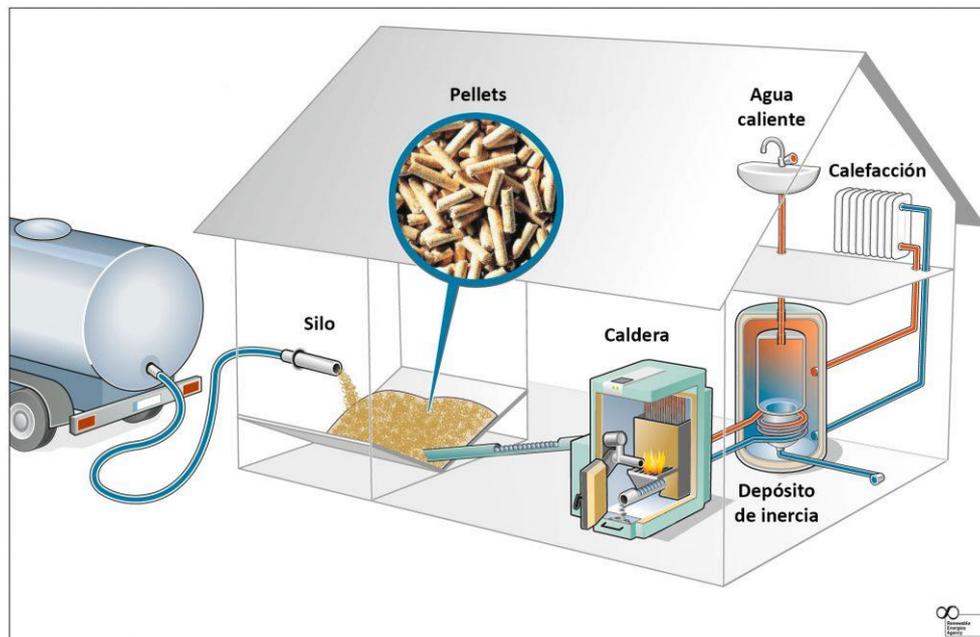


Figura 6. Sistema doméstico de calefacción por biomasa.

En su mayoría, la biomasa se utiliza directamente en los hogares, como por ejemplo en forma de leña. No obstante, los usos modernos que se han desarrollado requieren un acondicionamiento especial como son los combustibles en forma de astillas, serrín, pellets y briquetas.

Una de las principales aplicaciones de esta opción es la producción de agua caliente sanitaria a escala doméstica, mediante calderas o estufas con una eficiencia mejorada respecto a la

maquinaria convencional. En un segundo paso, también se desarrollan sistemas a mayor escala para bloques de viviendas e incluso existe en Europa un sistema llamado ‘district heating’ en el que se utilizan estos sistemas para la red de calefacción de complejos más grandes como lo son urbanizaciones enteras. [15]

En cuanto a su uso para la producción de electricidad, la biomasa requiere instalaciones complejas y centrales con grandes calderas que requieren inversiones importantes tanto económica como tecnológicamente. Las instalaciones que generalmente utilizan biomasa reciclan sus propios desechos de un primer proceso como combustible, por ejemplo, en la industria papelera o en la producción del aceite de oliva.

2.1.3 CASAS PASIVAS

A manera de combinación de distintos tipos de energías renovables en sus distintas maneras de utilización y basados en la eficiencia, existe una opción que son las viviendas pasivas a favor del medio ambiente. Tienen la finalidad de la reducción del consumo energético mediante el uso del calor solar, aislamiento térmico de elementos estructurales, hermeticidad en el aire, sistemas eficaces de ventilación y aprovechamiento del calor procedente de usuarios y electrodomésticos.

La idea, proveniente de un instituto alemán fundado en 1988, surge con el fin de un proyecto de construcción para casas con consumos nulos de energía. Se busca no utilizar elementos activos mediante varios puntos que se desarrollarán a continuación. Comenzando con el más básico, el diseño, en el cual se considera la geolocalización de la vivienda para analizar qué aspectos se podrían aprovechar.

Se estudia también el aislamiento térmico de motivos estructurales tales como muros y cubiertas, siendo fundamental la elección de elementos, tanto de manera integral y externa como en zonas que sean potenciales debilidades y favorezcan el traslado de frío y humedad del interior al exterior. Otros dos aspectos básicos son la orientación, para el aprovechamiento de la radiación solar, y la hermeticidad del aire, que asistirán en el mantenimiento del nivel térmico en el interior de la vivienda. [16]

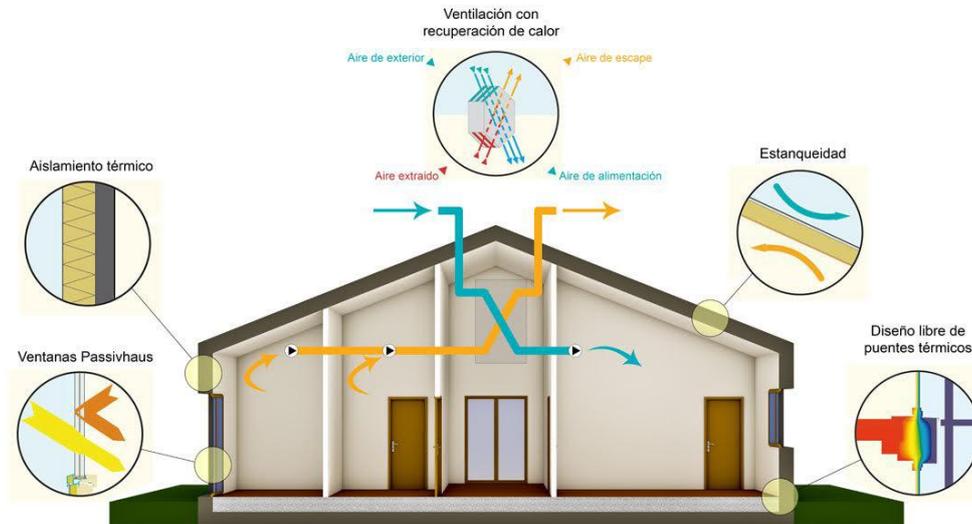


Figura 7. Esquema de una Vivienda Pasiva

2.1.4 ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Por último, se hablará de las placas solares. Una opción que desarrollar de manera menos integral a una vivienda en comparación con la solución de las viviendas pasivas, lo cual añade un factor de agilidad en instalación y reducción de coste al no requerir una reforma completa. En concreto se exponen los Sistemas Fotovoltaicos de Conexión a Red asociados a edificación.

La energía fotovoltaica se deriva desde el efecto fotovoltaico descubierto por Alexandre Edmond Becquerel, físico francés, y explicada por Albert Einstein en 1920. Mediante la búsqueda de su evolución hacia sistemas físicos por distintas entidades, este efecto se traduce hasta la actualidad en sistemas fotovoltaicos que suman en países líderes, como China, hasta 306,5 gigavatios a cierre de 2021. Apostar por este tipo de energía retribuye una solución fiable, inagotable, limpia y segura. [3]

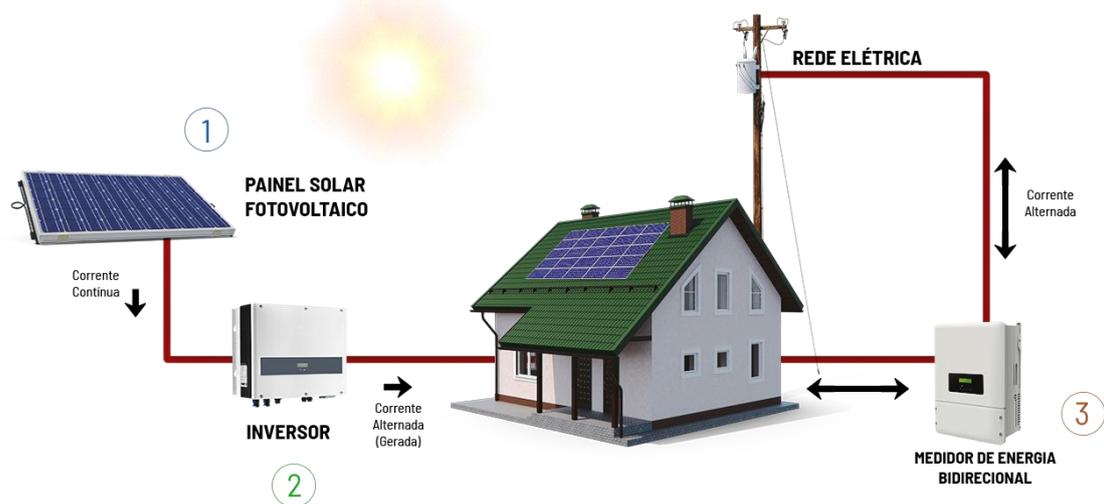


Figura 8. Esquema de un sistema doméstico de captación de energía solar.

En comparación con el resto de las opciones mencionadas, se confía en que la energía solar fotovoltaica brinda una opción que hoy en día es la más fiable, con una eficiencia satisfactoria y con un menor pico de inversión que otras soluciones. Debido al desarrollo tecnológico de la energía solar el mercado oferta una variedad muy amplia de elementos para crear instalaciones de captación de energía solar, lo cual hace el proyecto más fiable.

En este proyecto, como se ha mencionado, se optará por la última solución comentada. Se realizará un estudio en el que se concluya el tipo de módulo, de inversor y de disposición que se empleará para la instalación con el objetivo de cubrir una parte considerable de la actual demanda de la vivienda.

Net Metering

Es debido desarrollar un elemento fundamental que se puede observar en la Figura 8, que es el Medidor de Energía Bidireccional. Los sistemas de placas solares necesitan elementos que ayuden a su eficiencia, siendo uno de los mayores problemas el no usar la energía cuando se está generando.

Las dos soluciones más comunes son el uso de baterías o el vertido a la red. Aunque es cierto que el uso de baterías es común en edificios de pequeño tamaño, dada su comodidad, son un elemento con un coste muy elevado, una capacidad reducida y un tamaño considerable. [17]

Por otra parte, existe una solución que es el net metering o balance neto. Es un sistema en el que al generar energía que no se consume, se vierte a la red a través de un contador bidireccional. Ese mismo contador computa el consumo del hogar cuando requiera energía de la red y el balance se regulará, según distintas opciones de mercado, instantáneamente mediante la compra de esa energía o como un cómputo total a final de un periodo determinado.

Capítulo 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se desarrollarán elementos que son de conocimiento necesario para poder entender la posterior elaboración del proyecto. Se procederá a hablar sobre el funcionamiento de un sistema de captación de energía solar, los distintos elementos que lo componen acompañados de sus variantes y modo de funcionamiento, y se cerrará con la normativa sobre la instalación de placas solares.

3.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Una instalación solar fotovoltaica consiste en el conjunto de elementos que en combinación transforman la energía solar en energía eléctrica.

El funcionamiento básico consiste en que los módulos o paneles solares absorben la radiación solar y la transforman en energía eléctrica. Esta transformación ocurre debido al efecto fotovoltaico, comentado anteriormente, por el cual al incidir los fotones en las celdas de las placas solares se liberan electrones. Estos electrones se conducen a través de las líneas divisorias de las celdas a los conductores principales y un terminal se encarga de dar lugar a la corriente eléctrica.

A continuación, se requiere un inversor que convierte la corriente continua creada en corriente alterna, y ya se procede a su distribución o utilización. En este siguiente paso se distingue de dos opciones existentes.

3.1.1 SISTEMAS AUTÓNOMOS

Los sistemas autónomos de placas solares requieren un elemento adicional que son baterías. Así bien, a diferencia del sistema que se mencionará en el siguiente apartado, la energía se capta de los módulos y procede a almacenarse en las baterías para su posterior uso.

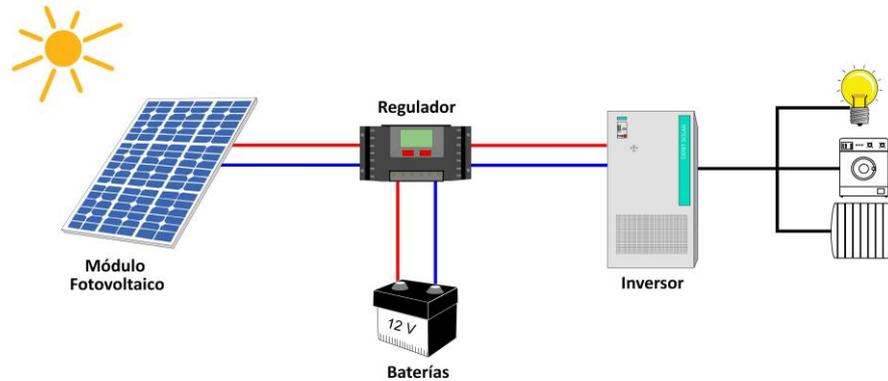


Figura 9. Esquema unifilar de Sistema Autónomo

Sin embargo, estas instalaciones se recomiendan en casos de viviendas aisladas donde las compañías eléctricas no llegan y requieren una instalación muy costosa. Se debe tener en cuenta que los elementos adicionales, como son las baterías, requieren de un sobrecoste muy importante encima del coste que requiere las bases de una instalación de células fotovoltaicas. [18]

Se podría considerar esta alternativa para instalaciones de reducido tamaño. Como podría ser un uso no aplicado a la vivienda completa, pero si en pequeños circuitos que lo requieran. Estos pequeños circuitos podrían ser el bombeo de agua, alimentación de equipos de señal e iluminación entre otros.

3.1.2 SISTEMAS DE CONEXIÓN A RED

De manera alternativa, en vez de utilizar sistemas de almacenamiento de energía existe la opción del vertido a la red eléctrica. Esta opción tiene un reducido coste en comparación al no necesitar de baterías de almacenamiento, las cuales son considerablemente caras. En estos sistemas la electricidad generada por las placas está conectada al inversor, a la vivienda de consumo y a la red eléctrica.

Se debe tener en cuenta que, una diferencia adicional con los sistemas autónomos, los sistemas de conexión deben tener inversores 'on grid'. Esto significa que sean inversores

conectados y sincronizados a la red eléctrica para poder verter electricidad que se genere y no se consuma en el instante. [19]

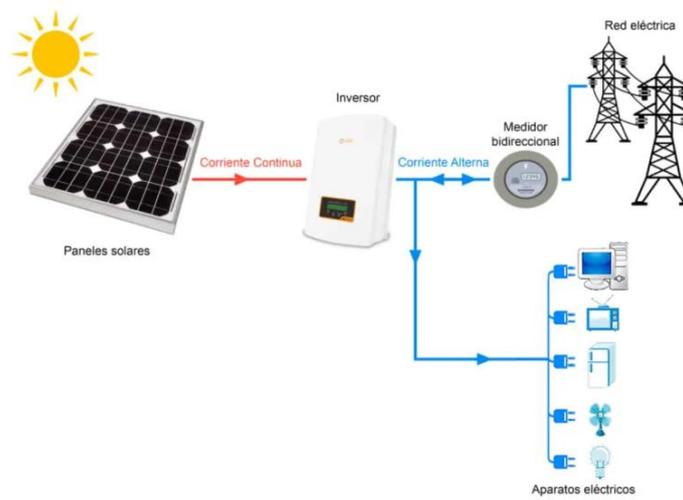


Figura 10: Esquema de sistema de conexión a red.

Esta electricidad que se aporta al sistema eléctrico nacional tiene distintas maneras de computarse, pueden ser excedentes de electricidad acogidas o no a compensación.

Acogidas a compensación implica que de manera instantánea se vuelcan los excedentes a la red y al final del periodo de facturación se compensa el valor de esta energía sobrante con el resto del consumo realizado por el usuario. Las instalaciones pueden acoger esta modalidad si son de producción puramente renovable e inferior a 100 kW, se recogen según el Real Decreto 244/2019 el cual establece la compensación se los excedentes según el balance neto económico y requisitos adicionales a los mencionados. Se comentará este decreto con mayor detalle en la sección 3.3 Normativa de Autoconsumo Fotovoltaico.

La modalidad alternativa existente son excedentes no acogidos a compensación. De esta manera, el exceso de producción que no se consuma en ese momento también se vuelca a la red, pero se vende a precio del mercado eléctrico en ese instante. Las empresas eléctricas

acogen estas pequeñas cantidades y las gestionan para que se vendan a precio de mercado mediante un sistema de compensación simplificado, de esta manera se evita que los pequeños consumidores se deban convertir en empresas para realizar esta gestión.

3.2 COMPONENTES

En este apartado se procede a describir los componentes, mencionados anteriormente, que conforman el circuito de autoconsumo con placas fotovoltaicas. En el proyecto que se está desarrollando se optará por un sistema con conexión a red, por lo que se desarrollarán los componentes necesarios para este escenario.

3.2.1 PANELES SOLARES

Principio de funcionamiento

El funcionamiento simplificado de un panel solar consiste en que los rayos del sol inciden en las placas, que están compuestas por semiconductores, y transforman esa energía en energía eléctrica.

La transformación se realiza a través de las celdas solares. Estas son unos elementos de silicio cristalino o arseniuro de galio, que se mezclan con otros componentes como el fósforo y el boro. Con esta mezcla se obtienen dos partes, una con carga positiva y otra con carga negativa.

Los fotones de los rayos solares que inciden sobre la célula mueven los electrones que hay en la parte que hay un exceso de carga negativa hacia donde falta, es este movimiento de electrones es el que crea la energía.

A mayor incidencia, se liberan más electrones y se genera más electricidad. Electrones no utilizados o procedentes del viento regresan al panel negativo y vuelve a comenzar el proceso. Este proceso produce corriente continua. [20]

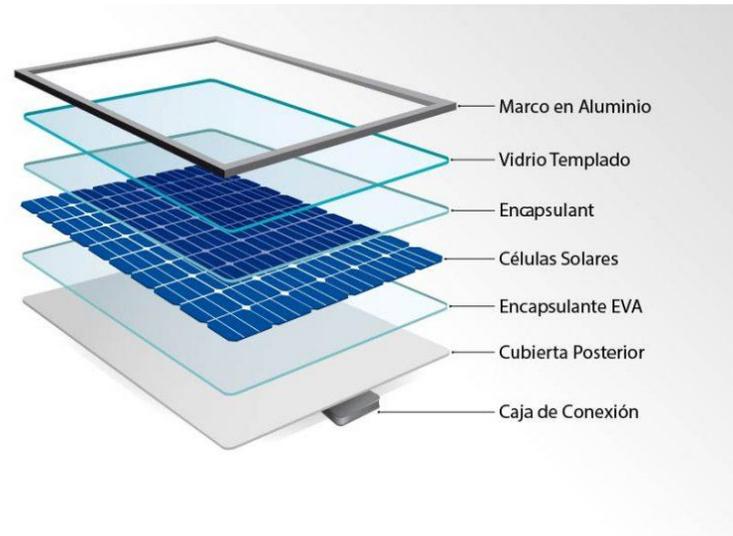


Figura 11. Elementos de un panel solar.

A continuación, se desarrollarán las partes de un panel solar y su utilidad.

- 1) Marco de aluminio: Fabricado con aluminio anodizado, resistente a la corrosión, protege el interior de tensiones térmicas y mecánicas. Proporciona robustez al conjunto entero.
- 2) Vidrio templado: Con un espesor habitual de entre 3-4 mm proporciona protección mecánica a impactos, garantiza un mejor aprovechamiento de energía solar reduciendo la reflectancia y aumentando la transmitancia, y reduce la exposición de las células a factores externos como el agua, vapor o suciedad.
- 3) Encapsulante EVA: Las siglas refieren, en inglés, al material que lo compone (Ethylene Vinyl Acetate). Utilizando estas láminas en la parte superior y posterior del módulo se encapsulan las células solares y se protegen contra el aire y la humedad. Además, ayudan a la transmisión de la radiación y tienen una alta resistencia a degradarse con la luz solar.
- 4) Células solares: Principalmente construidas a partir del silicio, convierten la energía solar en energía eléctrica, como ya se ha explicado anteriormente.

- 5) Cubierta posterior: Siendo sus características más importantes la resistencia mecánica, a la intemperie, y la adherencia, este último nivel debe ofrecer protección al conjunto durante toda su vida útil.
- 6) Caja de conexión: En este elemento se une la conexión de todas las células solares de la placa y se conectan con el inversor. Las dos características principales que tiene es que debe ser resistente a la humedad y suciedad, para proteger las células, y que tiene un diodo para evitar corrientes de flujo inversor cuando las celdas están sucias o en sombra. [21]

Tipos de módulos solares

Monocristalinos

Módulos compuestos por células monocristalinas, de un intenso color negro y con las esquinas recortadas. Tienen una eficiencia 15%-25% mayor que otros tipos y una vida útil de hasta 25 años. Debido a sus características, este tipo de paneles solares son comúnmente utilizados en las instalaciones domésticas.



Figura 12. Imagen de módulo solar monocristalino

Policristalinos

De misma manera que los anteriores, estos paneles también están fabricados a partir del silicio, la diferencia es que los policristalinos están fabricados mediante procesos menos

exhaustivos. Eso resulta en un rendimiento menor, pero también un menor coste, lo que los hace atractivos para proyectos con menor presupuesto. [5]



Figura 13. Imagen de módulo solar policristalino.

Capa fina

También denominados paneles solares flexibles, esta última opción no requiere la unión de varias células individuales si no que es una única lámina a medida. Tiene un proceso de fabricación más sencillo, menor espesor y un ahorro en el uso de materias primas. Por ende, este último tipo es la opción más barata, en conjunto con su característica flexible brinda una opción muy llamativa que se está adoptando cada vez más al poder adaptarse a cualquier superficie. La desventaja de estos paneles es que tienen un índice de eficiencia bajo.



Figura 14. Imagen de módulo solar capa fina.

Todos los paneles tienen dos modos de conexión entre ellos, en serie o en paralelo.

Conexión en serie: Consiste en conectar los paneles entre sí de manera directa uno tras otro, como si formasen una cadena, conectando el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente. Esta forma de conexión acumula el voltaje de los módulos a la salida.

Otros dos aspectos a tener en cuenta de este modo de conexión es que, si existe un fallo en uno de los paneles, afecta al funcionamiento de toda la planta y que el valor de corriente que recorre el sistema es siempre igual y constante.

Conexión en paralelo: La conexión en paralelo hace que todos los módulos en esta conexión compartan los polos positivos, por un lado, entre sí y los polos negativos entre sí. Lo que implica que todas las placas, deben tener, y tienen el mismo voltaje que será igual al de la salida. No obstante, la corriente en este caso sí que se acumula a la salida, se suma. Por tanto, se pueden conectar paneles con mismo voltaje, pero distinta potencia.

La principal ventaja de esta conexión es la falta de riesgo si hubiese un fallo en uno de los paneles. Si uno tuviese menos intensidad o tuviese un fallo el resto del circuito seguiría funcionando con la ligera pérdida de la aportación de dicho panel, pero no sería una pérdida completa como en la disposición en serie.

3.2.2 INVERSORES

El inversor es una pieza fundamental de la instalación y se encarga de hacer la conversión de corriente continua a corriente alterna. Además, deben estabilizar las ondas eléctricas, optimizar la producción y proteger de fallos en la red. Existen dos maneras de instalación según los dos tipos de sistemas que ya se han mencionado, o bien para circuitos aislados o bien para circuitos conectados a red. [22]

Inversores para instalaciones aisladas

En estos casos se requiere de una conexión a baterías que almacenen la energía no consumida instantáneamente tras generarse. A continuación, se desarrollan tres tipos de inversores para instalaciones aisladas.

Inversores Aislados

Tienen la capacidad de elevar la potencia de las baterías, lo que es útil cuando no existe conexión a la red eléctrica y la única fuente de energía son los módulos solares. Tienen en cuenta fallos posibles del sistema como pueden ser cortocircuitos, sobretensión o excesos de temperatura.

Inversores Cargadores

Este tipo de inversores tiene una característica específica, por la cual si se encontrase el circuito en una tensión inferior a la mínima de carga de las baterías se activa la función de cargador del inversor. Es decir, en los días con menos producción el inversor activaría un grupo electrógeno alternativo conectado al circuito, o la conexión a red, para cargar las baterías del sistema y que se suministre energía.

Inversores para instalaciones conectadas a red

Estos inversores deben tener la capacidad de ajustarse a las características de la red a la que se encuentre conectada, esto es ajustar la frecuencia y longitud de onda.

Inversores tipo String

También se conocen como inversores de cadenas fotovoltaicas. Permiten la conexión entre paneles solares y reconocen cuando hay fallos en el sistema, como el fallo de un módulo o la reducción de su rendimiento, variando la producción de manera automática. También pueden incluir optimizadores de potencia, desarrollados a continuación.



Figura 15. Imagen de un Inversor String

Microinversores

Utilizados en conexión con cada una de las placas solares de la instalación final, siguen desarrollando su función tradicional de transformar la corriente continua en corriente alterna. Permiten la obtención de la máxima potencia de cada módulo y reducen el efecto sombra. El inconveniente de estos elementos es que requieren una inversión económica mayor a otras alternativas. [4]



Figura 16. Imagen de un Microinversor.

Optimizadores de potencia

Colocados en cada panel, son capaces de optimizar la máxima potencia de cada panel, de manera similar a la función de los microinversores. Resultan en una combinación de los dos elementos mencionados anteriormente, ya que tienen características y ventajas a nivel individual de cada módulo. Adicionalmente, mejoran la recogida y optimización de la energía para posteriormente enviarla al inversor, y evitan pérdidas causadas por diferencia de potencial entre paneles.



Figura 17. Imagen de un Optimizador de Potencia.

3.2.3 CONTADORES BIDIRECCIONALES

En el tipo de instalación escogida se va a realizar una conexión a red con vertido a la misma. De esta manera, no se requerirán elementos como baterías o reguladores de carga. Este tipo de instalaciones debe tener en cuenta el uso de net metering, explicado anteriormente. Por el cual se vierte el exceso de generación instantánea a la red eléctrica de conexión.

El elemento final que permite este uso de la instalación es el contador bidireccional. Un elemento que tiene la función de medir la energía eléctrica que fluye en la instalación eléctrica y en qué dirección lo hace. Tanto la energía traspasada de la red al usuario, o energía demandada, como la energía inyectada del usuario a la red.

Funcionamiento

El contador computa la energía producida por la instalación y hace un balance con el consumo del inmueble. En caso de haber energía sobrante, se vierte a la red y se contabiliza. En el caso contrario el contador simplemente actúa como cualquier otro contador tradicional.

Como se ha comentado en secciones previas, existen alternativas al contador bidireccional en cuanto a conexión a la red se refiere. Otros modelos de contabilizar y gestionar la energía sobrante. [23]

3.3 NORMATIVA DE AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO

A 5 de abril de 2019 fue aprobado el Real Decreto 244/2019, completando el marco regulatorio del Real Decreto 15/2018 en cuanto a condiciones sobre el autoconsumo fotovoltaico. A continuación, se desarrollarán las claves de esta normativa.[24]

3.3.1 NOVEDADES

Las principales novedades frente al Real Decreto 15/2018 son las siguientes

- El anteriormente establecido impuesto del sol es suprimido. Este impuesto hacía de peaje de respaldo respecto a la energía generada a través de instalaciones fotovoltaicas. Se debían pagar impuestos correspondientes a la electricidad producida por autoconsumo, cosa que ya no se debe hacer.
- Se reconoce el autoconsumo colectivo, impulsando el autoconsumo en inmuebles de mayor tamaño como comunidades de propietarios o zonas empresariales en las que participen distintas empresas en inmuebles vecinos.
- Se reducen los trámites administrativos y técnicos a una sola gestión para instalaciones que cumplan con características de hasta 15 kW o 100kW en el caso de autoconsumo sin excedentes. La única gestión que se debe hacer es notificar la instalación de la planta de producción eléctrica.
- Se suprime el límite de potencia que antes se encontraba en la potencia contratada. Antes solo se podía crear una instalación con una potencia igual o inferior a la establecida por contrato.

- Se definen la ‘instalación de producción próxima a las de consumo y asociada a las mismas’. Esto permite la utilización de espacios vecinos como lugar de emplazamiento para una instalación de autoconsumo utilizada por otro inmueble, siempre que haya acuerdo entre las partes. Aprovechando así orientaciones o disposiciones que mejoren la eficiencia y producción de la instalación.

3.3.2 TIPOS DE INSTALACIONES

3.3.2.1 Autoconsumo sin excedentes

Estas instalaciones deben estar completamente aisladas de la red eléctrica, generalmente mediante un mecanismo que impida el vertido de electricidad al sistema externo. Estos sistemas interactúan exclusivamente entre el sistema de generación y el usuario, es decir un autoconsumo puro sin interacción con el sistema nacional.

3.3.2.2 Autoconsumo con excedentes

Estas instalaciones si pueden hallarse conectadas a la red eléctrica. Podrán tanto utilizar la energía para consumo propio como verter energía excedente a la red externa. Este sistema crea una interacción entre el consumidor y el productor.

Modalidad con excedentes acogida a compensación

Pertenecerán a este tipo los sistemas con conexión a red que inyecten energía a la misma en los casos de exceso de generación frente a consumo. Voluntariamente tanto el consumidor como el productor deben optar por acogerse a esta modalidad.

Es posible para casos en los que cumplan las siguientes condiciones:

- La energía provenga de fuentes renovables.
- La potencia de la instalación se dé un valor inferior a 100kW.
- Se suscriba un contrato de compensación de excedentes de autoconsumo entre el consumidos y productor, según define el artículo 14 del real decreto.
- La instalación de producción no tenga un régimen retributivo adicional o específico.

Al acogerse a esta modalidad las compensaciones se realizan a modo de descuento en el consumo de la factura tras el cierre periódico de esta. Las compensaciones variarán dependiendo del contrato realizado con la correspondiente compañía eléctrica.

Modalidad con excedentes no acogida a compensación

Pertenecerán a este tipo los casos de autoconsumo con excedentes que no cumplan algunos de los requisitos establecido anteriormente, o que decidan no acogerse a la modalidad con excedentes acogida a compensación.

3.3.3 TRAMITACIÓN

- Para legalizar instalaciones de menos de 15kW o sin excedentes será suficiente con el certificado eléctrico para potencias de menos de 10kW. No se requieren permisos de acceso y conexión.
- Para instalaciones de hasta 100kW, y con conexión a baja tensión, la empresa distribuidora realizará el contrato de acceso para la conexión con la misma.
- Se crea el registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica. Para potencias menores a 100kW es automático con el boletín o proyecto BT.

3.4 PROGRAMAS

3.4.1 EXCEL

Para el desarrollo del proyecto se debe decidir el sistema a implementar. Eso es el circuito con el número de placas, el modelo a utilizar, el modelo de inversor y el tipo de conexión entre ellas, entre otras cosas. Esas decisiones se toman en base a requisitos a cumplir y cálculos. Para llevar a cabo esta tarea se utilizará la herramienta Excel con unas hojas de cálculo que se detallaran a continuación.

3.4.1.1 Configuración FV

CONFIGURADOR DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS DE CONEXIÓN A RED *

MÓDULO GAMESA SOLAR

STM220 F

Número Series: 5

Número Paralelo: 5

PROPIEDADES ELÉCTRICAS MÓDULO

MODELO	STM220 F	
Potencia Nominal	220	Wp
Icc	5.95	A
Ipmp	5.50	A
Voc	47.75	V
Vpmp	40.00	V
Voc(-10 °C)	52.54	V
Coef T°	- 136.80	mV/°C
TONC	48.50	°C
CLASE II	1,000.00	V

PROPIEDADES FÍSICAS MÓDULO

MODELO	STM220 F	
Largo	0.798	m
Alto	1.559	m
Profundo	0.0460	m
Peso	16.50	kg
Fabricante	SUNTECHNICS	
Célula	6" (156x156)	
Material	Monocristalino	

MÓDELO INVERSOR

SOLETE 5000

Número inversor: 1

PROPIEDADES ELÉCTRICAS INVERSOR

MODELO	SOLETE 5000	
FABRICANTE ENERTRON		
Potencia Nominal	5,000	W
Vpmp mínima	190	V
Vpmp máxima	360	V
V máx admitida	500	V
Potencia PV máx	6,000	Wp
I máx	32	A
V arranque	200	V
V parada	-	V

TIPO INSTALACIÓN: FIJA

Emplazamiento: MADRID

PRODUCCION ESTIMADA

CONFIGURACION ESPACIAL

CAMPO FOTOVOLTAICO

9900

Número Módulos: 25 (13 x 3.1)

CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA

Icc	29.75	A	O.K.
Ipmp	27.50	A	O.K.
Voc	238.75	V	O.K.
Vpmp	200.00	V	O.K.
Voc (-10 °C)	262.69	V	O.K.

POTENCIA DEL CAMPO FOTOVOLTAICO

191,400

Potencia Instalada	5,500	Wp	O.K.
Potencia Inversores	5,000	W	

Ratio Wp/W: 10.00% O.K.

T° mínima módulo (°C): 19

Voc módulo	48.57	V	
Voc generador	242.85	V	O.K.

T° máxima módulo (°C): 70

Voc módulo	41.59	V	
Voc generador	207.97	V	O.K.

Superficie módulos	31	m2
Peso total	413	kg
T° amb media sup	24.4	°C
T° amb media inf	6.2	°C
TONC (T° amb media sup)	60	°C

* La configuración obtenida debe interpretarse como una aproximación. En caso de duda consultar con el fabricante del inversor.

Tabla 1. Hoja Excel Configuración FV.

En esta primera hoja se encuentran varios parámetros a seleccionar para crear distintas combinaciones de las posibles soluciones existentes.

Como se observan en las primeras líneas se escogen: el módulo solar, el modelo del inversor, el número de conexiones en serie, número de conexiones en paralelo y el número de inversores.

Como indican los títulos de las respectivas tablas, se pueden observar en la hoja, según los componentes seleccionados, las propiedades eléctricas del módulo y del inversor, así como las propiedades físicas del módulo.

En segundo lugar, se encuentra la columna de la derecha que comienza con el título 'Campo Fotovoltaico' bajo el cual se encuentra el Número de Módulos que es la multiplicación del número de serie, el número de paralelos y el número de ramas.

A continuación, está el campo ‘Configuración eléctrica’ del que se van a desarrollar los parámetros y rangos para los cuales se obtienen valores admisibles

Intensidad de Cortocircuito I_{cc} : Es la máxima intensidad que circularía por el circuito completo, calculándose como la intensidad de un panel por el número de paneles en paralelo. Ya que dicha configuración suma las intensidades de cada componente. Se considera un valor inadmisibles de este parámetro cuando está por encima del valor de I_{max} del inversor.

Intensidad de máxima potencia I_{pmp} : La corriente que habrá en el sistema cuando se dé la casuística para la máxima producción. Se calcula y tiene el mismo rango de valores que la intensidad de cortocircuito.

Tensión en circuito abierto V_{oc} : Este es el voltaje del sistema cuando no hay sol, cuando no fluye corriente por el cableado. Se calcula como el producto de la tensión en circuito abierto de un módulo, multiplicado por el número de paneles en serie, debido a las propiedades de esta configuración. Su valor es admisible cuando sea menor que el valor máximo de tensión del inversor ($V_{máx admítida}$), y sea mayor que la tensión de arranque del inversor $V_{arranque}$.

Tensión de máxima potencia V_{pmp} : La tensión que circula por el sistema cuando ocurre la máxima producción posible. Se calcula como el producto de la V_{pmp} de cada módulo por el número de conexiones en serie. Su rango de valor se debe encontrar entre el valor mínimo y máximo de V_{pmp} del inversor.

Tensión en circuito abierto a bajas temperaturas $V_{oc}(-10\text{ }^{\circ}\text{C})$: Es la tensión cuando no hay sol, el panel está desconectado, pero a bajas temperaturas. Se calcula como el producto de esta misma característica de un único módulo multiplicado por el número de conexiones en serie. Su valor es admisible mientras se encuentre entre el $V_{max admítida}$ y $V_{pmp mínima}$.

Siguiendo por la hoja de Excel nos encontramos con el último apartado por mencionar, ‘Potencia del Campo Fotovoltaico’. Que recoge los campos mencionados a continuación.

Potencia instalada: Calculada como el producto del número de módulos y la potencia nominal de uno de ellos, su valor es admisible cuando la potencia por inversor es menor que la *Potencia PV máxima*. Es decir, que el valor calculado de potencia instalada, entre el número de inversores debe ser mayor que la característica mencionada de un inversor.

Potencia Inversores: Es un dato informativo de la potencia total que aportan los inversores, calculada como la potencia nominal de uno de ellos por el número de inversores.

Ratio W_p/W : La relación entre la potencia pico y la del sistema. Esto es, en porcentaje la relación entre las dos potencias mencionadas inmediatamente antes de este apartado, calculada como la diferencia de la primera menos la segunda, entre la segunda. Su resultado varía según rangos y según el valor de la *Potencia de Inversores (W)*. Si W es menor que 50000, el resultado se considerará “alto” cuando sea mayor que 20%, “OK” entre 20% y 10%, “Bajo” entre 10% y 0%, y muy bajo al ser menor de 0%. Si W es mayor que 50000 los rangos varían ligeramente, ahora “alto” ocurrirá cuando sea mayor a 15%, “OK” cuando se encuentre entre 15% y 5%, “Bajo” entre 5% y 0%, y “Muy bajo” cuando sea menor del 0%.

Temperatura mínima del módulo: Un parámetro a seleccionar, es la temperatura mínima que soporta un módulo para poder funcionar correctamente. Con este dato se calcula la tensión *Voc módulo* relacionando la característica *Voc* del módulo con la temperatura mínima, el coeficiente de temperatura y 25° C estipulados por las Condiciones Estándar de Medida (CEM). A continuación, se calcula el *Voc generador* con el valor obtenido multiplicando por el número de paneles en serie. Este valor obtenido debe estar comprendido en el rango marcado entre la *V_{pmp} mínima* y la *V_{máx} admitida*.

Temperatura máxima del módulo: De la misma manera que la temperatura mínima, en este caso es el valor de máxima temperatura a soportar por un módulo para que funcione correctamente.

3.4.1.2 Hoja Producción

La segunda hoja del Excel utilizado se muestra a continuación.

ESTIMACION PRODUCCION

Emplazamiento	MADRID			1434kwh/kwp	suntec	0.97023004	Tipo instalación	FUA
				1478kwh/h	17307.38	1.04001877		

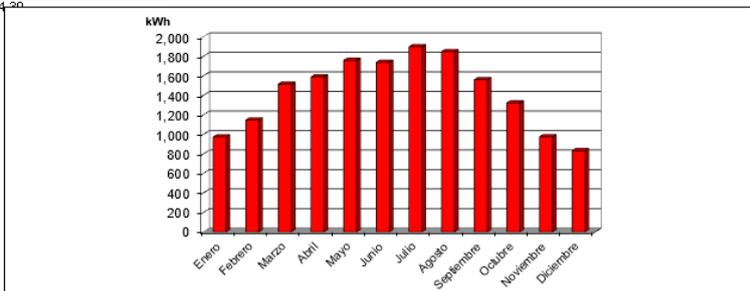
Mes	Nº días	kWh/m ² día	Producción kWh/mes	I
Enero	31	3.09	973.59	311.55
Febrero	28	4.07	1,147.28	367.13
Marzo	31	5.13	1,514.86	484.75
Abril	30	5.55	1,588.97	508.47
Mayo	31	6.00	1,758.72	562.79
Junio	30	6.41	1,738.61	556.36
Julio	31	6.91	1,897.02	607.05
Agosto	31	6.69	1,848.30	591.46
Septiembre	30	5.74	1,560.16	499.25
Octubre	31	4.44	1,322.70	423.26
Noviembre	30	3.26	975.37	312.12
Diciembre	31	2.65	834.03	266.89
Promedio	365	5.00	17,160	5,491.08

Horas Sol Equivalentes/año	1,362
Horas Sol Pico/año	1,825

	Carbón	Ciclo
CO ₂ (g/kWh)	952	345
SO ₂ (g/kWh)	21.0	0.0
NO _x (g/kWh)	3.2	0.1

	Carbón	Ciclo
CO ₂ (kg)	16,336.0	5,320.1
SO ₂ (kg)	360.4	0.0
NO _x (kg)	54.9	1.7
Energía	6.9	Hogares

Emisiones de gases contaminantes evitados en función de la tecnología utilizada	
---	--



Radiación Solar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
kWh/m ² día	3.09	4.07	5.13	5.55	6.00	6.41	6.91	6.69	5.74	4.44	3.26	2.65	5.00
(MJ/m ² día)	11.1	14.7	18.5	20.0	21.6	23.1	24.9	24.1	20.7	16.0	11.7	9.5	215.8
kWh	374	1,147	1,515	1,589	1,759	1,739	1,897	1,848	1,560	1,323	975	834	17,160

precio	1637.654237	0.516610169
	5137.654237	1620711116

Tabla 2: Hoja de Excel Producción.

Teniendo en cuenta la posible instalación seleccionada en la hoja anterior, ahora se pueden comprobar distintos datos orientativos de consumo, precio y emisiones. Se observa una gráfica general del consumo en kWh por meses. Mas en detalle se encuentran distintos datos de la instalación como son la potencia pico, el número de módulos, datos de la energía y sus precios.

Uno de los aspectos destacables de esta hoja de Excel será el valor máximo de kWh que se encuentra en la parte inferior derecha de la hoja, con este valor se comprobará que la combinación escogida produce la cantidad de energía deseada. Además, se observa una tabla y gráfica acorde con la generación por meses.

Hoja Latitud-Temperatura

Como soporte para cálculos y datos, se encuentran en esta hoja las temperaturas medias mensuales en función de las distintas provincias. Además, aporta la información de la latitud correspondiente a cada provincia con la inclinación óptima del panel solar para esa zona.

Para la instalación a realizar solo se tendrá en cuenta, especificándolo en la primera hoja del Excel, las características que pertenezcan a Madrid, dado el lugar del emplazamiento.

Hoja Radiación

De manera similar, la siguiente pestaña es la hoja de Radiación, en la cual se encuentra la radiación incidente según provincias. Del mismo modo, solo será relevante para lo realizado la radiación en Madrid.

Hoja Módulo

Esta hoja contiene una lista de los distintos módulos solares con los que construir la instalación y sus características más importantes. Se compone de características tanto físicas como eléctricas. Además de información sobre el fabricante y material de los módulos. La lista recopila un total de 106 módulos los cuales, con sus características mostradas, se reducirán para la selección final. Se puede observar el listado de módulos en ANEXOS.

Hoja Inversor

De manera similar, la Hoja de inversores recopila las opciones a utilizar en la instalación con sus características. Con un total de 36 inversores, sus fabricantes y sus características eléctricas. Se puede observar el listado de inversores en ANEXOS.

Hoja Rendimiento Inversores

Se muestran los distintos rendimientos de los inversores según los fabricantes. Acompañado de una fórmula del rendimiento europeo para su potencial uso en cuanto a la instalación requiera o se desee de rendimientos. Puede ser además utilizada para la selección o reducción de distintos inversores filtrando por su eficiencia.

Capítulo 4. INSTALACIÓN SOLAR

4.1 EMPLAZAMIENTO

El edificio objeto de estudio para el desarrollo de este proyecto es una vivienda unifamiliar adosada dentro de una urbanización situada al norte de la Comunidad de Madrid. Se encuentra en un entorno residencial, acompañada de otras viviendas unifamiliares y plurifamiliares, en una urbanización cerrada con zonas comunes.

La parcela tiene una forma rectangular, con un frente de 7 m y un tejado a dos aguas con orientación norte y sur. Se encuentra en la Calle Violeta, con código postal 28109 en la ciudad de Alcobendas.

El emplazamiento tendrá unas coordenadas geográficas con una latitud de 40.53° y una longitud de -3.63° .



Figura 18. Imagen aérea de la vivienda.

En la zona de cubierta útil para un sistema de placas solares, escogiendo el lado del tejado que tiene orientación sur, se encuentran dos zonas con dos inclinaciones distintas, como se observa en la Figura 19.



Figura 19. Vista del tejado disponible para la instalación.

La primera zona se encuentra en una cubierta con una inclinación de 15° , que cierra la primera planta de la vivienda. En el anexo Planos se pueden observar planos de la vivienda previa instalación de la cubierta, que cubre lo que se puede ver en la primera planta como una terraza abierta.

Teniendo en cuenta las dimensiones de la primera planta, la planta bajo cubierta y la inclinación de 15° , se calcula que esta posible zona de emplazamiento tiene una superficie de 18.48 m^2 .

Existe una segunda zona posible de emplazamiento que se observa en la Figura 19, la cual se encuentra con 45° de inclinación. Debido a esto, teniendo en cuenta que el ángulo óptimo para la latitud a la que se encuentra la vivienda y las dificultades que suponen para el emplazamiento las ventanas que se encuentran en este segundo tramo, se escoge realizar la instalación y sus cálculos sobre la superficie de 15° mencionada anteriormente.

4.2 CONSIDERACIONES

4.2.1 DEMANDA

Una vez estudiada la zona de emplazamiento, y para continuar con la selección de elementos necesarios para la instalación, se procede a hacer un análisis de la demanda de la vivienda.

De esta manera, y con ayuda de la herramienta Excel detallada anteriormente, se procederá a investigar las combinaciones posibles de módulos e inversores que consigan un 75% de ahorro de la demanda actual de la vivienda.

Existen distintos tramos de consumo en función de tres periodos definidos, que se explicarán a continuación.

Periodo Punta: Días laborales de 10 a 14h y de 18 a 22h.

Periodo Llano: Laborables de 8 a 10h, de 14 a 18h y de 22 a 24h.

Periodo Valle: Días Laborables de 0 a 8h y fines de semana y festivos nacionales todo el día.

Existe una legislación específica con clarificaciones para este último periodo por el cual se especifica que se excluyen festivos sustituibles como los que no tienen fecha fija. Si se aplica el Periodo Valle, durante las 24 horas, en las fechas: 1 de enero, 6 de enero, 1 de mayo, 15 de agosto, 12 de octubre, 1 de noviembre, 6 de diciembre, 8 de diciembre y 25 de diciembre.

En la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 se muestran los datos recogidos de demanda en función de las facturas de consumo eléctrico de la vivienda.

Con los datos expuestos en las tablas se recogen los datos más importantes que son un consumo total anual de 3700 kWh y un coste total anual de 847.37 €. Este precio total tiene incluido el precio de la potencia contratada, posibles descuentos, impuestos y la energía.

Teniendo en cuenta la meta de ahorro del 75% de la energía, buscamos una instalación con un consumo total anual de 2775 kWh, preferiblemente sería encontrar una opción viable con un valor mayor en vez de menor.

	Consumo [kWh]											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Punta	98	213	151	40	37	44	44	41	48	33	57	68
Llano	101	220	163	46	44	52	48	53	54	40	62	88
Valle	222	488	354	68	73	71	72	92	85	68	75	186
Total	421	921	668	154	154	167	164	186	187	141	194	342

Tabla 3: Consumo de la vivienda por meses y periodos. Creación propia.

	Potencia Máxima Demandada [kW]											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Punta	4.22	4.84	4.67	2.19	3.15	3.35	3.39	2.48	2.94	2.88	3.69	3.58
Valle	2.86	4.46	2.54	1.34	1.59	1.48	1.61	1.58	1.52	1.63	2.67	2.33

Tabla 4: Potencia Máxima Demandada por meses y periodos. Creación propia.

	Coste total por meses [€]											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	97.21	186.63	139.84	49.88	47.20	56.99	54.79	55.86	59.88	44.40	54.69	85.79
Total [€]								847.37				

Tabla 5: Coste total de las facturas por meses. Creación Propia.

4.2.2 SELECCIÓN

Dados los parámetros mencionados anteriormente el siguiente paso sería buscar las combinaciones de paneles, conexiones e inversores que cumplan los requisitos mínimos expuestos. No obstante, debido a que la lista total de componentes es extensa, se deben seleccionar criterios para reducir las opciones.

Debido al tamaño disponible para la instalación, se priorizará la potencia de los paneles solares. De esta manera, se conseguirá una instalación con mayor capacidad de producción en menos espacio.

Utilizando los filtros de las tablas de Excel se reducen, según potencia, los módulos a utilizar para las posibles combinaciones que puedan brindar una solución apta. En la Tabla 6 se muestran los módulos reducidos tras los criterios seleccionados.

MÓDULO	Potencia	Ancho	Alto	Fabricante	Tipo	Célula	Material
SR-72M550HLPro	550	1.133	2.278	SUNRISE	AQUAMAN		Monocristalino
JKM540M-7TL4-V	540	1.134	2.230	JINKO SOLAR	TIGER PRO		Monocristalino
SLK60P6L (230)	230	0.990	1.640	SILIKEN	SILIKEN	6" (156x156)	Policristalino
REC SCM-225	225	0.991	1.665	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino
REC SCM-230	230	0.991	1.665	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino
REC Premium-225	225	0.991	1.665	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino
REC Premium-230	230	0.991	1.665	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino
REC Premium-235	235	0.991	1.665	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino
SUNTECH S24-260	260	0.992	1.956	SUNTECH	STP-260S-24Vb		
MULTISOL 200-P5S+	230	1.075	1.600	SCHEUTEN	SCHEUTEN	5" (125x125)	Policristalino

Tabla 6: Módulos disponibles según criterios.

Las combinaciones posibles con una producción mayor de 2775 kWh y una superficie máxima de 18 m² se muestran en la Tabla 7.

Módulo	Inversor	Módulos	Paralelo	Serie	Superficie [m ²]	Producción [kWh]
SR-72M550HLPro	SOLETE 2500 GS	5	1	1	13	3,745
	IG-30	5	1	1	13	3,745
	IG-40	7	1	1	18	5,243
	INGECON SUN 2,5	5	1	1	13	3,745
SLK60P6L (230)	IG-20	9	1	1	15	2,819
	SUNNY BOY 2500	11	1	1	18	3,446
REC SCM-225	SUNNY BOY 2500	9	1	1	15	3,371
REC SCM-230	IG-20	9	1	1	15	2,819
REC Premium-225	SUNNY BOY 2500	11	1	1	18	3,371
REC Premium-230	IG-20	9	1	1	15	2,819
	SUNNY BOY 2500	11	1	1	18	3,446
REC Premium-235	IG-20	9	1	1	15	2,880
	SUNNY BOY 2500	11	1	1	18	3,520
SUNTECH S24-260	IG-20	8	1	1	16	2,833

Tabla 7: Combinaciones posibles bajo requisitos.

A continuación, se analizarán las eficiencias tanto de los inversores como de los módulos según sus fichas técnicas. La eficiencia de la placa solar se calculará con la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{G * Area} = \frac{P_{mp}}{G * Area}$$

Siendo la eficiencia la división de la potencia máxima del módulo entre su área y el valor de irradiancia incidente en Condiciones Estándar de Medida, que tiene un valor de $G = 1000 \text{ W/m}^2$. Las fichas técnicas utilizadas para obtener información necesaria para estos cálculos se muestran en el ANEXOS.

Según los resultados, la decisión clara será la elección del módulo **SR-72M550HLPro**. Según los requisitos de instalación establecidos y el análisis llevado a cabo, se sabe que existen cuatro tipos de inversores posibles a utilizar con este módulo para conseguir los resultados deseados, por ello se procede al análisis del rendimiento de los inversores para facilitar su elección, mediante sus fichas técnicas mostradas en el ANEXOS.

Módulo	Potencia	Ancho	Alto	Eficiencia (%)
SR-72M550HLPro	550	1.133	2.278	21.31
SLK60P6L (230)	230	0.990	1.640	14.17
REC SCM-225	225	0.991	1.665	13.64
REC SCM-230	230	0.991	1.665	13.94
REC Premium-225	225	0.991	1.665	13.64
REC Premium-230	230	0.991	1.665	13.94
REC Premium-235	235	0.991	1.665	14.24
SUNTECH S24-260	260	0.992	1.956	13.40

Tabla 8: Eficiencia de los módulos.

Teniendo en cuenta los rendimientos y las características de las distintas instalaciones se opta por el inversor INGECON SUN 2,5. Con un rendimiento claramente superior, podría competir con el IG-40 debido a la producción generada por la combinación. No obstante, la superficie de la instalación roza los límites establecidos y resultaría en una instalación probablemente más cara debido a la necesidad de más módulos. Por ello la decisión final establece una instalación con el módulo solar **SR-72M550HLPro** y el inversor **INGECON SUN 2.5**.

4.3 INSTALACIÓN

La solución adoptada finalmente es el uso del módulo solar **SR-72M550HLPro** y el inversor **INGECON SUN 2.5**. La disposición constará de 5 módulos, 1 paralelo, 1 serie y 1 inversor.

Teniendo en cuenta que los requisitos son:

- Producción alrededor del 75% de la demanda anual, aproximadamente 2775 kWh.
- Superficie inferior a 18.48 m².

Debida a la irradiancia de la zona geográfica del emplazamiento, y a la diferencia de consumo entre las estaciones, el consumo y la producción encuentran el equilibrio en el balance neto anual.

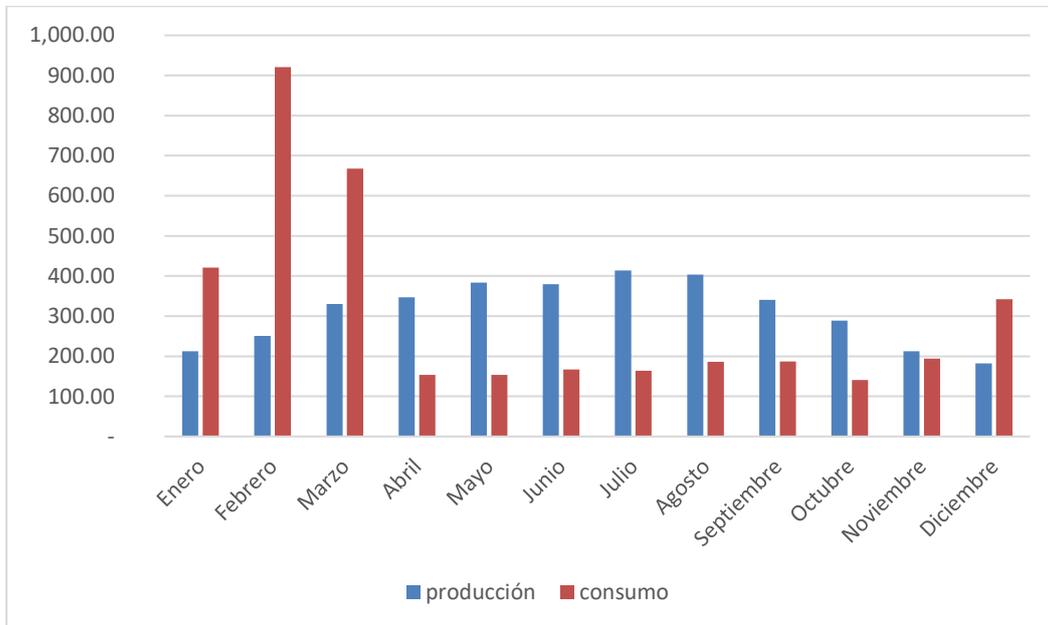


Figura 20: Producción de instalación y consumo de la vivienda. Creación propia.

Al ser un emplazamiento no industrial se complica una instalación con un número reducido de módulos debido a los componentes. Al reducir el número de componentes surgen dificultades sobre todo con el ratio entre la potencia pico y la potencia instalada. Para evitar estos problemas y conseguir por lo menos la demanda deseada se realiza la instalación comentada.

Esta producción generará en ocasiones un excedente debido a la combinación de bajo consumo y alta generación debido a las condiciones meteorológicas. Aun así, y debido al sistema implementado de vertido a la red, se compensarán estas diferencias a lo largo del año con otros periodos de mayor consumo con menor producción.

ESTIMACION PRODUCCION

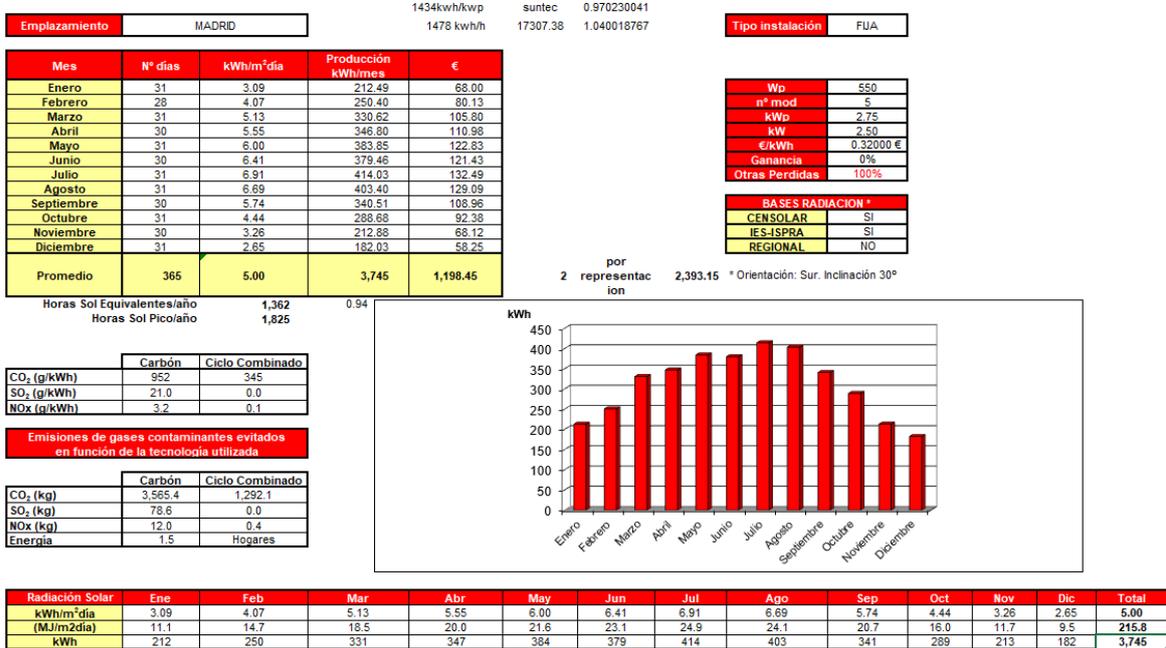


Tabla 9: Datos de instalación resultante.

4.3.1 SOPORTES

Para mayor seguridad e integridad de la instalación se añadirán soportes a los módulos solares. Existen distintos tipos de soportes en función del material de la cubierta a la que se adhieren y de su inclinación o falta de. En el caso de estudio se trata de una superficie con inclinación de tejas curvas. Por lo tanto, dentro de los tipos de soporte para cubiertas inclinadas se diferencian dos tipos, los soportes coplanares y los de huerto solar.

Los soportes coplanares son ideales para proporcionar seguridad y facilitar la instalación, además de ayudar a la estética de la cubierta. Los soportes de huerto solar, además de lo mencionado, aportan una inclinación variable y flexibilidad en el caso de tratarse de cubiertas no comunes. Además, esta inclinación variable, que separaría las placas de su superficie de sujeción, aumenta el rendimiento energético de las mismas.

Teniendo en cuenta estas características, y dado que la instalación utilizada es de menor escala y no requiere varias filas de paneles, se optará por la opción más sencilla que son los soportes coplanares. Abaratando de esta manera el coste total y aun así añadiendo seguridad.

La estructura escogida está diseñada para soportar placas solares universales y son adaptables mientras se encuentren dentro de las medidas de 2279 x 1150 (35 a 50 mm), casuística que se cumple con los elementos escogidos.

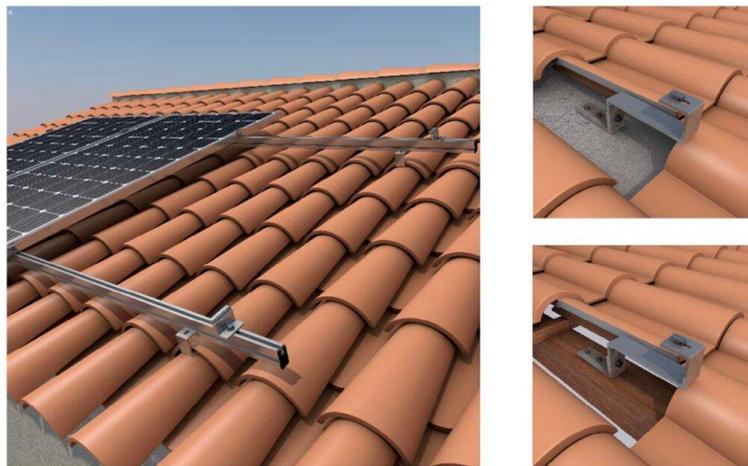


Figura 21: Soporte coplanar para teja curva. Teknosolar.

4.3.2 PROTECCIONES

Para la correcta viabilidad del proyecto la instalación debe contar con los sistemas de protecciones necesarios estipulados bajo el Real Decreto 1663/2000, artículos 11 y 12.[25]

Según el artículo 11 la instalación debe estar prevista con:

- Interruptor general manual: Interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora. La cual tendrá acceso a él en todo momento.
- Interruptor automático diferencial: Para la protección de personas en caso de derivación de algún elemento del circuito en corriente continua.

- Interruptor automático de interconexión: Como elemento de desconexión-conexión automática en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red.
- Protección de frecuencia: Para la interconexión se debe asegurar protección de la máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente). Esta protección vendrá prevista en el inversor, al ser el elemento que sincroniza la instalación con la red.

Según el artículo 12 las condiciones de puesta a tierra son las siguientes:

- Se debe asegurar que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución, ni que se alteren las condiciones existentes de puesta a tierra por la red de distribución.
- Debe existir una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y la instalación.

4.3.3 PÉRDIDAS

Los datos de generación mostrados en la Figura 20 suponen una instalación ideal con un perfecto funcionamiento de los componentes y las condiciones meteorológicas, a continuación, se llevarán a cabo los cálculos de pérdidas que ocurren en las instalaciones solares. Estas pérdidas pueden ocurrir por orientación en inclinación, temperatura, suciedad, potencia nominal, rendimiento del inversor, sombras y cableado.

4.3.3.1 Pérdidas por orientación e inclinación

Para la disposición de los módulos existen dos ángulos importantes que tener en cuenta:

Ángulo de inclinación β : Es el ángulo entre la superficie de los módulos con el plano horizontal. Siendo un valor de 0° la disposición del módulo en horizontal y un valor de 90° cuando se encuentren en vertical.

Ángulo de azimut α : Es el ángulo entre el meridiano del lugar y la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo. Cuando su valor es de 0° implica que el módulo está orientado al sur, un valor de 90° sería una orientación oeste.

La orientación ideal es la sur, con un valor de $\alpha = 0$. La inclinación ideal, dato aportado y mencionado anteriormente, es de $\beta \approx 30^\circ$. Para evitar coste adicional de soportes que modifiquen la inclinación de la instalación, se calculará la instalación con la inclinación actual del tejado de 15° .

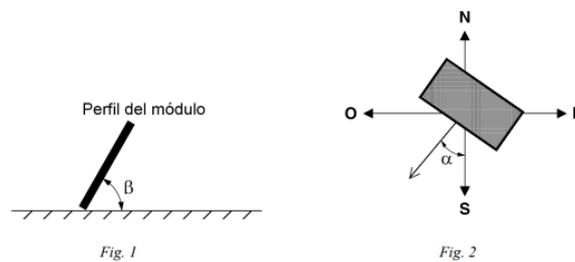


Figura 22: Ángulos de orientación e inclinación de los módulos solares.

A continuación, se utiliza el método propuesto por el IDAE para el cálculo de pérdidas por orientación e inclinación el cual utiliza la Figura 23. El diagrama es específico para latitudes de 41° , que es el caso objeto de estudio. Si no fuera ese el valor de la latitud de la ubicación, se necesitaría una corrección para hallar los valores deseados. [26]

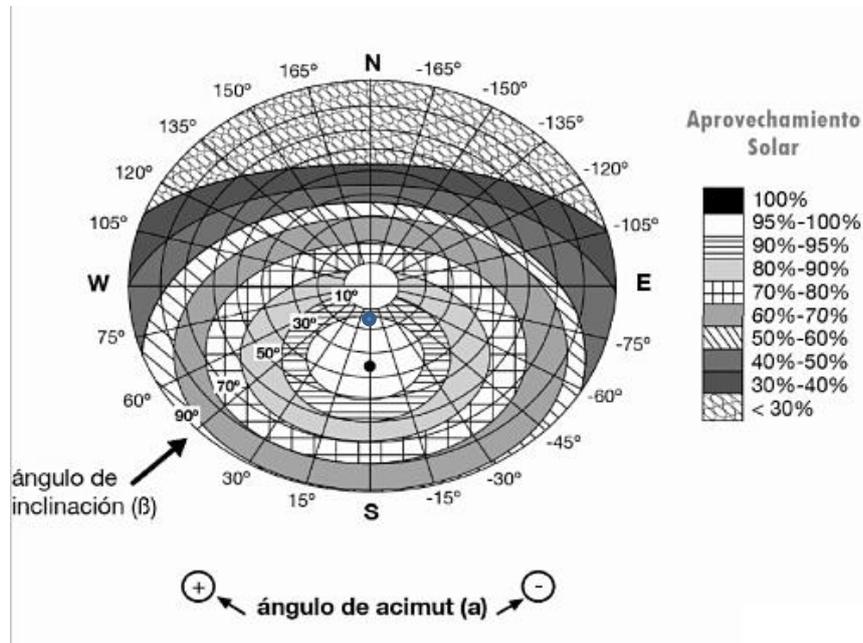


Figura 23: Diagrama para el cálculo de pérdidas.

Los radios representan el ángulo de azimut, mientras que los círculos concéntricos representan la inclinación. Situando el resultado en una intersección entre estos dos elementos se encuentra una zona sombreada, dicho tipo de sombreado se cotejará con la leyenda vertical en el lado derecho.

Teniendo en cuenta el diagrama y los valores de $\alpha = 0$, $\beta = 15^\circ$, no encontramos en el borde entre la zona blanca y la zona con rayas horizontales. Por lo que podríamos asumir que el resultado es del 95% de aprovechamiento solar, es decir un **5%** de pérdidas por inclinación y orientación.

4.3.3.2 Pérdidas por temperatura

El calor disminuye la producción del módulo solar. Esa pérdida se calcula a continuación.
[27]

Primero se debe tener en cuenta el incremento de temperatura respecto a las condiciones estándar de funcionamiento el panel. Siendo I la potencia en W/m^2 que produce el sol,

$$\Delta t = 0.034 * I - 4$$

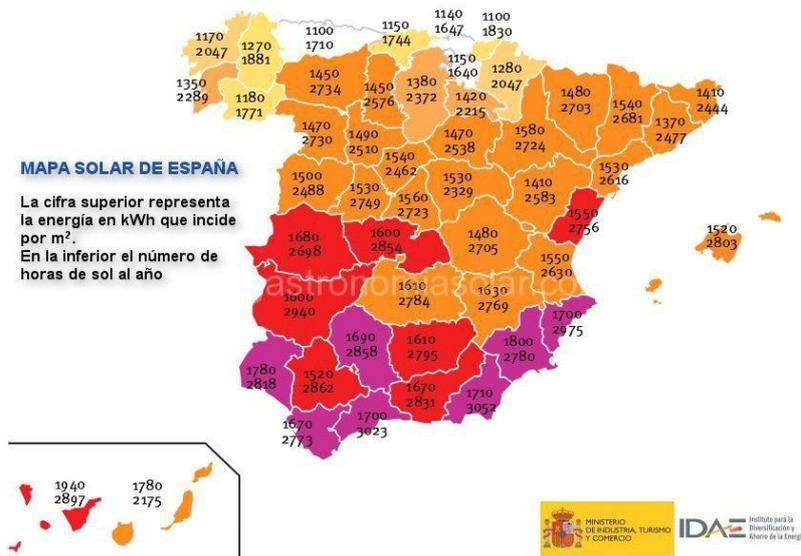


Figura 24: Mapa solar de España. IDAE.

Teniendo en cuenta la Figura 24, se realiza el cálculo de I en Madrid como:

$$I = \frac{\text{energía incidente } \left[\frac{kWh}{m^2}\right]}{\text{horas de sol al año } [h]} = \frac{1560}{2723} = 0.573 \left[\frac{kW}{m^2}\right]$$

Volviendo a la ecuación de incremento de temperatura.

$$\Delta t = 0.034 * 0.573 * 10^3 - 4 = 15.482$$

Ahora se debe tener en cuenta el coeficiente de temperatura del módulo escogido para realizar el siguiente cálculo

$$\text{pérdidas} = \text{Coef } T^a * (\Delta t + T_{med} - T_{amb})$$

El incremento de temperatura ya he sido calculado, la temperatura media anual en Madrid se calcula con los datos de temperatura proporcionados en el [ANEXO I] y tiene un valor de $T_{med} = 15.3$ y la temperatura de referencia es de $T_{amb} = 20^\circ$.

$$\text{pérdidas} = -0.282\% * (15.482 + 15.3 - 20) = -3.04\%$$

Es decir, que existen unas pérdidas por temperatura del 3.04% que se redondearán a **3.1%**.

4.3.3.3 Pérdidas por suciedad

La pérdida energética en paneles solares debido a la suciedad se puede presenciar de dos maneras. La primera sería debido a polvo y polución habitual, pero también se podría dar que exista suciedad localizada en pequeñas áreas de los paneles que tengan pérdidas parecidas al sombreado de la placa. La suciedad en general además se ve aumentada dependiendo del conexionado de los paneles.

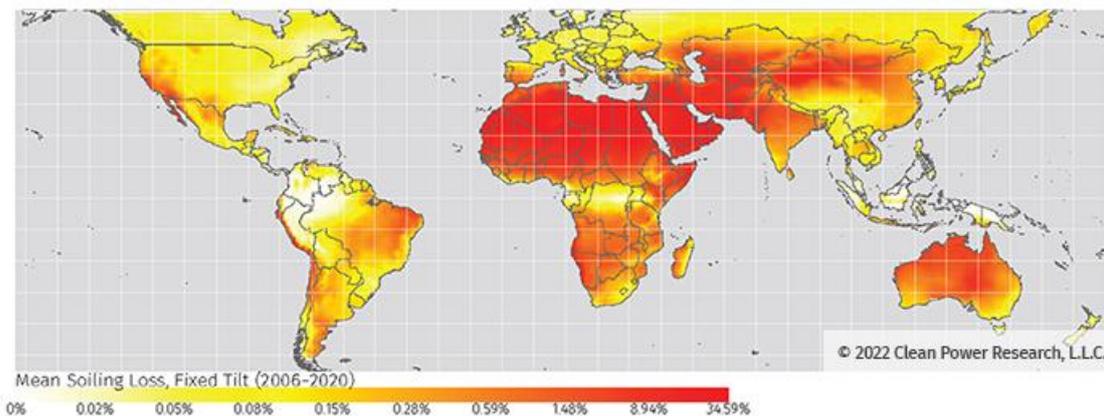


Figura 25: Mapa global de pérdidas por suciedad basado en datos de SolarAnywhere y el modelo de suciedad HSU.

Según la Figura 25 se estiman unas pérdidas del **1.5%** por suciedad.

4.3.3.4 Pérdidas por potencia nominal

Debido a desperfectos en la fabricación de los módulos, existe un rango de tolerancia de la Potencia Nominal designada para cada módulo solar. Según la ficha técnica del módulo SR-72M550HLPro que se encuentra en el ANEXO se observa que el rango de tolerancia es de 5W, sobre la potencia nominal de 550 W esto implica un a tolerancia del 0.9%.

Por ello se suponen unas pérdidas acumuladas por sombreado del **4.5%**.

4.3.3.5 Pérdidas por rendimiento del inversor

Al escoger el inversor se tuvo en cuenta el rendimiento de este, ya que afecta al rendimiento general de la instalación completa. Dado que según la ficha técnica mostrada en ANEXOS el inversor posee un rendimiento del 97.6%, se supondrán unas pérdidas por el inversor de **2.4%**.

4.3.3.6 Pérdidas por sombras

El cálculo de pérdidas por sombras es un tanto complejo y requiere realizar un perfil de obstáculos mediante el uso de herramientas, como por ejemplo un teodolito. Por ello, se realizará una aproximación de las pérdidas por sombra teniendo en cuenta los alrededores del edificio objeto de estudio y su orientación, teniendo en cuenta proyectos similares al realizado.

Las perdidas por sombreado serán de un **2.5%**.

4.3.3.7 Pérdidas por cableado

En el cableado de las instalaciones ocurren pérdidas debido a la naturaleza de los elementos utilizados.

En las secciones de corriente continua ocurren pérdidas por efecto Joule, las cuales dependen del calibre de los cables y de la longitud de los cables empleados. Las secciones de corriente alterna también sufrirán pérdidas debido al calentamiento y a la distancia.

Al ser una instalación de menor escala y con distancias de cableado corto se supondrá una pérdida por cableado del **0.5%**.

4.3.3.8 Pérdidas totales

Teniendo en cuenta las secciones anteriores se calcularán las pérdidas acumuladas debido a los distintos fenómenos comentados.

$$Pérdidas Totales = 5 + 3.1 + 1.5 + 4.5 + 2.4 + 2.5 + 0.5 = 19.5$$

Lo que implica un rendimiento de la instalación del $\eta = 80.5\%$.

Con ello la producción ideal calculada anteriormente se reduce a 3014.725 kWh, se manera que aún se cubre más del 75% de la demanda, como se buscaba.

Capítulo 5. ESTUDIO ECONÓMICO

Para completar el trabajo desarrollado es necesario realizar un estudio de la viabilidad económica del proyecto propuesto, el cual se desarrollará a continuación.

5.1 BALANCE ECONÓMICO

5.1.1 COSTES

5.1.1.1 Elementos e Instalación

En la **Error! Reference source not found.** se detallan el coste de los elementos requeridos para la instalación doméstica de placas solares. Además, para garantizar un correcto funcionamiento de la instalación es recomendable que esta la realice un profesional. Este tamaño de obra suele tener un coste que ronda los 600 a 1200 euros. Por la naturaleza de la obra se estimará un precio de **700 €**.

Elemento	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Precio Total [€]
Módulo Solar	238.06	Ud.	5	1,190.30
Inversor	915.00	Ud.	1	915.00
Soportes	310.00	Ud.	1	310.00
Contador Bidireccional	64.99	Ud.	1	64.99
Instalación	700.00	Ud.	1	700.00
Int. Magnetotérmico	7.32	Ud.	1	7.32
Fusibles	1.85	Ud.	8	14.80
Int. diferencial AC	23.58	Ud.	1	23.58
Cableado	1.10	m	22	24.20
Total				3,225.99

Tabla 10: Desglose de coste de elementos e instalación.

Otro aspecto fundamental del presupuesto son las protecciones necesarias. Estas deben incluir fusibles de corriente continua, un interruptor magnetotérmico y un diferencial de

corriente alterna. Además del correspondiente cableado desde las placas hasta el actual cuadro eléctrico.

El interruptor magnetotérmico escogido será de dos polos y 16 A, suficiente para la instalación a realizar, fabricado por el proveedor LS Electric (LG) con código de referencia BKJ63N 2P C16A. Se escogerán también ocho fusibles de corriente continua con corriente de 16 A fabricados por la marca Schelinger. Y por último se seleccionará un interruptor diferencial de 16 A con conexión DIN de la marca Eaton.

5.1.1.2 Legalización

Para la instalación de las placas solares se precisará de una licencia de obra como uno de los permisos básicos. Este trámite necesita el pago de la tasa correspondiente que será el Impuesto de Construcción y Obras (ICIO). Se trata de un impuesto indirecto regulado por el Real Decreto Legislativo 2/2004. El impuesto se graba un 4% del coste real y efectivo de la obra.

Total bruto	-	3,225.99
Impuestos	0.04	129.04
Total neto		3,355.03

Tabla 11: Cálculo de costes tras impuestos.

5.1.1.3 Mantenimiento

Dentro del ciclo de vida de 20-25 años de un panel solar es recomendable la limpieza y mantenimiento de las placas solares. Para garantizar un correcto y eficiente funcionamiento de las placas, se realizará un mantenimiento anual de las placas contratando una empresa externa que realice, con personal cualificado, esta revisión.

El precio anual de esta revisión, siendo el rango de 120 a 170 euros, se estimará en **150 €**.

5.1.1.4 Retirada

Tras la vida útil del conjunto de la instalación, que finalizará con el ciclo de vida de los módulos solares, se supondrá una retirada de la instalación. Se podría renovar la instalación

con módulos nuevos y teniendo en cuenta la degradación del inversor, pero para el caso supuesto se presentará la retirada de la instalación llevada a cabo por profesionales.

Esta retirada de los elementos estructurales y su posterior deshecho tiene un precio estimado de **400 €**.

5.1.2 GANANCIAS

5.1.2.1 Por consumo

El principal ahorro económico será debido al consumo reducido de electricidad en la vivienda, abaratando el coste anual de la factura según la producción conseguida con la instalación calculada.

Debido al funcionamiento de excedentes explicado según el decreto ley y por los precios ofertados por empresas distribuidoras se tienen en cuenta dos precios en cuanto al consumo y excedentes de la energía producida. Cuando la producción cubre el consumo, esa producción generará un ahorro igual al precio que se pague de electricidad. Cuando un periodo de facturación genere excedentes existirán dos ahorros distintos. Uno será debido a la energía consumida por la vivienda, lo que será un ahorro al precio de pago de la electricidad de la vivienda y se generará un ingreso adicional de la energía excedente a un precio marcado por la empresa distribuidora.

	Producción [kWh]	Consumo [kWh]	Exceso [kWh]	Ahorro Producción [€]	Ahorro Excedentes [€]
Enero	212.49	421.00	-208.51	40.80	-
Febrero	250.40	921.00	-670.60	48.08	-
Marzo	330.62	668.00	-337.38	63.48	-
Abril	346.80	154.00	192.80	29.57	20.24
Mayo	383.85	154.00	229.85	29.57	24.13
Junio	379.46	167.00	212.46	32.06	22.31
Julio	414.03	164.00	250.03	31.49	26.25
Agosto	403.40	186.00	217.40	35.71	22.83
Septiembre	340.51	187.00	153.51	35.90	16.12
Octubre	288.68	141.00	147.68	27.07	15.51
Noviembre	212.88	194.00	18.88	37.25	1.98
Diciembre	182.03	342.00	-159.97	34.95	-
Total	3745.15	3699.00		445.93	149.37

Tabla 12: Cálculo de ahorros.

Para los dos precios necesarios en el cálculo a realizar se utilizará una media ponderada por horas de los distintos periodos de facturación y una referencia para el precio de excedentes. Se tomará como valor final un precio de 0.192 €/kWh para el consumo energético y un precio de 0.105 €/kWh para el precio de la energía excedentaria. Con estos dos valores finales se procede al cálculo de ahorros según el consumo mensual comparado anteriormente y da un valor total de ahorro de **595.30 €**. [28]

Además, para tener en cuenta el ahorro a lo largo de la vida útil de los elementos eléctricos se tendrá en cuenta su degradación. Los paneles solares tienen una degradación media aproximada del 0,5% anual. Con este conocimiento se procede a calcular la producción y consecuente ahorro anual de la instalación.

Año	Degradación anual	Degradación acumulada	Producción [kWh]	Ahorro [€]
2024	0.00%	0%	3,014.72	595.30
2025	0.50%	0.50%	2,999.65	592.32
2026	0.50%	1.00%	2,984.57	589.35
2027	0.50%	1.50%	2,969.50	586.37
2028	0.50%	2.00%	2,954.43	583.39
2029	0.50%	2.50%	2,939.35	580.42
2030	0.50%	3.00%	2,924.28	577.44
2031	0.50%	3.50%	2,909.20	574.46
2032	0.50%	4.00%	2,894.13	571.49
2033	0.50%	4.50%	2,879.06	568.51
2034	0.50%	5.00%	2,863.98	565.54
2035	0.50%	5.50%	2,848.91	562.56
2036	0.50%	6.00%	2,833.84	559.58
2037	0.50%	6.50%	2,818.76	556.61
2038	0.50%	7.00%	2,803.69	553.63
2039	0.50%	7.50%	2,788.62	550.65
2040	0.50%	8.00%	2,773.54	547.68
2041	0.50%	8.50%	2,758.47	544.70
2042	0.50%	9.00%	2,743.40	541.72
2043	0.50%	9.50%	2,728.32	538.75
2044	0.50%	10.00%	2,713.25	535.77
2045	0.50%	10.50%	2,698.17	532.79
2046	0.50%	11.00%	2,683.10	529.82
2047	0.50%	11.50%	2,668.03	526.84
2048	0.50%	12.00%	2,652.95	523.86
2049	0.50%	12.50%	2,637.88	520.89

Tabla 13: Cálculo de producción y ahorro con degradación anual.

5.1.2.2 Deducción Tributaria

Bajo la normativa del Real Decreto-ley 19/2021, la Ley 10/2022 y el Real Decreto-ley 18/2022 se posibilita la deducción fiscal por obras de mejora de la eficiencia energética de las viviendas. Para el caso del proyecto realizado se especifica que se llevará a cabo una Deducción por obra para la mejora en el consumo de energía primaria no renovable.

El primer requisito que cumplir es que la vivienda de la instalación a realizar debe ser vivienda habitual o de titularidad, como es el caso. Además, la obra a realizar tiene derecho a deducción al reducir más de un 30% el indicador de consumo de energía primaria no renovable. Este segundo punto se podría sustituir por un informe de eficiencia energética del inmueble que resultara en una clase energética “A” o “B”. [29]

Para poder aplicar la deducción las obras se deberán llevar a cabo entre el 6 de octubre de 2021 hasta el 31 de diciembre de 2023. Aplicándose la deducción en el periodo impositivo en el que sea realice un certificado de eficiencia energética una vez finalizadas las obras.

En la Comunidad de Madrid existe la posibilidad de recibir subvenciones para proyectos de este calibre por importes de hasta un 20% de la obra. Esto supondría un ingreso adicional como proyecto de inversión a tener en cuenta si se llevase a cabo y aprobase el proceso para recibir dicha subvención.

5.2 INDICADORES

Para evaluar económicamente el proyecto a desarrollar se deben emplear herramientas financieras. En este caso se utilizarán dos indicadores de la viabilidad de proyectos de inversión que son el VAN y el TIR, desarrollados a continuación.

5.2.1 VAN

El Valor Actual Neto o VAN se utiliza para ver la posibilidad de beneficio real de una empresa, comparando los ingresos del proyecto con el dinero invertido. Utiliza un elemento conocido como la tasa de interés o tasa de corte, un valor estipulado por la persona que

realiza el estudio. Además, esta tasa se utiliza para actualizarse constantemente. Dado el caso de una instalación e inversión realizará por un particular, esta tasa reflejará la rentabilidad mínima esperada por el particular de este proyecto.

La fórmula del VAN es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde cada elemento mostrado es:

- F_t : Flujos de caja en cada periodo t .
- I_0 : inversión inicial.
- n : número de periodos del cálculo.
- k : tasa de descuento.

La fórmula se puede describir también como $VAN = BNA - Inversión$. Siendo el BNA el beneficio neto actualizado. Este valor, como se observa en la fórmula desarrollada, tiene en cuenta el descuento, o la tasa que reflejará la rentabilidad mínima.

Por lo tanto, si la tasa no se alcanza significará que el BNA será mayor y el VAN será negativo. En el caso de que sean iguales resultará en un VAN nulo, y cuando sea mayor el BNA se conseguirá un VAN positivo. El resultado deseado es un VAN positivo, ya que indica el cumplimiento de la tasa con un beneficio adicional.

5.2.2 TIR

La Tasa Interna de Retorno o TIR es la tasa de descuento de un proyecto que permite una inversión de valor mínimo igual al BNA. En otras palabras, se podría ver el TIR como un valor máximo de la tasa de descuento que conseguirá un proyecto viable.

El TIR se calculará con la siguiente fórmula:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

Donde cada elemento mostrado es:

- F_n : Flujo de caja en el periodo n.
- i: inversión inicial.
- n: número de periodos del cálculo.

Comparando con un parámetro designado 'r' que será el coste de oportunidad, se observa que, si la TIR es menor que r, el proyecto no se debe llevar a cabo. Por otro lado, si la TIR fuese mayor que r, el proyecto sí sería viable y podría ser aprobado. La casuística en la que la TIR es nula podría ser un caso en el que invertir, pero a nivel financiero no es un riesgo que se suela tomar.

5.2.3 CÁLCULOS DE INVERSIÓN.

Con los datos económicos mencionados en esta sección, así como el conocimiento adquirido de los indicadores financieros se procede a realizar un estudio de la inversión con los flujos de caja necesarios para comparar los indicadores financieros y analizar la viabilidad o no del proyecto que se desea realizar.

Los resultados según los cálculos realizados, utilizando una tasa de interés del 10%, para incluir posibles riesgos, son un **VAN de 410.83 €** y una **TIR de 12%**. Lo que implica que al ser el VAN positivo y superar la TIR el valor de la tasa impuesta el proyecto que se desea realizar es viable y recomendable de llevar a cabo.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17
Inversión Inicial	-3,355.03																	
Mantenimiento		-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00
Retirada																		
Ahorro anual		595.30	592.32	589.35	586.37	583.39	580.42	577.44	574.46	571.49	568.51	565.54	562.56	559.58	556.61	553.63	550.65	547.68
Total	-3,355.03	445.30	442.32	439.35	436.37	433.39	430.42	427.44	424.46	421.49	418.51	415.54	412.56	409.58	406.61	403.63	400.65	397.68

	Año 18	Año 19	Año 20	Año 21	Año 22	Año 23	Año 24	Año 25	Año 26
Inversión Inicial									
Mantenimiento	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	
Retirada									-400.00
Ahorro anual	544.70	541.72	538.75	535.77	532.79	529.82	526.84	523.86	-400.00
Total	394.70	391.72	388.75	385.77	382.79	379.82	376.84	373.86	-400.00

Tabla 14: Flujos de caja anuales.

Capítulo 6. SEGURIDAD Y SALUD

De acuerdo con la normativa vigente, expuesta en el Real Decreto 1627/1997 es obligatorio realizar un estudio de seguridad y salud si el presupuesto de la obra supera los 450 mil euros, la duración de la obra supere los 30 días y requiera en algún momento más de 20 trabajadores simultáneamente, o que la suma del número de días de trabajo total de los trabajadores supere el valor de 500. [30]

Debido a esto, para la instalación expuesta en el proyecto realizado no será necesario realizar un Estudio de Seguridad y Salud, no obstante, es importante tener en cuenta los riesgos que esta con lleva que se listarán a continuación

6.1 RIESGOS Y SOLUCIONES

En el primer apartado se listarán y detallarán brevemente los riesgos existentes en la instalación de los módulos solares, mientras que en el segundo se expondrán las soluciones a los problemas mostrados siguiendo el mismo orden.

6.1.1 RIESGOS

- Caídas desde altura. Debido a la estructura de emplazamiento de la instalación.
- Riesgo eléctrico, debido a descargas eléctricas.
- Riesgo de incendio, por la naturaleza eléctrica también sería posible un cortocircuito o mal funcionamiento.
- Manipulación de materiales y equipos pesados, debido a los elementos utilizados en la instalación.
- Exposición a sustancias peligrosas, dependerá de la utilización o no de ciertos elementos químicos para la sujeción o sellamiento de las placas solares.

6.1.2 SOLUCIONES

- Para caídas de altura se deben obtener equipos de producción individual (EPI), arneses de seguridad o líneas de vida.
- Para evitar el riesgo eléctrico se asegura el uso de equipos y cables adecuados, que la conexión de la instalación sea aislada y segura y contar con dispositivos de protección como interruptores diferenciales.
- Ante el riesgo de incendio es necesario tener extintores y, en el caso de interiores, sistemas de detección de humo. Además, se debería asegurar la correcta protección de los cables.
- Para la manipulación de materia pesada se deberán utilizar técnicas y equipos que se adecúen al peso que se deba movilizar, evitando así lesiones principalmente de espalda.
- Para el manejo de sustancias, si se diera el caso, sería necesario el correcto uso de ellas según las instrucciones que traigan además del uso de protección personal para la manipulación segura de productos químicos.

Para ello, y teniendo en cuenta la magnitud de la obra, la obra en si requerirá de líneas de vida, escaleras de acceso metálicas seguras y arneses de seguridad. Así mismo, los operarios deberán llevar botas de seguridad, guantes aislantes, cascos de seguridad y potenciómetros para comprobar la tensión. En caso de requerir elementos más complejos la instalación, se expandirá la lista de requisitos de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] International Energy Agency, “Energy Statistics Data Browser,” *Renewables and waste*, 2022. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Renewables%20and%20waste&indicator=RenewGenBySource> (accessed Apr. 10, 2023).
- [2] European Environment Agency, “Share of energy consumption from renewable sources in Europe (8th EAP),” Jul. 2023. <https://www.eea.europa.eu/ims/share-of-energy-consumption-from> (accessed Jul. 08, 2023).
- [3] J. Cantos Serrano, “Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas,” 2016. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EHDICwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=tipos+de+instalaciones+solares&ots=XQ1A8cw5H6&sig=2EuIeoPpeT0Pp7SdXDmA9qNl3v8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (accessed Jun. 08, 2023).
- [4] T. S. Gutiérrez Sepúlveda, “Análisis Comparativo entre Inversores y Microinversores para la Generación de Energía Solar Fotovoltaica,” Trabajo de fin de Máster, Universitat de Barcelona - Energías Renovables y Sostenibilidad Energética , Barcelona, 2022. Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/194049/1/TFM_Trinidad%20Guti%c3%a9rez.pdf
- [5] M. Pareja Aparicio, *Energía Solar Fotovoltaica*, 3^a. Barcelona: Marcombo, 2016.
- [6] R. G. Cuadrado, “Análisis del Impacto de la Crisis Energética en la Consecución del ODS 7 en España,” Trabajo de Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos, Madrid, 2022.

- [7] Agencia Internacional de la Energía, “Renewables Data Explorer – Data Tools - IEA,” Dec. 06, 2022. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer> (accessed May 05, 2023).
- [8] M. García Outón and A. Borrás, “Ucrania: un espacio energético estratégico en el continente europeo,” Dec. 05, 2022. <https://www.eleconomista.es/opinion/noticias/12065828/12/22/Ucrania-un-espacio-energetico-estrategico-en-el-continente-europeo.html> (accessed Apr. 10, 2023).
- [9] BBC News Mundo, “Rusia invade Ucrania: 4 claves para entender las sanciones sin precedentes impuestas por Occidente a Moscú - BBC News Mundo,” Feb. 28, 2022. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-60563590> (accessed Apr. 10, 2023).
- [10] R. Fernández, “Gas natural: precios Estados Unidos y Europa 1980-2024 | Statista,” May 22, 2023. <https://es.statista.com/estadisticas/598820/energia-precio-del-gas-natural-ee-uu-y-europa/#statisticContainer> (accessed Apr. 10, 2023).
- [11] Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, “Boletín Informativo del Mercado Mayorista y Aprovisionamiento de Gas,” Madrid, Apr. 2023.
- [12] Naciones Unidas, “Objetivos de Desarrollo Sostenible | Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo,” 2015. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals> (accessed May 05, 2023).
- [13] Parlamento Europeo and Consejo Europeo, “Directiva 2009/28/CE,” Apr. 2009.
- [14] E. Jiménez Macías, “Análisis económico, energético y ambiental del uso de la aerotermia,” Tesis Doctoral, Universidad de la Rioja, La Rioja, 2017. Accessed: May 10, 2023. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=122703>

- [15] J. Fernández, Iberdrola, and Haya Comunicación, “Energía de la Biomasa,” *Energías renovables para todos*, 2019. Accessed: May 10, 2023. [Online]. Available: <http://media1.webgarden.es/files/media1:4befe685c2de5.pdf.upl/E.Biomassa.pdf>
- [16] H. Ortiz Monroy and E. R. Quizamán Velasco, “Viviendas pasivas a favor del medio ambiente,” *Revista Arquitectura*, México, Jun. 2018. doi: 10.5377/arquitectura.v3i5.9183.
- [17] A. J. Lawson and Congressional Research Service, “Net Metering: In Brief,” Nov. 2019. Accessed: Jun. 08, 2023. [Online]. Available: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46010>
- [18] D. Sánchez Quiroga, “Sistema de Energía Solar Fotovoltaica Aislado para Vivienda Unifamiliar Aislada,” Trabajo de Fin de Grado, Universidad Carlos III - Ingeniería Eléctrica, Madrid, 2012.
- [19] R. González G., H. R. Jiménez G., J. Lagunas M., and Instituto de Ingeniería de España - IIE, “Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red,” Oct. 2003.
- [20] O. Noguera-Salas, J. E. Villareal-Padilla, and R. A. Alfonso Pinto-García, “La eficiencia de los nuevos materiales fotosensibles usados en la fabricación de paneles solares,” *ITECKNE*, vol. 15, no. 1, Jun. 2018.
- [21] F. Adler, M. Berardi, M. García Pedrosa, F. Monticelli, and M. Morquecho, “Energía Solar Fotovoltaica.” 2013. Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/instalaciones-industriales/material/autogeneracion/renovables/solar/energia%20solar%202013.pdf>
- [22] R. Ortiz Casas, “Análisis Comparativo de Inversores Fotovoltaicos de Conexión a Red de Diferentes Tecnologías,” Proyecto Fin de Carrera, Universidad Carlos III - Departamento de Tecnología Electrónica, Madrid, 2015. Accessed: Jun. 11, 2023. [Online]. Available: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/26452>

- [23] F. A. Hernández-Aguirre, V. A. Tánori-Ruíz, J. A. Orrante-Sakanassi, and M. G. Vázquez-Palma, “Medidor bidireccional trifásico interconectado a la red con monitoreo de la generación de energía eléctrica del conjunto panel-microinversor,” *Revista de Ingeniería Eléctrica*, pp. 21–32, Mar. 2019, doi: 10.35429/JEE.2019.8.3.21.32.
- [24] Ministerio Para la Transición Ecológica, *Real Decreto 244/2019*. España: Boletín Oficial del Estado, 2019. Accessed: Jun. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>
- [25] Ministerio de Economía, *Real Decreto 1663/2000*. España: BOE - Boletín Oficial del Estado, 2000. Accessed: Jul. 08, 2023. [Online]. Available: <https://boe.es/boe/dias/2000/09/30/pdfs/A33511-33515.pdf>
- [26] IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red,” Madrid, Jun. 2011. Accessed: Jul. 08, 2023. [Online]. Available: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf
- [27] J. Mateo, “El Efecto de la Temperatura en los Paneles Solares,” Nov. 30, 2021. <https://powen.es/temperatura/> (accessed Jun. 10, 2023).
- [28] Energías De Portugal, “Mejores Tarifas de Autoconsumo con Excedentes | EDP.” <https://www.edpenergia.es/es/hogares/energia-solar/tarifas-autoconsumo-con-excedentes/> (accessed Jul. 08, 2023).
- [29] Agencia Tributaria, “Deducciones por obras de mejora de la eficiencia energética de las viviendas.” <https://sede.agenciatributaria.gob.es/Sede/vivienda-otros-inmuebles/deducciones-obras-mejora-eficiencia-energetica-viviendas.html> (accessed Jul. 10, 2023).

- [30] Ministerio de la Presidencia, *Real Decreto 1927/1997 - BOE*. España: Agencia Estatal, 1997.

ANEXOS

Anexo I.A: Listado de módulos

MÓDULO	Potencia	I _{cc}	I _{pmp}	V _{oc}	V _{pmp}	V _{oc} (-10 °C)	Coef T ^a	Ancho	Alto	Profundo	Peso	TONC	Fabricante	Tipo	Célula	Material	CLASE II
GS-1651	165	10.14	9.48	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.969	1.310	0.0395	15.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-G-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-1611	161	9.81	9.25	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.969	1.310	0.0395	15.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-G-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-1601	160	9.81	9.19	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.969	1.310	0.0395	15.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-G-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-1551	155	9.81	8.91	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.969	1.310	0.0395	15.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-G-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-150	150	9.24	8.62	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.969	1.310	0.0395	15.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-G-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-1501 (5") 12V	150	8.90	8.70	21.60	17.30	24.50	-82.86	1.047	1.224	0.0395	17.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-5	5" (125x125)	Monocristalino	760
GS-1501 (5") 24V	150	4.45	4.35	43.20	34.60	49.00	165.71	1.047	1.224	0.0395	17.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-5	5" (125x125)	Monocristalino	760
I-150S (5") 12V	150	9.30	8.70	21.60	17.30	24.50	-82.86	1.047	1.224	0.0395	15.0	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON S-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
I-150S (5") 24V	150	4.70	4.35	43.20	34.60	49.00	165.71	1.047	1.224	0.0395	15.0	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON S-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
I-160S (5") 12V	160	10.20	9.20	21.90	17.60	24.80	-82.86	1.047	1.224	0.0395	15.0	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON S-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-150S (5") 12V	150	9.30	8.70	21.60	17.30	24.50	-82.86	1.047	1.224	0.0395	15.0	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON S-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-150S (5") 24V	150	4.70	4.35	43.20	34.60	48.49	151.20	1.047	1.224	0.0395	15.0	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON S-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-155S (5") 12V	155	9.30	8.95	21.60	17.30	24.50	-82.86	1.047	1.224	0.0395	15.0	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON S-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-155S (5") 24V	155	4.70	4.48	43.20	34.60	48.49	151.20	1.047	1.224	0.0395	15.0	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON S-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-160S 24V	160	5.00	4.61	43.20	34.70	48.49	151.20	1.047	1.224	0.0395	13.5	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-12/24	6" (156x156)	Monocristalino	760

Anexo I.B: Listado de módulos.

IS-170/24	170	5.18	4.82	44.20	35.30	50.00	-165.71	0.790	1.590	0.0395	14.4	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-12/25	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-120 (6") 12V	120	7.45	6.94	21.60	17.30	24.50	-82.86	0.662	1.515	0.0395	13.5	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-12/24	6" (156x156)	Monocristalino	760
IS-180 (6") 18V	180	7.45	6.94	32.40	25.90	36.75	-124.28	0.982	1.515	0.0395	16.8	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-18	6" (156x156)	Monocristalino	760
IS-150 (5") 12V	150	9.30	8.70	21.60	17.30	24.50	-82.86	0.790	1.590	0.0395	14.4	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-150 (5") 24V	150	4.70	4.35	43.20	34.60	49.00	-165.71	0.790	1.590	0.0395	14.4	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-155 (5") 12V	155	9.30	8.95	21.60	17.30	24.50	-82.86	0.790	1.590	0.0395	14.4	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-155 (5") 24V	155	4.70	4.48	43.20	34.60	49.00	-165.71	0.790	1.590	0.0395	14.4	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-12/24	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-200 (5") 32V	200	4.70	4.35	57.60	46.08	66.30	-248.58	1.047	1.590	0.0395	22.0	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-32	5" (125x125)	Monocristalino	760
IS-207 (5") 32V	207	4.70	4.49	57.60	46.08	66.30	-248.58	1.047	1.590	0.0395	22.0	47.00	ISOFOTON	ISOFOTON IS-32	5" (125x125)	Monocristalino	760
TE-2000 (170)	170	7.40	6.50	32.60	26.40	38.90	-180.00	0.994	1.507	0.0380	18.0	46.00	TOTAL ENERGIE	TOTAL	6" (156x156)	Policristalino	730
TE-2000 (180)	180	7.60	6.80	32.80	26.60	39.10	-180.00	0.994	1.507	0.0380	18.0	46.00	TOTAL ENERGIE	TOTAL	6" (156x156)	Policristalino	730
TE-2000 (190)	190	7.70	7.10	33.10	26.80	39.40	-180.00	0.994	1.507	0.0380	18.0	46.00	TOTAL ENERGIE	TOTAL	6" (156x156)	Policristalino	730
TE-2000 (200)	200	7.90	7.40	33.40	27.10	39.70	-180.00	0.994	1.507	0.0380	18.0	46.00	TOTAL ENERGIE	TOTAL	6" (156x156)	Policristalino	730
TE-2000 (210)	210	8.00	7.70	33.60	27.30	39.90	-180.00	0.994	1.507	0.0380	18.0	46.00	TOTAL ENERGIE	TOTAL	6" (156x156)	Policristalino	730
SR-72M550HLPPro	550	14.13	13.42	49.65	40.99	49.65	-0.282%	1.133	2.278	0.0350	28.0	46.00	SUNRISE	AQUAMAN		Monocristalino	1,000
JKM540M-7TL4-V	540	13.85	13.17	49.53	41.01	49.53	-0.28%	1.134	2.230	0.0350	28.8	46.00	JINKO SOLAR	TIGER PRO		Monocristalino	1,000
SLK60P6L (215)	215	7.80	7.26	36.60	29.60	41.05	-127.20	0.990	1.640	0.0500	19.0	46.00	SILIKEN	SILIKEN	6" (156x156)	Policristalino	748
SLK60P6L (218)	218	7.88	7.36	36.70	29.60	41.15	-127.20	0.990	1.640	0.0500	19.0	46.00	SILIKEN	SILIKEN	6" (156x156)	Policristalino	748
SLK60P6L (230)	230	8.24	7.62	37.20	30.20	41.65	-127.20	0.990	1.640	0.0500	19.0	46.00	SILIKEN	SILIKEN	6" (156x156)	Policristalino	748
REC SCM-205	205	7.93	7.33	36.09	28.08	39.73	-104.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC SCM-210	210	8.10	7.50	36.30	28.20	39.94	-104.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC SCM-215	215	8.20	7.60	36.40	28.30	40.04	-104.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC SCM-220	220	8.30	7.70	36.50	28.30	40.14	-104.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC SCM-225	225	8.50	7.90	36.70	28.40	40.34	-104.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC SCM-230	230	8.60	8.00	36.70	28.50	40.34	-104.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC Premium-210	210	8.10	7.50	36.10	28.00	40.34	-121.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC Premium-215	215	8.10	7.60	36.30	28.30	40.54	-121.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC Premium-220	220	8.20	7.70	36.60	28.70	40.84	-121.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC Premium-225	225	8.20	7.70	36.80	29.10	41.04	-121.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000

Anexo I.C: Listado de módulos.

REC Premium-230	230	8.30	7.80	37.10	29.40	41.34	-121.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
REC Premium-235	235	8.30	7.90	37.40	29.80	41.64	-121.00	0.991	1.665	0.0430	22.0	43.00	REC	REC	6" (156x156)	Policristalino	1,000
SUNTECH S24-260	260	8.04	7.43	44.30	35.00	48.33	-115.00	0.992	1.956	0.0500	23.0	48.00	SUNTECH	STP-260S-24Vb			1,000
SW 165-MONO	165	4.70	5.20	44.10	35.30	49.88	-165.00	0.810	1.610	0.0340	15.0	46.00	SOLARWORLD	SOLARWORLD	5" (125x125)	Monocristalino	1,000
SW 175-MONO	175	4.90	5.40	44.40	35.70	50.18	-165.00	0.810	1.610	0.0340	15.0	46.00	SOLARWORLD	SOLARWORLD	5" (125x125)	Monocristalino	1,000
SW 185-MONO	185	5.10	5.50	44.50	36.00	50.28	-165.00	0.810	1.610	0.0340	15.0	46.00	SOLARWORLD	SOLARWORLD	5" (125x125)	Monocristalino	1,000
SW 190-POLY	190	7.20	6.60	36.00	28.60	40.45	-127.00	1.001	1.675	0.0340	22.0	46.00	SOLARWORLD	SOLARWORLD	6" (156x156)	Policristalino	1,000
SW 200-POLY	200	7.60	7.00	36.20	28.60	40.65	-127.00	1.001	1.675	0.0340	22.0	46.00	SOLARWORLD	SOLARWORLD	6" (156x156)	Policristalino	1,000
SW 210-POLY	220	5.75	5.37	48.80	40.00	43.84	-79.80	1.001	1.675	0.0340	22.0	46.00	SOLARWORLD	SOLARWORLD	6" (156x156)	Policristalino	1,000
SW 220-POLY	220	8.00	7.40	36.60	29.80	41.05	-127.00	1.001	1.675	0.0340	22.0	46.00	SOLARWORLD	SOLARWORLD	6" (156x156)	Policristalino	1,000
ALEO S-16 (175)	175	8.10	7.38	30.20	23.70	33.69	-0.33%	0.830	1.660	0.0500	17.0	47.00	ALEO	ALEO	6" (156x156)	Policristalino	1,000
ALEO S-16 (180)	180	8.15	7.53	30.30	23.90	33.80	-0.33%	0.830	1.660	0.0500	17.0	47.00	ALEO	ALEO	6" (156x156)	Policristalino	1,000
ALEO S-16 (185)	185	8.20	7.68	30.50	24.10	34.02	-0.33%	0.830	1.660	0.0500	17.0	47.00	ALEO	ALEO	6" (156x156)	Policristalino	1,000
ALEO S-03 (150)	150	4.90	4.35	43.30	34.90	48.60	-0.35%	0.800	1.600	0.0500	16.0	47.00	ALEO	ALEO	5"(125x125)	Monocristalino	1,000
ALEO S-03 (155)	155	5.00	4.39	43.20	35.30	48.49	-0.35%	0.800	1.600	0.0500	16.0	47.00	ALEO	ALEO	5"(125x125)	Monocristalino	1,000
ALEO S-03 (160)	160	5.05	4.52	43.40	35.40	48.72	-0.35%	0.800	1.600	0.0500	16.0	47.00	ALEO	ALEO	5"(125x125)	Monocristalino	1,000
ALEO S-03 (165)	165	5.10	4.65	43.60	35.50	48.94	-0.35%	0.800	1.600	0.0500	16.0	47.00	ALEO	ALEO	5"(125x125)	Monocristalino	1,000
ALEO S-03 (170)	170	5.15	4.78	43.80	35.60	49.17	-0.35%	0.800	1.600	0.0500	16.0	47.00	ALEO	ALEO	5"(125x125)	Monocristalino	1,000
ALEO S-03 (175)	175	5.20	4.90	44.00	35.70	49.39	-0.35%	0.800	1.600	0.0500	16.0	47.00	ALEO	ALEO	5"(125x125)	Monocristalino	1,000
ALEO S-02 (160)	160	4.90	4.49	43.60	35.60	48.64	-0.33%	0.800	1.600	0.0500	16.0	46.00	ALEO	ALEO	5" (125x125)	Policristalino	1,000
ALEO S-02 (165)	165	5.05	4.63	43.70	35.60	48.75	-0.33%	0.800	1.600	0.0500	16.0	46.00	ALEO	ALEO	5" (125x125)	Policristalino	1,000
ALEO S-17 (170)	170	8.40	7.52	30.20	22.60	33.79	-0.34%	0.830	1.660	0.0500	17.0	47.00	ALEO	ALEO	6" (156x156)	Monocristalino	1,000
ALEO S-17 (175)	175	8.41	7.58	30.30	23.10	33.91	-0.34%	0.830	1.660	0.0500	17.0	47.00	ALEO	ALEO	6" (156x156)	Monocristalino	1,000
ALEO S-17 (180)	180	8.42	7.63	30.40	23.60	34.02	-0.34%	0.830	1.660	0.0500	17.0	47.00	ALEO	ALEO	6" (156x156)	Monocristalino	1,000
ALEO S-17 (185)	185	8.43	7.68	30.50	24.10	34.13	-0.34%	0.830	1.660	0.0500	17.0	47.00	ALEO	ALEO	6" (156x156)	Monocristalino	1,000
ALEO S-17 (190)	190	8.44	7.72	30.60	24.60	34.24	-0.34%	0.830	1.660	0.0500	17.0	47.00	ALEO	ALEO	6" (156x156)	Monocristalino	1,000
MIL-PV-160W-M01	160	4.90	4.50	44.00	36.00	49.78	-165.00	0.825	1.572	0.0480	17.0	47.00	MILLENIUM	MILLENIUM	5" (125x125)	Policristalino	??
ASE-160-GT-FT (150)	150	3.03	2.65	69.40	56.50	78.85	-270.00	1.070	1.282	0.0500	19.2	47.00	SCHOTT	SCHOTT	4" (100X100)	Policristalino	750
ASE-160-GT-FT (155)	155	3.08	2.73	69.60	56.70	79.05	-270.00	1.070	1.282	0.0500	19.2	47.00	SCHOTT	SCHOTT	4" (100X100)	Policristalino	750
ASE-160-GT-FT (163)	163	3.20	2.86	70.00	57.00	79.45	-270.00	1.070	1.282	0.0500	19.2	47.00	SCHOTT	SCHOTT	4" (100X100)	Policristalino	750

Anexo I.D: Listado de módulos.

ASE-160-GT-FT (169)	169	3.28	2.94	70.40	57.50	79.85	-270.00	1.070	1.282	0.0500	19.2	47.00	SCHOTT	SCHOTT	4" (100X100)	Policristalino	750
ASE-160-GT-FT (175)	175	3.34	3.02	71.00	58.00	80.45	-270.00	1.070	1.282	0.0500	19.2	47.00	SCHOTT	SCHOTT	4" (100X100)	Policristalino	750
MULTISOL 150A	150	4.97	4.49	42.40	33.40	47.30	-0.33%	0.810	1.594	0.0420	16.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	750
MULTISOL 150S	160	5.00	4.57	43.90	35.00	48.97	-0.33%	0.810	1.594	0.0420	16.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	750
MULTISOL 180A	185	7.81	7.25	32.30	25.50	36.14	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	750
MULTISOL 180S	195	8.28	7.67	32.60	25.50	36.48	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	750
MULTISOL P6-54 (180)	180	7.75	7.16	32.20	25.20	36.03	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	1,000
MULTISOL P6-54 (185)	185	7.87	7.29	32.40	25.40	36.26	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	1,000
MULTISOL P6-54 (190)	190	7.98	7.43	32.60	25.50	36.48	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	1,000
MULTISOL P6-54 (195)	195	8.10	7.57	32.80	25.70	36.70	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	1,000
MULTISOL P6-54 (200)	200	8.22	7.71	33.00	25.90	36.93	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	1,000
MULTISOL P6-54 (205)	205	8.33	7.85	33.10	26.10	37.04	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	1,000
MULTISOL 150-P5A	150	4.97	4.49	42.40	33.40	47.30	-0.33%	0.810	1.594	0.0420	16.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	5" (125x125)	Policristalino	1,000
MULTISOL 150-P5S	160	5.00	4.57	43.90	35.00	48.97	-0.33%	0.810	1.594	0.0420	16.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	5" (125x125)	Policristalino	1,000
MULTISOL 180-P6A	185	7.81	7.25	32.30	25.50	36.14	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	1,000
MULTISOL 180-P6S	195	8.28	7.67	32.60	25.50	36.48	-0.34%	1.000	1.500	0.0420	20.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	6" (156x156)	Policristalino	1,000
MULTISOL 200-P5S	215	5.07	4.54	58.10	47.40	64.81	-0.33%	1.075	1.600	0.0420	22.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	5" (125x125)	Policristalino	1,000
MULTISOL 200-P5S+	230	5.14	4.84	58.80	47.50	65.59	-0.33%	1.075	1.600	0.0420	22.0	45.00	SCHEUTEN	SCHEUTEN	5" (125x125)	Policristalino	1,000
STM220 F	220	5.95	5.50	47.75	40.00	52.54	-136.80	0.798	1.559	0.0460	16.5	48.50	SUNTECHNICS	SUNTECHNICS	6" (156x156)	Monocristalino	1,000
BP3160Q	160	7.34	6.72	30.20	23.80	34.05	-110.00	0.790	1.592	0.0500	15.4	47.00	BP	BP	(150x150)	Policristalino	1,000
A-150	150	4.80	4.40	43.40	34.00	49.20	-165.71	0.814	1.618	0.0350	14.8	47.00	ATERSA	ATERSA	4" (103x103)	Monocristalino	760
FIRST SOLAR	65	1.14	1.01	91.00	64.00	100.24	-263.90	1.200	0.600	0.0680	11.4	45.00	FIRST SOLAR	FIRST SOLAR	-	Capa Fina	1,000
GS-1101	110	6.76	6.32	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.654	1.310	0.0395	11.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-M-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-1101/24	110	3.38	3.16	42.30	34.80	48.80	-185.71	0.654	1.310	0.0395	11.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-M-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-106	106	6.54	6.10	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.654	1.310	0.0395	11.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-M-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-106/24	106	3.27	3.05	43.20	34.80	49.70	-185.71	0.654	1.310	0.0395	11.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-M-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-1051	105	6.54	6.03	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.654	1.310	0.0395	11.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-M-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-1051/24	105	3.27	3.02	43.20	34.80	49.70	-185.71	0.654	1.310	0.0395	11.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-M-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-1001	105	8.10	7.51	16.99	14.01	18.39	-40.00	0.654	1.310	0.0395	11.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-M-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-1001/24	100	3.27	2.87	43.20	34.80	49.70	-185.71	0.654	1.310	0.0395	11.0	47.00	GAMESA SOLAR	GS-M-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-551	55	3.38	3.16	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.340	1.310	0.0395	5.5	47.00	GAMESA SOLAR	GS-P-4	4" (103x103)	Monocristalino	760
GS-501	50	3.27	2.87	21.60	17.40	24.40	-80.00	0.340	1.310	0.0395	5.5	47.00	GAMESA SOLAR	GS-P-4	4" (103x103)	Monocristalino	760

Anexo II: Listado de inversores.

MODELO	FABRICANTE	Potencia Nominal	Vpmp mínima	Vpmp máxima	V máx admitida	Potencia PV máx	I máx	V arranque	V parada
INVERSOR III 100 kW	ENERTRON	100,000	450	750	900	120,000	266.7	710.0	
INVERSOR III 85 kW	ENERTRON	85,000	450	750	900	100,000	222.2	710.0	
INVERSOR III 45 kW	ENERTRON	45,000	450	750	900	55,000	122.2	710.0	
INVERSOR III 30 kW	ENERTRON	30,000	450	750	900	37,000	82.2	710.0	
SOLETE 2500 ISOF	ENERTRON	2,500	300	525	650	3,100	10.3	350.0	
SOLETE 2500 GS	ENERTRON	2,500	190	350	490	3,100	16.3	200.0	
SOLETE 5000	ENERTRON	5,000	190	360	500	6,000	31.6	200.0	
IG-15	FRONIUS	550	45	125	155	700	2.3	45.0	
IG-20	FRONIUS	1,800	150	400	500	2,500	13.6	150.0	
IG-30	FRONIUS	2,500	150	400	500	3,500	18.0	150.0	
IG-40	FRONIUS	3,500	150	400	500	4,800	26.5	150.0	
IG-60	FRONIUS	4,600	150	400	500	6,100	33.0	150.0	
INGECON SUN 2,5	INGETEAM	2,500	125	450	450	3,500	16.0	125.0	
INGECON SUN 5	INGETEAM	5,000	125	450	450	7,000	33.0	125.0	
INGECON SUN 10	INGETEAM	10,000	230	500	600	12,500	45.8	230.0	
INGECON SUN 20	INGETEAM	20,000	420	750	900	25,000	55.0	420.0	
INGECON SUN 25	INGETEAM	25,000	420	750	900	31,250	68.0	420.0	
INGECON SUN 60	INGETEAM	60,000	405	750	900	66,000	172.0	420.0	
INGECON SUN 80	INGETEAM	80,000	450	750	900	100,000	204.0	450.0	
INGECON SUN 100	INGETEAM	100,000	450	750	900	125,000	255.0	450.0	
SUNNY BOY 700 (150V)	SMA	460	73	150	150	640	7.0	73.0	
SUNNY BOY 850	SMA	850	125	250	250	1,250	8.0	125.0	
SUNNY BOY 2500	SMA	2,200	224	600	600	3,450	12.0	224.0	
SINVERT 100 kW	SIEMENS	100,000	450	750	900	111,000	243.0		390.0
SINVERT 80 kW	SIEMENS	70,000	450	750	900	80,000	176.0		390.0
SINVERT 60 kW	SIEMENS	57,000	450	750	900	68,000	149.0		390.0
SINVERT 40 kW	SIEMENS	34,000	450	750	900	39,000	86.0		390.0
SINVERT 30 kW	SIEMENS	26,000	450	750	900	30,000	66.0		390.0
SINVERT 20 kW	SIEMENS	15,000	450	750	900	18,000	40.0		390.0
CICLO 6000	ATERSA	5,000	250	550	550	6,000	24.0	250.0	
CICLO 3000	ATERSA	2,500	250	550	550	3,200	12.8	250.0	
ALTAIR/SOLEIL 100	ATERSA	100,000	200	600	900	120,000	300.0	200.0	
POWER PV100	GREENPOWER	100,000	450	750	900	110,000	300.0	510.0	425.0
SOLARMAX 100C	SOLARMAX	100,000	430	800	900	130,000	225.0	430.0	
GT500	XANTREX	500,000	450	800	880	600,000	1,333.3	450.0	
GT100E	XANTREX	100,000	330	600	600	105,000	319.0	330.0	

Anexo II: Ficha técnica inversores FRONIUS IG

VISIÓN GENERAL DE LA FAMILIA FRONIUS IG.

FRONIUS IG. La serie fiable de convertidores fotovoltaicos.

La serie FRONIUS IG es potente, cómoda para el usuario y altamente fiable. Los diferentes tipos de convertidores se pueden combinar como se desee y se pueden equipar, de forma ilimitada, en instalaciones de todos los tamaños. El control del procesador perfeccionado, en combinación con el potente transformador de alta frecuencia, consiguen, con todo tipo de módulos, la máxima generación de energía.

FRONIUS IG 60. El grupo de energía.

Más rendimiento gracias a la división del trabajo. La combinación de dos etapas de potencia en el concepto MIX™ es el procedimiento Master/Slave optimizado. En el área de carga parcial, trabaja sólo una de las dos etapas, a plena carga, trabajan las dos a la vez. Las ventajas para Ud. son: aumento perceptible del rendimiento con reducción simultánea de las horas de servicio.

FRONIUS IG Outdoors. El convertidor resistente a la intemperie.

FRONIUS IG Outdoors se ha diseñado especialmente para su uso en el exterior y está certificado con el tipo de protección IP45. De este modo, se asegura, por ejemplo, una circulación de aire permanente, que impide la acumulación de agua condensada. Del mismo modo, está protegido contra la entrada de cuerpos sólidos y chorros de agua. Los circuitos electrónicos están cubiertos por una capa de barniz que sirve de protección contra el polvo. Esta cubierta permite instalar los convertidores cerca del mar de manera fiable.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Por supuesto, cada FRONIUS IG cumple con todas las directivas y normativas necesarias en cada país. Encontrará información adicional y certificados en www.fronius.com, en Solar Electronics en "Downloads". Naturalmente, todos los FRONIUS IG llevan el distintivo **CE**.

DATOS TÉCNICOS	FRONIUS IG 15	20	30	40	60
Gama de tensión MPP	150 - 400 V	150 - 400 V	150 - 400 V	150 - 400 V	150 - 400 V
Tensión máx. de entrada (a 1000 W/m ² ; -10°C)	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V
Potencia del generador fotovoltaico	1300 - 2000 Wp	1800 - 2700 Wp	2500 - 3600 Wp	3500 - 5500 Wp	4600 - 6700 Wp
Potencia nominal de salida	1300 W	1800 W	2500 W	3500 W	5000 W
Potencia máx. de salida	1500 W	2000 W	2650 W	4100 W	5000 W
Rendimiento máx.	94,2 %	94,3 %	94,3 %	94,3 %	94,3 %
Rendimiento Euro	91,4 %	92,3 %	92,7 %	93,5 %	93,5 %
Tensión de red / frecuencia	230 V / 50 Hz				
Dimensiones (l x a x h)	366 x 344 x 220 mm (500 x 435 x 225 mm) 610 x 344 x 220 mm (733 x 435 x 225 mm)				
Peso	9 Kg (12 Kg)		16 Kg (20 Kg)		
Refrigeración	ventilación forzada regulada				
Variantes de la carcasa	carcasa interior de diseño; carcasa exterior opcional				
Gama de temperatura ambiente	-20 50 °C				

Anexo IV: Ficha técnica inversores INGECON SUN

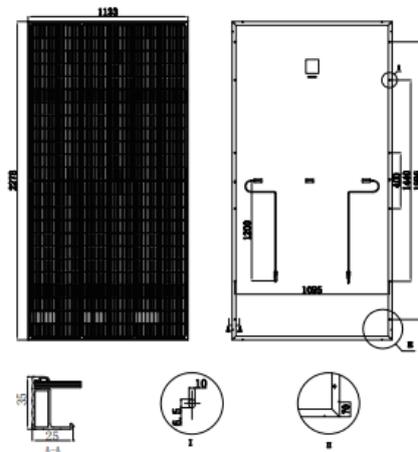
	2,5TL M	2,7TL M	3TL M	3,3TL M	3,68TL M	4,6TL M	5TL M	5,5TL M	6TL M
Valores de Entrada (DC)									
Rango pot. campo FV recomendado ²⁾	2,8 - 3,3 kWp	3 - 3,6 kWp	3,2 - 4 kWp	3,8 - 4,4 kWp	3,9 - 4,8 kWp	5,2 - 6 kWp	5,7 - 6,5 kWp	6 - 6,8 kWp	6,3 - 7 kWp
Rango de tensión MPP1 ²⁾	125 - 750 V	125 - 750 V	125 - 750 V	125 - 750 V	125 - 750 V	125 - 750 V	125 - 750 V	125 - 750 V	125 - 750 V
Rango de tensión MPP2 ²⁾ (3)	90 - 750 V	90 - 750 V	90 - 750 V	90 - 750 V	90 - 750 V	90 - 750 V	90 - 750 V	90 - 750 V	90 - 750 V
Tensión mínima para Pnom con entradas en paralelo	125 V	127 V	141 V	155 V	172 V	216 V	234 V	258 V	281 V
Tensión máxima ⁴⁾	850 V	850 V	850 V	850 V	850 V	850 V	850 V	850 V	850 V
Corriente máxima (Entrada 1 / Entrada 2)	11 / 11 A	11 / 11 A	11 / 11 A	11 / 11 A	11 / 11 A	11 / 11 A	11 / 11 A	11 / 11 A	11 / 11 A
Nº entradas (Entrada 1 / Entrada 2) ⁵⁾	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
MPPT	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Valores de Salida (AC)									
Potencia nominal	2,5 kW	2,7 kW	3 kW	3,3 kW	3,68 kW	4,6 kW	5 kW	5,5 kW	6 kW
Max. temperatura para potencia nominal ⁶⁾	60 °C	57 °C	55 °C	52 °C	50 °C	58 °C	55 °C	50 °C	45 °C
Corriente máxima	16 A	16 A	16 A	16 A	16 A	26,2 A	26,2 A	26,2 A	26,2 A
Tensión nominal	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
Rango de tensión	122 - 265 V	122 - 265 V	122 - 265 V	122 - 265 V	122 - 265 V	122 - 265 V	122 - 265 V	122 - 265 V	122 - 265 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Coseno Phi	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coseno Phi ajustable	Si. Smáx=2,5 kVA	Si. Smáx=2,7 kVA	Si. Smáx=3 kVA	Si. Smáx=3,3 kVA	Si. Smáx=3,68 kVA	Si. Smáx=4,6 kVA	Si. Smáx=5 kVA	Si. Smáx=5,5 kVA	Si. Smáx=6 kVA
THD	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
Rendimiento									
Eficiencia máxima	97,6%	97,6%	97,7%	97,7%	97,8%	97,9%	98%	98%	98%
Euroeficiencia	97,3%	97,3%	97,4%	97,4%	97,5%	97,5%	97,6%	97,6%	97,6%
Datos Generales									
Sistema de refrigeración	Convección natural								
Consumo en stand-by ⁷⁾	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W	<10 W
Consumo nocturno	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a +65 °C	-25 °C a +65 °C	-25 °C a +65 °C	-25 °C a +65 °C	-25 °C a +65 °C	-25 °C a +65 °C	-25 °C a +65 °C	-25 °C a +65 °C	-25 °C a +65 °C
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%	0 - 100%
Grado de protección	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65
Marcado	CE								
Normativa EMC y de seguridad	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100								
Normativa de conexión a red	RD1699/2011, DIN V VDE V 0126-1-1, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105:2011-08, G59/2, GB3/2 ⁸⁾ , P.O.12.3, AS4777.2, AS4777.3, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, South African Grid code, Chilean Grid Code, Romanian Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruan Grid code, IEEE 929, Thailand MEA & PEA requirements, DEWA (Dubai) Grid Code, Jordan Grid Code								

Anexo V: Ficha técnica módulo solar SR-72M550HLPro

Condiciones	SR-72M530HLPro		SR-72M535HLPro		SR-72M540HLPro		SR-72M545HLPro		SR-72M550HLPro		
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	
Tolerancia	W 0 ~ 5W										
Eficiencia del módulo	%										
Potencia máxima	20,54		20,73		20,93		21,12		21,31		
Tensión circuito abierto	P_{max}	530	394,44	535	398,16	540	401,88	545	405,61	550	409,33
Corriente de cortocircuito	V_{oc}	49,02	46,27	49,18	47,01	49,34	46,58	49,50	46,73	49,65	46,87
Tensión nominal	I_{sc}	13,79	11,14	13,87	11,20	13,96	11,27	14,04	11,34	14,13	11,41
Corriente máxima	V_{nom}	40,47	37,65	40,60	37,77	40,73	37,89	40,86	38,02	40,99	38,14
Tipo célula	I_{max}	13,10	10,48	13,18	10,54	13,26	10,60	13,34	10,67	13,42	10,73
Número de células	MBB 182 x 91 mm (Monocristalina PERC)										
Voltaje máximo admisible	144 (6 x 24)										
Coef. Temp. Tensión	V_{max}	1500 Vdc									
Coef. Temp. Corriente	%/°C	-0,282									
Coef. Temp. Potencia	%/°C	0,05									
Temperatura de trabajo	%/°C	-0,348									
Temp. Nominal de trabajo	°C	-40 a 85									
Fusible máx. series	°C	45 ±2									
Resistencia nieve	A	25									
Resistencia viento	Pa	5400									
	Pa	2400									

* STC (Condiciones de test Standard: 1000 W/m², 25° C, AM 1,5)
 ** NOCT (Condiciones de test operativa normal: 800 W/m², 20° C, Velocidad de viento 1 m/s)

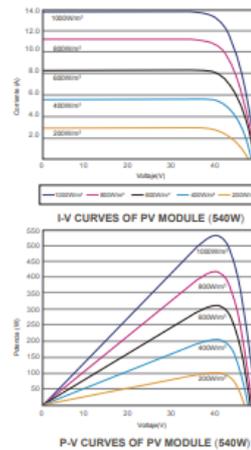
Medidas



Detalle materiales

Marco	Aluminio Anodizado
Cristal	Templado 3,2 mm
Células	6 x 24 udes. 182 x 91 mm
Caja de conexiones	IP68, EVO2 ó Compatible
Diodos	3
Cable y conector	4 mm ² , EVO2 ó Compatible
Longitud del cable	1200 mm.

Curvas I / V



Embalaje

Dimensiones	mm	2278 x 1133 x 35 mm
Peso	Kg	28
Cantidades	600 udes - 40' HC	
Unidades	Pallet	30

Anexo VII: Listado precios placas solares

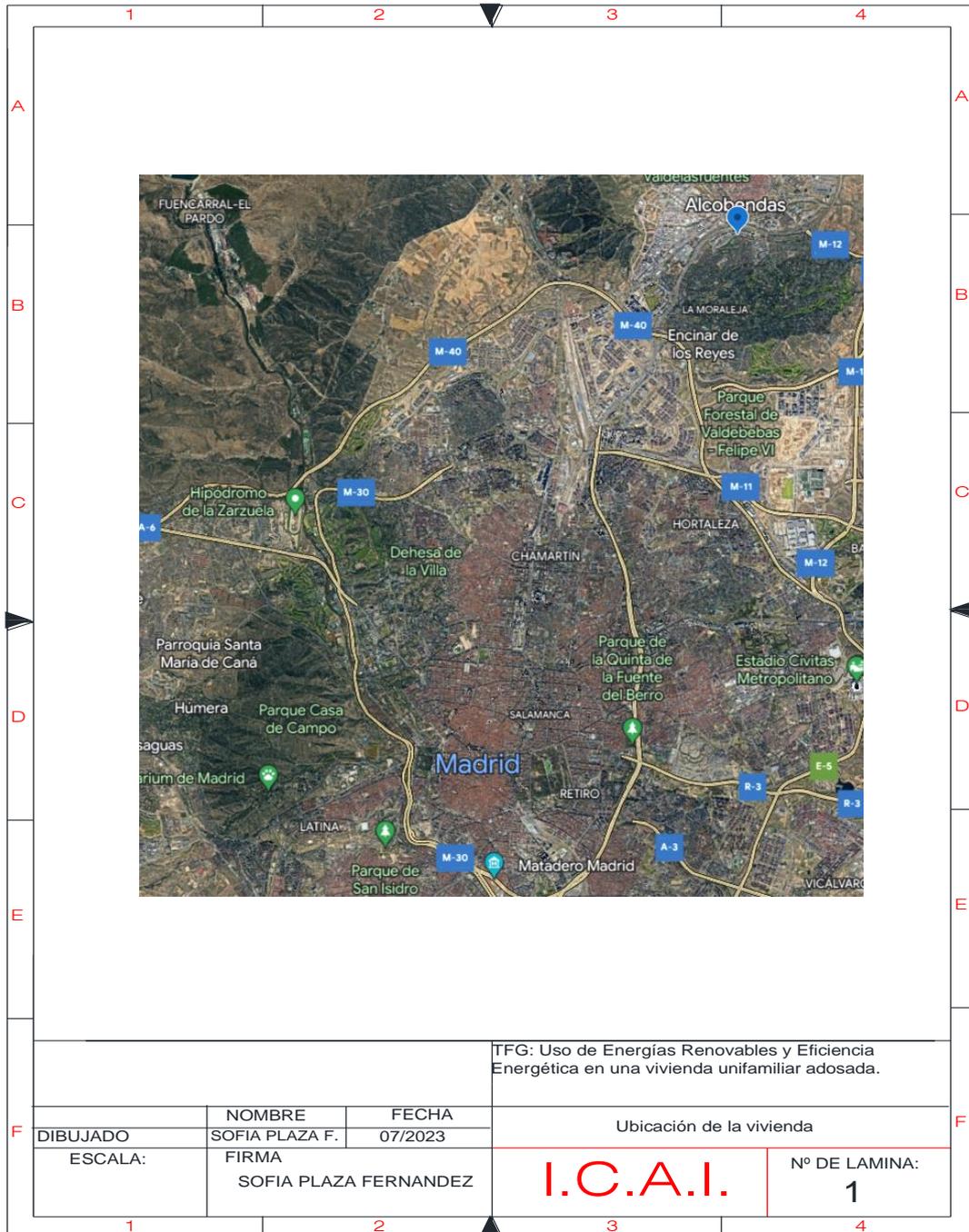
Paneles solares Sunrise

PVR



SR-M680376HLP	Sunrise - 375 W 0+3% - 120 Cel - 37v Monocristalino PERC	C	140,00 €
SR-64M410HLPro	Sunrise - 410 W 0+3% - 108 Cel - 37v Monocristalino PERC	C	153,00 €
SR-M672480HLP	Sunrise - 450 W 0+3% - 144 Cel - 40v Monocristalino PERC	C	174,00 €
SR-72M560HLPro	Sunrise - 550 W 0+3% - 144 Cel - 40v Monocristalino PERC	C	196,75 €

PLANOS





COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

ICAI ICADE CIHS

PLANOS

1	2	3	4
A	▼		A
B	▼		B
C	▼		C
D	▼		D
E	▼		E
F	▼		F
			
			
		TFG: Uso de Energías Renovables y Eficiencia Energética en una vivienda unifamiliar adosada.	
F	DIBUJADO	NOMBRE SOFIA PLAZA F.	FECHA 07/2023
	ESCALA:	Ubicación de la vivienda	
	FIRMA SOFIA PLAZA FERNANDEZ	I.C.A.I.	Nº DE LAMINA: 2
1	2	3	4

