



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR

Autor: Álvaro Pérez Plantalamor

Director: Jorge Caja Molina

Madrid

29/06/2021

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

**PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD
TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN
VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR**

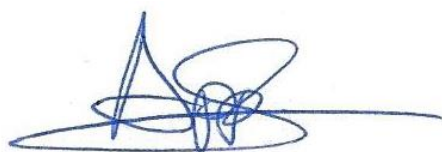
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2020/2021 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.: Álvaro Pérez Plantalamor

Fecha: 29/06/2021

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Jorge Caja Molina

Fecha: 29/06/2021



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR

Autor: Álvaro Pérez Plantalamor

Director: Jorge Caja Molina

Madrid

29/06/2021

*A mis padres, Mónica y José Félix,
por darme la oportunidad de poder estar donde estoy ahora mismo y haberme
apoyando incondicionalmente durante estos 21 años. Gracias por guiarme a ser
lo que soy actualmente y estar ahí siempre, no podría haber tenido más suerte.*

*A mis hermanos, Alejandro y Gabriela,
por ser mi motor en esta vida y ser lo mejor que tengo.
Por todo lo que nos queda por vivir juntos.*

*A mis tíos y primos,
por apoyarme siempre en mis proyectos de vida y no dudar nunca de mí.*

*A mis familiares que ya no están,
porque estoy seguro de que estaríais orgullosos de mí.*

*A mis compañeros de piso,
por hacerme sentir cada día como en casa y estar en las buenas y en las malas.*

*A mis amigos del Jaime del Amo,
por ser mi familia en Madrid y formar parte de la mejor etapa de mi vida.*

*A mis amigos de Burgos,
por saber que siempre tendré un hogar al que volver y un abrazo que encontrarme.*

*A mis compañeros de universidad,
por haber sufrido tanto juntos y al final poder decir
que todo esfuerzo tiene su recompensa.*

*A mis profesores,
por haberme enseñado mucho más que lo que pone en los libros
y ayudarme a convertirme en ingeniero.*

*A mi director de proyecto, Jorge,
por haberme ayudado en todo momento y haberme enseñado tanto en tan solo 6 meses.
Gracias por haber confiado siempre en mí.*

ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR

Autor: Pérez Plantalamor, Álvaro.

Director: Caja Molina, Jorge.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto pretende evaluar y analizar la viabilidad de una instalación fotovoltaica de autoconsumo para la recarga de un vehículo eléctrico en una vivienda particular. Además, analiza la viabilidad de esta solución en el ámbito de la unidad familiar, concluyendo que en la actualidad este tipo de inversión requiere de un periodo de retorno que no permite rentabilizarla con los parámetros actuales en el aspecto económico. No obstante, el incremento del precio de la electricidad y el decremento del coste de los equipos de generación fotovoltaicos, asociados a la mejora de la actividad productiva, permitirán que este sistema sea un bien necesario en cada unidad familiar, viable desde un punto de vista técnico, legal y económico. De esta forma, llegado ese momento, resultará más rentable implantar una instalación solar fotovoltaica en la vivienda que consumir de la acometida de red eléctrica.

Palabras clave: Energía solar fotovoltaica, Recarga, Vehículo eléctrico, Unidad familiar, Vivienda particular, Viabilidad

1. Introducción

Actualmente, la eficiencia energética es uno de los principales retos a nivel mundial e incumbe a toda la población. Así, la generación eléctrica se está produciendo cada vez más a partir de fuentes de energía renovables y, de esta forma, están proliferando las instalaciones solares fotovoltaicas tanto a nivel industrial como a nivel doméstico, destacando las instalaciones para autoconsumo conectadas a red. De igual manera, en la línea de ser más eficientes energéticamente y reducir las emisiones de CO₂, se está constatando un incremento exponencial de las ventas de vehículos eléctricos, los cuales llevan integrados innovadoras y avanzadas tecnologías que permiten disponer de una mayor autonomía.

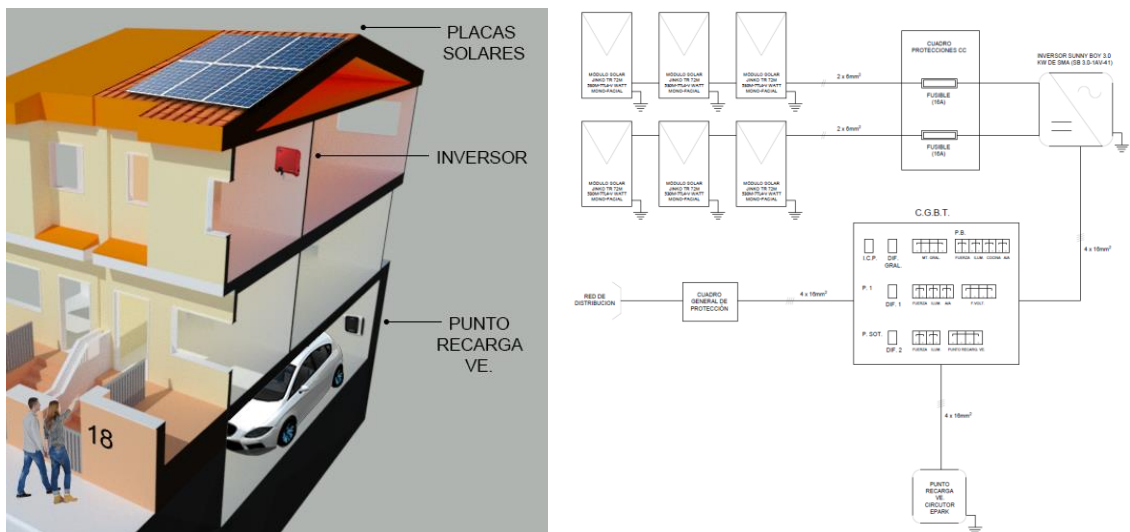
Es cierto que existen una gran cantidad de estudios relativos a estas dos tecnologías punteras en la actualidad y, además, se han llevado a cabo proyectos que relacionan ambas para el ámbito industrial o grandes superficies, en las que se instalan módulos fotovoltaicos para satisfacer la demanda de los usuarios de vehículos electrificados. No obstante, la mayor parte de las recargas de coches eléctricos se realizan en la vivienda habitual, dentro del ámbito familiar. De esta forma, al no haber estudios relativos a la combinación de estas tecnologías dentro de la unidad familiar, y con el objetivo de aunar en una misma solución una instalación solar fotovoltaica, el vehículo eléctrico y el ámbito de la unidad familiar, se lleva a cabo el siguiente estudio con el fin de analizar la viabilidad técnica, legal y económica de este en España.

2. Definición del proyecto

El presente proyecto de estudio pretende justificar la viabilidad técnica, legal y económica de implantar una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo para la recarga de un vehículo eléctrico en la vivienda habitual. Y resolver de este modo, analizando esta situación desde el punto de vista de una economía familiar, hábitos de consumo y uso, y diversas particularidades y variables, si la realización de esta inversión es rentable en función del precio de la electricidad y del ahorro energético y económico obtenido de la instalación del sistema propuesto en el siguiente apartado de Descripción del Modelo/Sistema.

3. Descripción del Modelo/Sistema

Para cumplir los objetivos planteados y aunar en una misma solución la economía de la unidad familiar, una instalación solar fotovoltaica y el vehículo eléctrico, se dimensiona una instalación fotovoltaica conectada a red para la recarga de un vehículo eléctrico en una vivienda particular. De esta forma, se implementa la instalación reflejada en la infografía de abajo, así como se emplea el siguiente esquema unifilar.

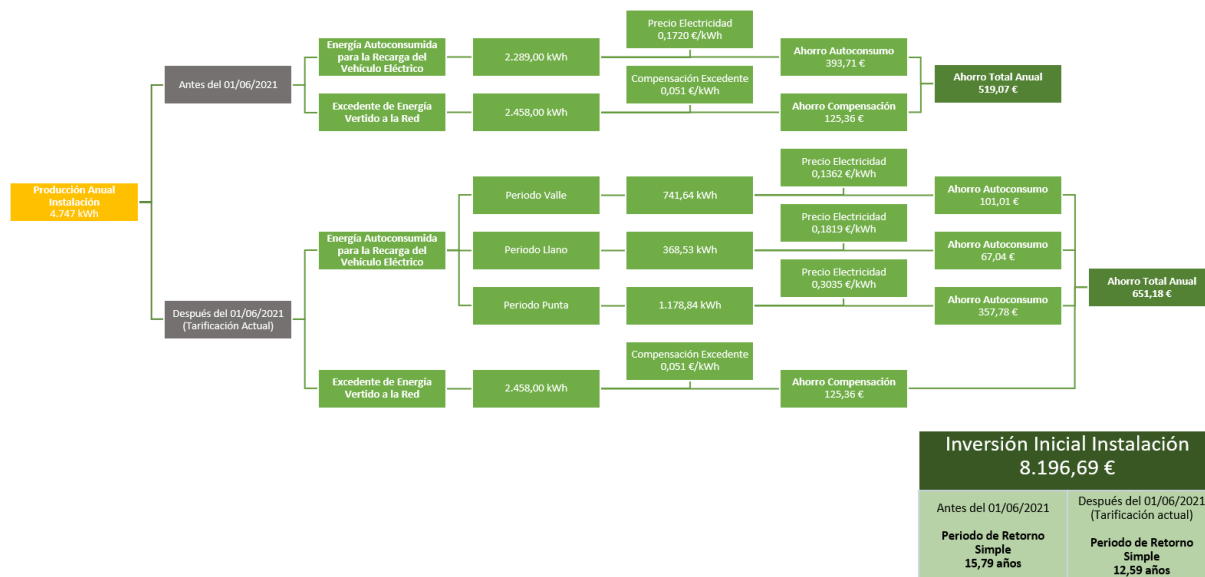


De este modo, y para comprender mejor la Descripción del Modelo/Sistema propuesto como solución, se han definido en el *Capítulo 6* Parte I *Capítulo 6*. los detalles pormenorizados del diseño y análisis de la instalación objeto del presente estudio, donde se encuentran las características de los materiales empleados, la planificación de los trabajos a realizar y la estimación económica del conjunto, a partir de un presupuesto de ejecución.

4. Resultados

Para el análisis de los resultados se han tenido en cuenta las siguientes variables, que afectan directamente al presente proyecto: la tarifa regulada del mercado eléctrico español actual y la previa al 1 de junio de 2021, la potencia máxima de la instalación, la batería del vehículo eléctrico (en este caso, el Volkswagen ID.4), las pérdidas, la producción anual, los hábitos de la unidad familiar, el horario del orto y el ocaso, el presupuesto económico y otras variables, que se detallan más en profundidad en el *Capítulo 7*.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los distintos parámetros que afectan a este estudio, se ha llegado al siguiente resultado, presentado en forma de diagrama para su mejor comprensión.



Así, se obtiene que la producción anual de la instalación solar fotovoltaica es de 4.747 kWh, destinando 2.289 kWh al autoconsumo para la recarga del vehículo eléctrico, es decir, un 48% de la generación total. De esta forma, se calcula el ahorro anual para el precio de la electricidad, así como para el excedente de la producción, llegando a la conclusión de que, con la tarifa eléctrica previa al 1 de junio de 2021, se genera un ahorro de 519,07€, mientras que, con la regulación actual y debido al incremento del precio medio de la factura eléctrica, este ahorro se incrementa hasta los 651,18€, lo que supone aproximadamente un 25% más.

Por tanto, de esta forma, se calcula que el Periodo de Retorno Simple (PRS) de la inversión inicial presupuestada de la instalación con la tarificación del sector eléctrico actual es de 12,59 años, mientras si se tiene en cuenta el precio de la electricidad previo a esta nueva legislación, el PRS se alarga hasta los 15,79 años.

5. Conclusiones

El presente estudio concluye con el análisis de la viabilidad del proyecto:

- **Viabilidad técnica.** Se trata de una instalación totalmente viable, aunque se encuentra limitada por el espacio disponible en el tejado, impidiendo la instalación de una potencia nominal mayor. Además, no presenta complejidad.
- **Viabilidad legal.** Es totalmente factible la instalación objeto del presente estudio, es más, resulta muy interesante, ya que permite acogerse a los beneficios e incentivos ofrecidos actualmente para este tipo de proyectos.
- **Viabilidad económica.** Nos encontramos en un periodo en el que no resulta rentable realizar una inversión en una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo para la recarga de un vehículo eléctrico en una vivienda particular. Sin embargo, debido a la tendencia al alza de los precios de la energía y la reducción del coste de la inversión asociado a la madurez del sector fotovoltaico, se proporcionarán en un futuro próximo Periodos de Retorno Simples inferiores a 10 años y, de esta forma, será más rentable la implantación de esta solución que consumir de la acometida de red.

En definitiva, la solución objeto de este proyecto es viable tanto técnica como legalmente y, con la previsión de mantenerse la tendencia al alza en el sector eléctrico y la madurez del sector fotovoltaico, pronto resultará rentable económicamente.

STUDY ANALYSIS OF THE TECHNICAL, ECONOMIC AND LEGAL FEASIBILITY OF A SELF-CONSUMPTION PHOTOVOLTAIC SOLAR INSTALLATION FOR THE CHARGING OF AN ELECTRIC VEHICLE IN THE FIELD OF THE FAMILY UNIT

Author: Pérez Plantalamor, Álvaro.

Supervisor: Caja Molina, Jorge.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

ABSTRACT

The present project aims to evaluate and analyze the viability of a self-consumption photovoltaic installation for the recharge of an electric vehicle in a private home. Furthermore, it explores the viability of this solution within a family unit, concluding that currently this kind of investment requires a payback period that does not permit making it profitable within the current economic parameters. Nevertheless, the price increase of the electricity and the price decrease of the photovoltaic generation equipment, associated with the improvement of productive activities, will allow this system to be a necessary commodity in each family unit, viable from a technical, legal and economic point of view. Thus, when the moment comes, it will be more profitable to implement a photovoltaic system in the household than to consume from the electrical network.

Keywords: Photovoltaic solar energy, Recharge, Electric vehicle, Family unit, Private house, Viability

1. Introduction

Currently, energy efficiency is one of the main challenges worldwide that concerns the entire population. Thus, electricity generation is increasingly being produced from renewable energy sources and, in this way, photovoltaic solar plants are proliferating both at an industrial level and at a domestic level, highlighting the installations for self-consumption connected to the grid. Similarly, in the line of being more energy efficient and reducing CO₂ emissions, an exponential increase in the sales of electric vehicles is being verified, which have integrated innovative and advanced technologies that allow greater autonomy.

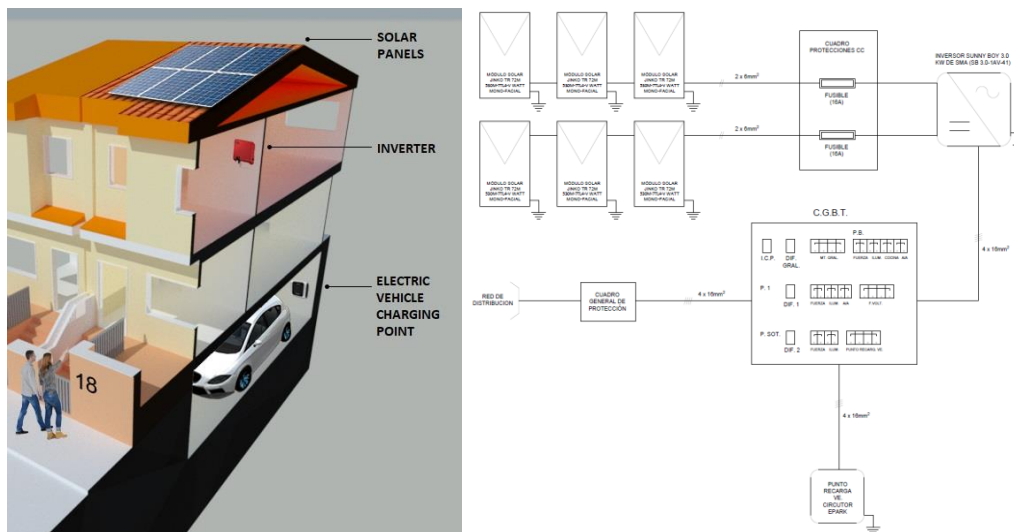
It is true that there are a large number of studies related to these two cutting-edge technologies presently, and in addition, projects have been carried out that relate to both for the industrial field or large surfaces, in which photovoltaic modules are installed to meet the demand for users of electrified vehicles. However, most of the electric car's recharges are carried out in the habitual residence, within the family environment. In this way, as there are no studies related to the combination of these technologies within the family unit, and with the aim of combining in the same solution a photovoltaic solar installation, the electric vehicle, and the scope of the family unit, it is carried out the following study in order to analyze the technical, legal and economic viability of this project in Spain.

2. Project definition

This project aims to justify the technical, legal and economic viability of implementing a photovoltaic solar installation for self-consumption to recharge an electric vehicle in the habitual residence. And solve in this way, analyzing this situation from the point of view of a family economy, consumption and use habits, and various peculiarities and variables, if the realization of this investment is profitable based on the price of electricity, and the energy and economic savings obtained from the installation of the system proposed in the following section of Description of the Model/System.

3. Description of the Model/System

To meet the planned objectives and combine in the same solution the economy of the family unit, a photovoltaic solar installation and the electric vehicle, a photovoltaic solar plant connected to the grid is dimensioned to recharge an electric vehicle in a private home. In this way, the installation reflected in the infographic below is implemented, as well as the following single-line scheme used.

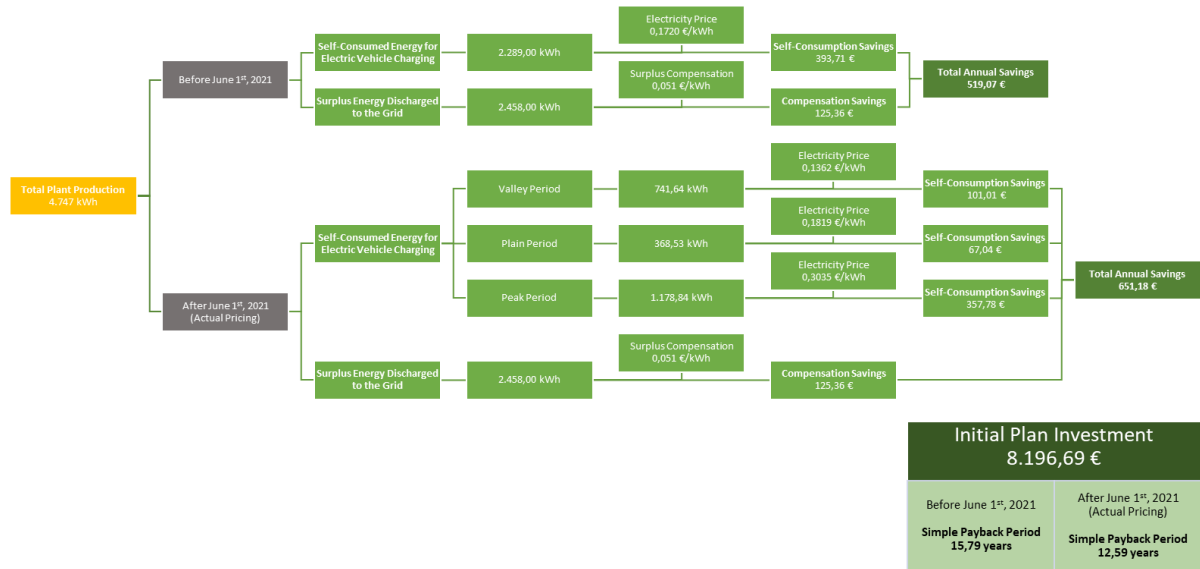


In this way, and to better understand the Description of the Model/System proposed as a solution, the details of the design and analysis of the installation object of this study have been defined in *Chapter 6. Definitive Solution*, where the characteristics of the materials used, planning of the work to be carried out and the economic estimate of the whole are, based on an execution budget.

4. Results

For the analysis of the results, the following variables have been taken into account, which directly affect this project: the regulated tariff of the current Spanish electricity market and the one prior to June 1, 2021, the maximum power of the installation, the battery of the electric vehicle (in this case, the Volkswagen ID.4), losses, annual production, household habits, sunrise and sunset times, economic budget and other variables, which are further detailed in *Chapter 7. Analysis of Results*.

Therefore, considering the different parameters that affect this study, the following result has been reached, presented in the form of a diagram for better understanding.



Thus, it is obtained that the annual production of the photovoltaic solar installation is 4,747 kWh, allocating 2,289 kWh to self-consumption for recharging the electric vehicle, that is 48% of the total generation. In this way, the annual savings are calculated for the electricity prices, as well as for the production surplus, reaching the conclusion that with the electricity tariff prior to June 1, 2021, a savings of € 519.07 is generated, while with the current regulation and due to the increase in the average price of the electricity bill, this saving increases to € 651.18, which is approximately 25% more.

Therefore, in this way, it is calculated that the Simple Payback Period (SPP) of the initial budgeted investment of the installation with the current electricity sector pricing is 12.59 years, while if the price is what it was prior to this new legislation, the SPP is extended to 15.79 years.

5. Conclusions

This study concludes with the analysis of the viability of the project:

- **Technical viability.** It is a totally viable installation, although it is limited by the space available on the roof, preventing the installation of a higher nominal power. In addition, it does not present complexity.
- **Legal feasibility.** The installation that is the object of this study is totally feasible, and moreover, it is very interesting, since it allows to benefit from the advantages and incentives currently offered for this type of project.
- **Economic feasibility.** We are in a period in which it is not profitable to make an investment in a photovoltaic solar installation for self-consumption to recharge an electric vehicle in a private home. However, due to the upward trend in energy prices and the reduction in the cost of investment associated with the maturity of the photovoltaic sector, Simple Payback Periods of less than 10 years will be provided in the near future and, thus, the implementation of this solution will be more profitable than consuming directly from the network connection.

In short, the solution objective of this project is technically and legally viable and, with the anticipation of maintaining the upward trend in the electricity sector and the maturity of the photovoltaic sector, it will soon be economically profitable.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción y Motivación	7
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	15
2.1 Módulo fotovoltaico	16
2.2 Inversor.....	18
2.3 Baterías.....	19
2.4 Sistemas de recarga	21
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	25
Capítulo 4. Definición del Trabajo	29
4.1 Justificación.....	29
4.1.1 Justificación Legal.....	31
4.2 Objetivos	41
4.2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible	41
4.3 Metodología.....	43
Capítulo 5. Soluciones Alternativas.....	45
5.1 Instalación Fovoltaica para Cubrir la Demanda Pico de la Batería del Vehículo Eléctrico	49
5.2 Instalación Fovoltaica Conectada a Red	50
Capítulo 6. Solución Definitiva.....	53
6.1 Diseño y Análisis del Sistema	54
6.2 Planificación del Trabajo.....	64
6.3 Estimación Económica	67
Capítulo 7. Análisis de Resultados.....	69
Capítulo 8. Conclusiones.....	79
Capítulo 9. Bibliografía.....	83

<i>Anexo I. Planos.....</i>	<i>89</i>
<i>Anexo II. Presupuesto</i>	<i>98</i>
<i>Anexo III. Simulación HelioScope</i>	<i>104</i>
<i>Anexo IV. Cálculos Instalación Eléctrica</i>	<i>107</i>
<i>Anexo V. Fichas Técnicas.....</i>	<i>109</i>

Índice de figuras

Figura 1: Evolución de la cuota de matriculación de turismos por tipo de combustible en España (Fuente: ANFAC)	8
Figura 2: Flota de turismos eléctricos en España (Fuente: EAFO)	9
Figura 3: Estructura de generación eléctrica de 2020 (Fuente: REE)	11
Figura 4: Evolución de la potencia solar instalada en España (Fuente: REE y Elaboración Propia)	12
Figura 5: Líneas transversales del proyecto, enmarcadas en los ODS (Fuente: Agenda 2030).....	13
Figura 6: Esquema de instalación de autoconsumo aislada (Fuente: Tiovivo Creativo) 15	
Figura 7: Esquema de instalación de autoconsumo conectada a red (Fuente: Tu Tienda Energética).....	16
Figura 8: Estructura de un módulo fotovoltaico (Fuente: Pulse Valor Energético)	17
Figura 9: Tipos de módulos fotovoltaicos (Fuente: Tritec Intervento)	18
Figura 10: Curva de rendimiento de un inversor (Fuente: CIEMAT).....	19
Figura 11: Curva de capacidad de carga de una batería Ion Litio (Fuente: Fácil Electro)	21
Figura 12: Sistema de recarga vinculado (Fuente: Movilidad Eléctrica)	22
Figura 13: Sistema de recarga convencional (Fuente: Simon Electric).....	22
Figura 14: Sistema de carga rápida (Fuente: Híbridos y Eléctricos).....	23
Figura 15: Sistema de carga ultra-rápida. Electrolinera (Fuente: Xataka)	24
Figura 16: Economía circular propuesta en este proyecto (Fuente: Elaboración Propia)	30
Figura 17: ODS alineados directamente con el presente proyecto (Fuente: Naciones Unidas)	42
Figura 18: Mapa de España de zonificación ambiental para la implantación de energía fotovoltaica (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) 46	

Figura 19: Situación del emplazamiento en el mapa de sensibilidad ambiental para la implantación de energía fotovoltaica (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)	46
Figura 20: Detalle en planta del tejado de la vivienda y la orientación (Fuente: Elaboración Propia)	47
Figura 21: Volkswagen ID.4 (Fuente: Volkswagen).....	48
Figura 22: Representación de la instalación definitiva (Fuente: Elaboración Propia) ...	53
Figura 23: Elementos de protección y seguridad (Fuente: Elaboración Propia)	55
Figura 24: Estructura coplanar con "salvatejas" (Fuente: TeknoSolar)	56
Figura 25: Cuadro de protecciones y C.G.B.T. (Fuente: Elaboración Propia).....	57
Figura 26: Pinzas para módulos fotovoltaicos (Fuente: Saclima Solar Fotovoltaica)....	58
Figura 27: Representación en planta de los módulos fotovoltaicos (Fuente: Elaboración Propia)	59
Figura 28: Representación en alzado de los módulos fotovoltaicos y del inversor (Fuente: Elaboración Propia)	61
Figura 29: Representación en alzado del punto de recarga (Fuente: Elaboración Propia)	62
Figura 30: Diagrama de Gantt de la instalación (Fuente: Elaboración Propia).....	65
Figura 31: Diagrama de PERT de la instalación (Fuente: Elaboración Propia).....	66
Figura 32: Tramos horarios de la nueva tarificación eléctrica (Fuente: Arsus Energía) 69	
Figura 33: Informe simulación HelioScope (Fuente: Elaboración Propia)	71
Figura 34: Resultados del proyecto (Fuente: Elaboración Propia).....	76

Índice de tablas

Tabla 1: Sistemas de recarga (Fuente: Elaboración Propia).....	24
Tabla 2: Demanda eléctrica anual de la vivienda situada en C/ Pablo Neruda, 18, Lorqui durante 2020 (Fuente: Elaboración Propia).....	48
Tabla 3: Presupuesto de ejecución (Fuente: Elaboración Propia)	68
Tabla 4: Horario anual corregido del orto y del ocaso (Fuente: Elaboración Propia)....	73
Tabla 5: Autogeneración Fotovoltaica para recarga del Vehículo Eléctrico (VE) (Fuente: Elaboración Propia)	74
Tabla 6: Intensidades admisibles en conductores de cobre (Fuente: Automatismo Industrial)	108

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Energía necesaria para recargar la batería en 8 horas.....	49
Ecuación 2: N° de módulos fotovoltaicos necesarios para cubrir la demanda pico de la batería	49
Ecuación 3: Potencia total de la instalación solar fotovoltaica	51
Ecuación 4: Energía suministrada al vehículo eléctrico por la instalación fotovoltaica en 8 horas	52
Ecuación 5: Energía real suministrada por la instalación fotovoltaica al vehículo eléctrico en 8 horas.....	70

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

Desde hace ya bastantes años, se ha oído hablar del vehículo eléctrico, la energía fotovoltaica o la eficiencia energética, así como de la importancia de estos en el futuro para un “desarrollo sostenible”¹. Sin embargo, ese futuro ya ha llegado y actualmente es parte del presente. Hablar de estos términos es una realidad a pie de calle y se puede observar no solo en la cantidad de coches eléctricos que vemos por las carreteras o placas solares instaladas en azoteas y cubiertas, sino también en el mayor número de gasolineras con puntos de recarga eléctricos, mayores incentivos a los coches de cero emisiones o a la instalación de paneles fotovoltaicos tanto para uso doméstico como para uso industrial, grandes políticas relacionadas con la eficiencia energética, entre otros.

El sector del automóvil ha evolucionado mucho durante los últimos años tanto en la estética del producto, como en la seguridad de los vehículos, o la motorización y alimentación de estos. Los coches que emplean tanto un motor Otto, comúnmente conocido como motor de gasolina, que fue diseñado por primera vez en el año 1876 por el alemán Nicolas August Otto (Ramírez Cifuentes & Basantes Flor, 2013), como un motor Diesel, que fue inventado en el año 1894 por el ingeniero alemán Rudolf Diesel bajo la firma MAN (Moon, 1974), se han visto afectados por la irrupción de innovadoras y actuales soluciones entre las que destacan el motor eléctrico y el coche híbrido. De esta forma, como se puede observar en la *Figura 1*, mientras la evolución del porcentaje de matriculación de vehículos diésel en España empezó a descender de manera notable a partir de 2017 en favor de los coches de gasolina, desde junio de 2019 tanto los coches con motor diésel como gasolina están en descenso. Este descenso se debe a la mayor cuota

¹ Se define el “desarrollo sostenible” como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Asamblea General Naciones Unidas, 1987)

de matriculación de vehículos eléctricos, híbridos y de combustibles alternativos durante los últimos años, que sigue una tendencia exponencial.

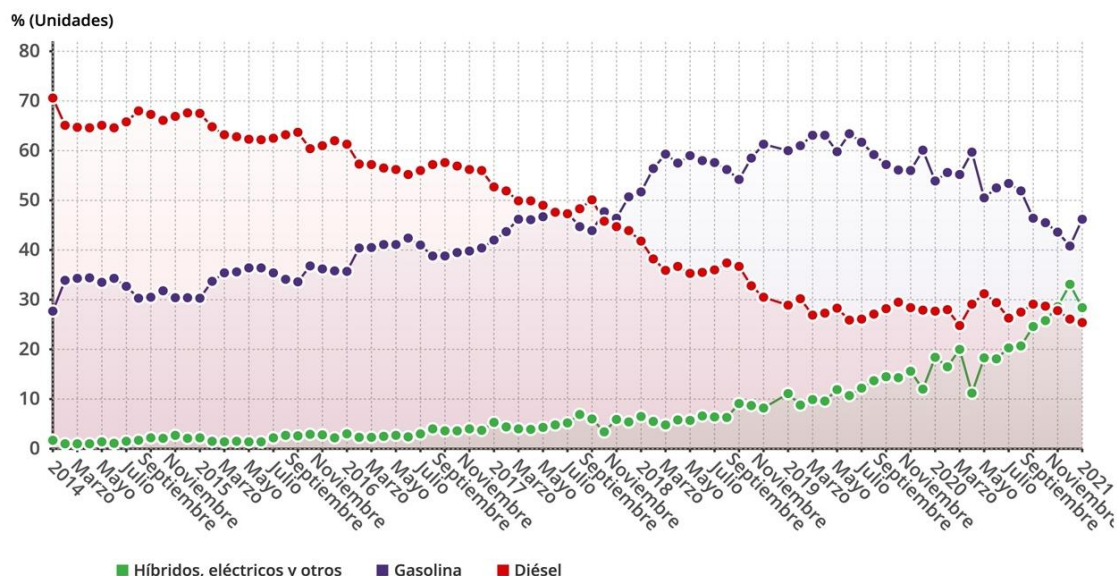


Figura 1: Evolución de la cuota de matriculación de turismos por tipo de combustible en España

(Fuente: ANFAC²)

Además, en septiembre de 2020 y por primera vez en la historia, el número de matriculaciones de coches electrificados en Europa fue mayor al número de matriculaciones de vehículos diésel (Muñoz et al., 2020). Este hecho implica una clara tendencia hacia la compra y uso de vehículos de combustibles alternativos en el ámbito europeo, en contraposición al empleo de vehículos de combustión interna, especialmente de aquellos que emplean un motor Diésel.

Por consiguiente, analizando el sector del automóvil, en concreto, del vehículo eléctrico y su evolución a lo largo de los últimos años, se evidencia un claro incremento de la flota de vehículos eléctricos en España. De esta forma, según datos del Observatorio Europeo de Combustibles Alternativos (EAFO, por sus siglas en inglés), dicho incremento se puede ver reflejado en el siguiente gráfico, *Figura 2*, que muestra la flota de turismos

² ANFAC: Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones

eléctricos en España hasta 2020 y en el cual se refleja este aumento de tendencia exponencial. Además, en dicha figura se diferencia entre: Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable (PHEV, por sus siglas en inglés) y Vehículo Eléctrico de Batería (BEV, por sus siglas en inglés).

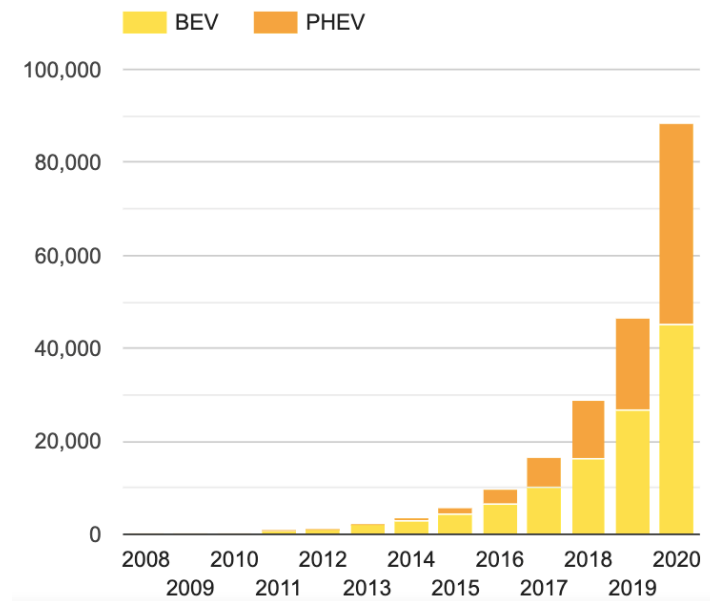


Figura 2: Flota de turismos eléctricos en España (Fuente: EAFO³)

En definitiva, se muestra una clara tendencia al uso de vehículos electrificados tanto en al ámbito europeo como español y es que se trata de una realidad que ha llegado para quedarse. No obstante, debido al envejecimiento del parque automovilístico español y el hecho de que el 40% de los españoles con vehículo propio no deciden renovarlo hasta a partir de los 10 años (Alphabet, 2019), todavía se tendrá que esperar unos años para ver por las carreteras españolas una mayoría de vehículos de combustibles alternativos, lo cual podría acelerarse con los incentivos gubernamentales a favor de este tipo de tecnologías, como por ejemplo, el Plan Moves o el Plan Renove.

³ EAFO: Observatorio Europeo de Combustibles Alternativos (por sus siglas en inglés)

Otras de las cuestiones que se plantean con la llegada de los coches eléctricos es: *¿Está la red eléctrica preparada para abastecer la recarga de todos los vehículos?* Es imprescindible valorar cómo está la infraestructura de red y si va a ser capaz de soportar el aumento del consumo debido al creciente uso de vehículos eléctricos y el consiguiente incremento de la demanda eléctrica.

Para ello, se analiza el impacto que tendrá sobre la demanda del sistema el incremento de la flota de coches electrificados. Según Red Eléctrica de España, el consumo medio por vehículo es de 15 kWh / 100 km, de esta forma, y teniendo en cuenta que el kilometraje medio anual por vehículo es de 14.000 km, se dimensiona que el consumo anual para la recarga de un coche eléctrico es de 2.100 kWh (Red Eléctrica de España, 2018).

Por lo tanto, teniendo en cuenta que la demanda eléctrica del conjunto de año 2020 fue de 249.970 GWh (Red Eléctrica de España, 2021b), un hipotético aumento de la flota eléctrica en 1.000.000 unidades, supondría un incremento medio dimensionado de 2.100 GWh, es decir, aproximadamente un 0,84% más que la demanda actual.

Este incremento de la demanda no afectaría a la capacidad ni a la calidad de la red, puesto que la misma está preparada para soportar una demanda superior. Así, el Plan Red21 presentado por Red Eléctrica de España, indica que “la red de transporte y la operación del sistema están preparadas para la incorporación masiva de los vehículos eléctricos. A largo plazo, Red Eléctrica tendrá que desarrollar nuevas herramientas para la integración de los vehículos eléctricos, en escenarios más complejos, por la variabilidad de las energías renovables y la participación en la operación de múltiples nuevos actores de generación y demanda” (Red Eléctrica de España, 2021a).

De esta forma, se constata que la infraestructura de red está preparada para un aumento de la flota de vehículos eléctricos en los próximos 5-10 años, teniendo en cuenta la evolución actual de los vehículos electrificados matriculados en España, tal y como se observa en la *Figura 2*, según la cual actualmente hay una flota inferior a las 100.000 unidades.

Por último, se debe tener en cuenta la estructura de generación actual del sistema eléctrico español para conocer cómo se produce la energía que consumimos y diferenciar entre generación renovable y no renovable. De esta forma, según se muestra en la *Figura 3*, la generación eléctrica durante 2020 se realizó mediante tecnologías renovables en un 44%, mientras el resto fue obtenida a través de combustibles fósiles, energía nuclear u otros.

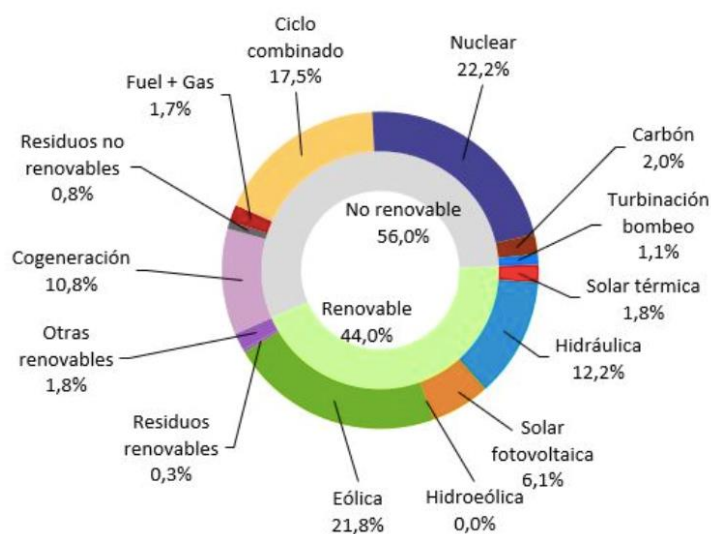


Figura 3: Estructura de generación eléctrica de 2020 (Fuente: REE⁴)

Por lo tanto, se evidencia la posibilidad y capacidad de aumentar notablemente la producción eléctrica renovable y, junto a las nuevas instalaciones de plantas fotovoltaicas o eólicas que se están llevando a cabo, se manifiesta la intención de incrementar este porcentaje con el objetivo de llevar a cabo una transformación hacia una generación más eficiente, verde y limpia.

De esta forma, se constata la creciente irrupción que están teniendo los vehículos electrificados en nuestro país, así como la necesidad y tendencia a una generación más limpia y renovable.

⁴ REE: Red Eléctrica de España

En consiguiente, vamos a centrarnos en la generación solar fotovoltaica, que es una tecnología relativamente nueva y cuya explotación intensiva en España se remite a los últimos 15 años. Así, como se puede observar en la *Figura 4*, la energía solar fotovoltaica está desarrollando un auge sin precedentes en los últimos años en relación con la potencia instalada de esta tecnología y, es por esto por lo que vamos a centrarnos en este tipo de generación de energía limpia y renovable.

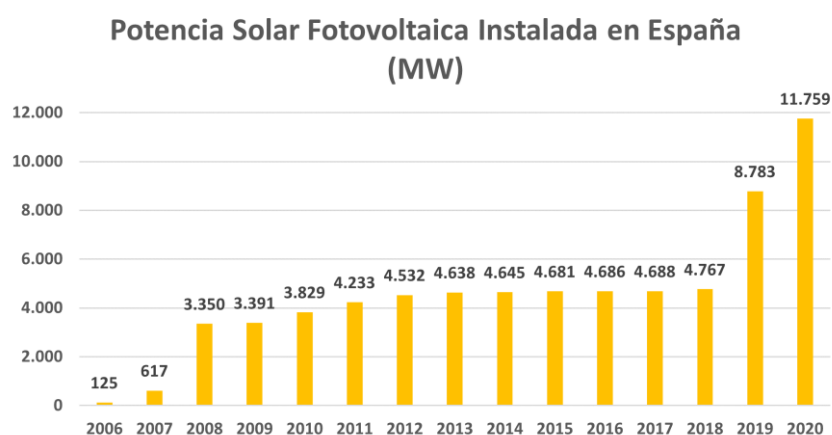


Figura 4: Evolución de la potencia solar instalada en España (Fuente: REE y Elaboración Propia)

Por lo tanto, una vez constatado el hecho de que las instalaciones de energía solar fotovoltaica están creciendo exponencialmente, es imprescindible hablar de la legislación que circunscribe a esta generación renovable. La legislación que la regula ha ido avanzando desde una posición más impositiva a una liberalización de este mercado. Principalmente, por el tema a desarrollar, vamos a describir brevemente la legislación más reciente de esta tecnología relativa al autoconsumo.

En 2015, se aplicó en España un impuesto especial a la generación fotovoltaica, el llamado “Impuesto al sol”, mediante el *Real Decreto 900/2015*, por el cual se regulaban las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las instalaciones de autoconsumo. Este impuesto se aplicó como un peaje por estar conectado a la red eléctrica y tener derecho a suministro cuando la energía generada por los paneles fotovoltaicos no fuese suficiente para abastecer la demanda eléctrica de la vivienda o instalación en la que se encontrasen ubicados.

Posteriormente, mediante el *Real Decreto-ley 15/2018*, se derogó este “Impuesto al sol” y se promulgaron una serie de medidas para fomentar el uso de la energía solar, entre ellas, el autoconsumo. Igualmente, a través del *Real Decreto 244/2019*, se establecieron las condiciones para el autoconsumo fotovoltaico y se completó el marco regulatorio para la derogación definitiva de ese impuesto especial (Guijarro Ruiz, 2021).

Debido a esta legislación, la cual está vigente en la actualidad, se produjo un aumento considerable de la instalación de potencia fotovoltaica para autoconsumo en España y, en especial, en el sector doméstico. Según la Unión Española Fotovoltaica (UNEF), mientras en 2019 el autoconsumo doméstico supuso un 10% de la potencia fotovoltaica instalada, en 2020 esta cifra se incrementó hasta un 19% de los Megavatios instalados (UNEF, 2021).

De esta forma, esta introducción pretende exponer las líneas generales sobre las que se va a desarrollar este proyecto, que se pueden resumir en las 3 siguientes:

- Ahorro energético.
- Sostenibilidad y reducción de las emisiones de CO₂.
- Economía circular de la unidad familiar.

Igualmente, en concordancia con estas líneas generales, el proyecto se basa en 2 líneas transversales, que se enmarcan en los Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- Energía asequible y no contaminante.
- Ciudades y comunidades sostenibles.



Figura 5: Líneas transversales del proyecto, enmarcadas en los ODS (Fuente: Agenda 2030)

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

La elaboración de este proyecto implica el conocimiento de las distintas tecnologías empleadas en la producción de energía solar fotovoltaica. Aunque actualmente este método de generación de energía renovable es comúnmente conocido, resulta necesario explicar brevemente los principales componentes de un sistema fotovoltaico para poder valorar su utilización y aplicación en el presente proyecto. De igual manera, hay que conocer las tecnologías empleadas para la recarga del vehículo eléctrico.

De esta forma, es preciso diferenciar entre instalaciones de autoconsumo aisladas y aquellas conectadas a red. Las primeras se encuentran, como su propio nombre indica, aisladas de la red y, por lo tanto, precisan de baterías que permitan almacenar la energía sobrante para poder ser utilizada por la noche o cuando la radiación solar sea nula y, de esta forma, evitar interrupciones en el suministro eléctrico, lo cual implica ser completamente autosuficientes. Por otro lado, las instalaciones de autoconsumo conectadas a red son aquellas que, además de disponer de placas solares para la generación fotovoltaica, pueden consumir energía directamente de la red eléctrica para abastecer la totalidad de la demanda energética. Se representan los esquemas de ambas instalaciones en la *Figura 6* y *Figura 7*.

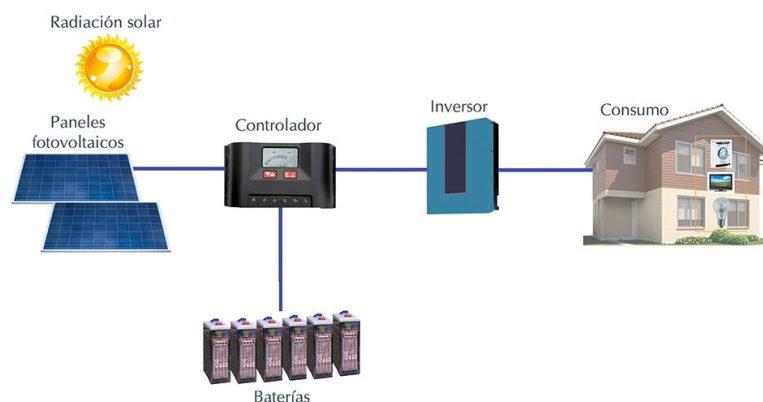


Figura 6: Esquema de instalación de autoconsumo aislada (Fuente: Tiovivo Creativo)

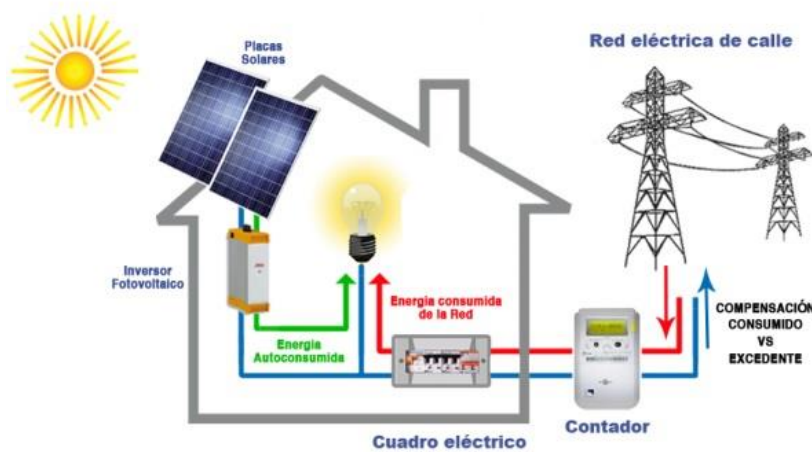


Figura 7: Esquema de instalación de autoconsumo conectada a red (Fuente: Tu Tienda Energética)

Por lo tanto, este proyecto se basará en una instalación de autoconsumo conectada a red, con el objetivo de reducir la inversión inicial, así como de mantenimiento, debido al uso de baterías y su elevado coste. Además, basándonos en la legislación vigente, se aprovechará el uso de la energía solar fotovoltaica durante los periodos en los que la electricidad procedente de red resulta más cara, con el fin abaratar la factura de luz y emplear el suministro de red durante el periodo “valle”, es decir, aquel que tiene el menor coste por kWh consumido.

A continuación, se describen de forma breve los principales componentes de una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red para recarga de un vehículo eléctrico, los cuales se aplican en el presente proyecto:

2.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Los módulos o colectores solares fotovoltaicos están compuestos por un conjunto de células fotovoltaicas que son capaces de transformar en electricidad, en forma de corriente continua, la energía procedente de la luz solar. Estas células o celdas se encuentran interconectadas y se recubren de una estructura de vidrio templado para su protección

frente a los fenómenos atmosféricos (Maqueda Mateos, 2019). De esta forma, la estructura básica de un módulo fotovoltaico se representa en la siguiente *Figura 8*:

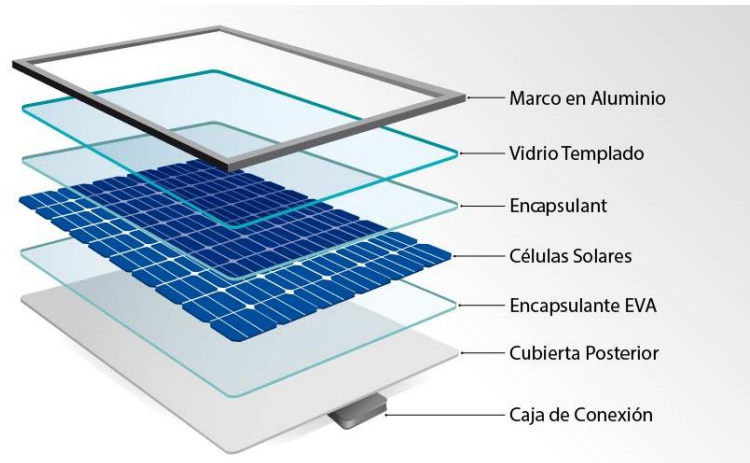


Figura 8: Estructura de un módulo fotovoltaico (Fuente: Pulse Valor Energético)

El parámetro empleado para clasificar los módulos se denomina potencia pico, que indica la potencia máxima, en condiciones estándar, que el panel genera. De igual manera, según el método de producción de las células fotovoltaicas, estos módulos se clasifican en (Noor Syahirah et al., 2018):

- **Monocristalino.** Formados por un único cristal de silicio, son los más caros, pero presentan una eficiencia mayor.
- **Policristalino.** Formados a partir de silicio fundido en bloques, presentan un bajo coste, a costa de tener un rendimiento inferior.
- **Amorfo (Capa Fina).** No presenta una estructura de silicio cristalina y permiten una línea de producción continua, por lo que son más económicos. Aunque son flexibles, su eficiencia es muy baja, así como la durabilidad de esta.

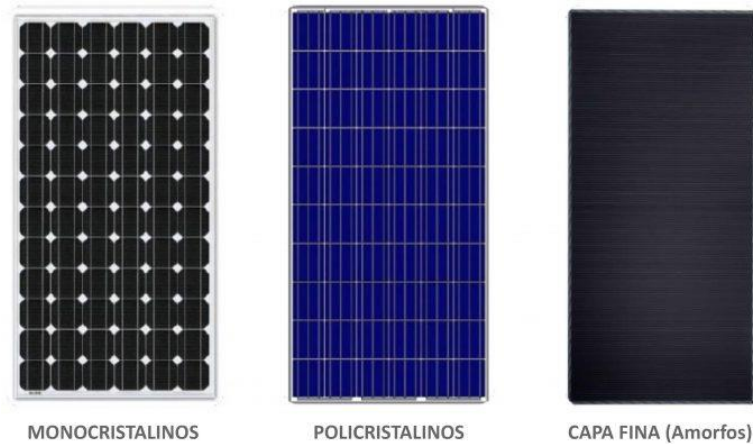


Figura 9: Tipos de módulos fotovoltaicos (Fuente: Tritec Intervento)

Por lo tanto, con el objeto de obtener el mayor rendimiento en el proyecto objeto de este estudio, se emplearán células solares fotovoltaicas monocristalinas, cuya diferencia de precio con respecto a las policristalinas se compensará con la mayor potencia útil generada y el consiguiente ahorro en la factura de la luz. Además, en ningún caso se emplearán los módulos amorfos puesto que, aunque son más económicos, no compensa la baja eficiencia y durabilidad que presentan.

2.2 INVERSOR

El generador o módulo fotovoltaico produce corriente continua y, de esta forma, se precisa de un dispositivo que convierta la corriente continua en corriente alterna para permitir la adecuada conexión a la red eléctrica, este dispositivo se denomina inversor. Las principales funciones de este son realizar la inversión de corriente continua (CC) a alterna (CA) y modular la onda de salida para que cumpla los requisitos normativos: la onda debe ser senoidal, con una frecuencia de 50 Hz y se debe regular el valor eficaz de la tensión de salida.

El rendimiento de los inversores depende del tipo de carga conectada al mismo, representado por el $\cos \varphi$ (factor de potencia), así como varía en función de la potencia generada. Así, presenta un rendimiento muy inferior a muy bajas potencias y va

incrementándose a medida que se aumenta la potencia de salida. Esto se puede observar en la curva de rendimiento representada en la *Figura 10*, que relaciona la potencia de salida en Watios con el rendimiento del inversor en %.

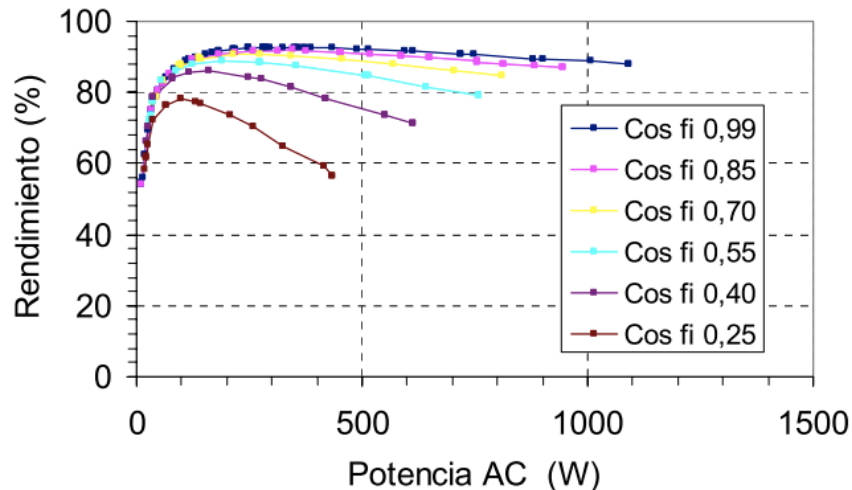


Figura 10: Curva de rendimiento de un inversor (Fuente: CIEMAT⁵)

Por lo tanto, la elección de un inversor senoidal para obtener un filtrado óptimo de la señal generada es imprescindible para garantizar la mayor eficiencia posible y, en consecuencia, el mejor rendimiento de este, pudiendo llegar hasta el 98,5%. Además, para una instalación de autoconsumo conectada a la red se precisa de un inversor de red.

2.3 BATERÍAS

Las baterías son un elemento de los sistemas fotovoltaicos que se utilizan para almacenar energía, permitiendo el abastecimiento en aquellos momentos en los que el generador fotovoltaico no es capaz de producir la energía necesaria para la demanda eléctrica. Es por esta razón por la que se emplean, generalmente, en instalaciones de autoconsumo aisladas y, por lo tanto, no serán objeto de este proyecto.

⁵ CIEMAT: Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

No obstante, sí que es necesario mencionar las baterías de los vehículos eléctricos, puesto que es el fin de nuestra instalación fotovoltaica, la recarga de las baterías de estos. Igualmente, estas baterías son un acumulador de energía eléctrica que, en este caso, será transmitida al motor para el funcionamiento del vehículo. Estas baterías son de ion-litio y son la parte fundamental de un coche eléctrico al influir directamente en su autonomía, su tiempo de carga y su precio.

Las baterías para los coches eléctricos se basan en las siguientes cualidades, las cuales influyen directamente en los aspectos clave mencionados anteriormente para el éxito de estos (“Baterías de Coches Eléctricos | Iberdrola,” 2019):

- **Densidad.** Representa, en kWh/kg, la cantidad de energía que es capaz de almacenar una batería en función de su peso. De esta forma, a mayor densidad, mayor capacidad y, por lo tanto, mayor autonomía, sin necesidad de incrementar el peso del vehículo.
- **Potencia.** Expresa, en kW, el caudal con el que pasa la energía a través del cable.
- **Eficiencia.** Representa, en %, la relación entre la energía transmitida al motor y la energía utilizada en el proceso de carga, es decir, el rendimiento de la batería.
- **Ciclo de vida.** Expresa la cantidad de veces que una batería puede cargarse y descargarse completamente hasta llegar al final de su vida útil.
- **Velocidad de carga.** Indica el tiempo que tarda en recargarse completamente una batería. Este aspecto es clave para el auge del vehículo eléctrico, especialmente para su carga en estaciones de servicio, es decir, para trayectos de media-larga distancia.

A continuación, se dispone en la *Figura 11*, un gráfico representando la curva de capacidad de carga, que indica el % de carga de la batería en cuestión, en función del tiempo de carga de una batería ion litio, el cual esta dimensionado para una cierta capacidad (en kWh) de una batería dada y cuya escala variará en función de esta. Se puede observar que la curva de capacidad crece rápidamente hasta el 80% de capacidad de carga y, a partir de este punto, la curva va aumentando lentamente hasta alcanzar la carga

completa, de esta forma se observa que tarda aproximadamente 2 veces más en cargar el último 20% de capacidad, que hasta llegar al 80% de esta.

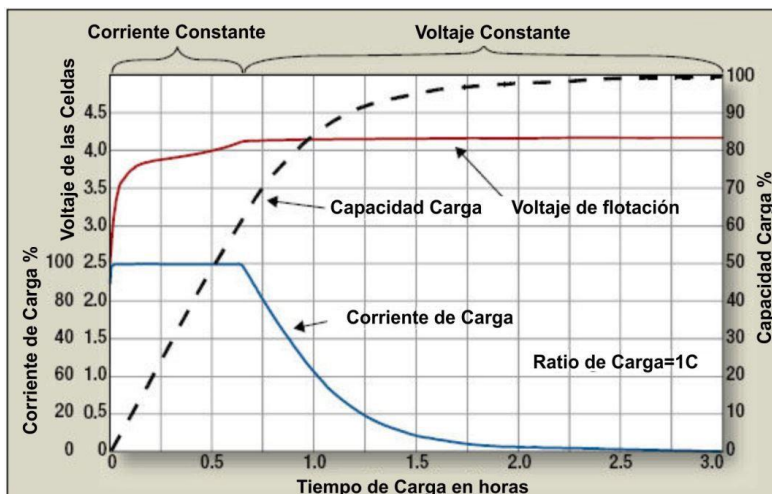


Figura 11: Curva de capacidad de carga de una batería Ion Litio (Fuente: Fácil Electro)

En definitiva, estas baterías representan un aspecto fundamental de los vehículos eléctricos y se constata el creciente interés de las empresas en desarrollar y ofrecer nuevas soluciones para su implantación en estos automóviles. De esta forma, la oferta de baterías se ha visto incrementada exponencialmente y por ello, según Bloomberg New Energy Finance, el precio de las baterías, que estaba por encima de los \$1,100 por kWh en 2010, se ha reducido un 87% hasta \$156 por kWh en 2019. Además, se espera que los precios sigan bajando hasta los \$100/kWh para 2023 (Henze, 2019).

2.4 SISTEMAS DE RECARGA

Todo potencial usuario de un vehículo eléctrico, antes de realizar la compra, se plantea cómo va a recargarlo y que tecnología va a emplear para ello. En la actualidad, existen varios sistemas y modos de recarga, que se detallarán a continuación; de la misma forma, al tratarse de una batería que precisa de electricidad para su carga, este suministro puede venir directamente de la red o se pueden emplear otro tipo de energías renovables de autoconsumo para realizarlo. Por ello, dicho usuario debe tomar una serie de decisiones que van más allá de la simple compra del coche eléctrico.

De esta forma, se analizan las principales soluciones para la recarga de un vehículo eléctrico, en función de sus distintas aplicaciones, y se diferencia entre:

- **Sistema de recarga vinculado.** Está principalmente orientado para usuarios de una vivienda unifamiliar, empleando una caja instalada en la pared y puede llegar a soportar una potencia de 7,3 kW.

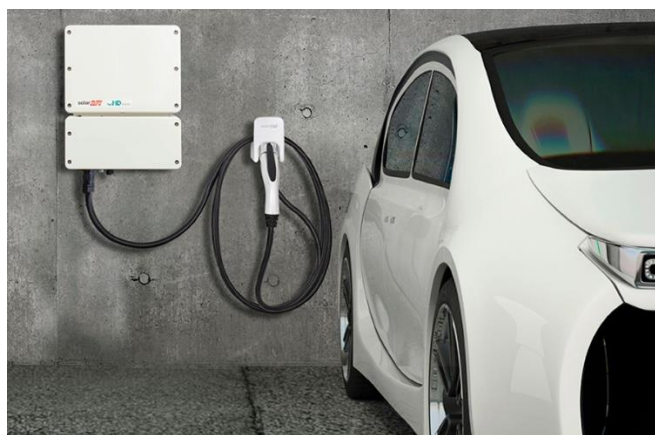


Figura 12: Sistema de recarga vinculado (Fuente: Movilidad Eléctrica)

- **Sistema de recarga convencional.** Está orientado a aparcamientos en multipropiedad en los cuales se precisa de una solución que permita proporcionar al usuario información básica como el tiempo de recarga o el consumo demandando, se emplea una caja instalada en la pared tipo “Smart” para poder realizar esta gestión y se emplea con potencias entre 7 y 15 kW.



Figura 13: Sistema de recarga convencional (Fuente: Simon Electric)

- **Sistema de carga rápida.** Está diseñado para aparcamientos o edificios en los que se prevé una gran afluencia de vehículos eléctricos, se considera que a partir de más de 12 usuarios es necesario este sistema. Además, en este tipo de instalación se precisa de una completa gestión y control de la carga, así como de la potencia demandada. En este caso, las potencias de uso oscilan entre 15 y 40 kW.



Figura 14: Sistema de carga rápida (Fuente: Híbridos y Eléctricos)

- **Sistema de carga ultra-rápida.** Este último sistema de carga está orientado a las denominadas “electrolineras”, que son infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos situadas en diferentes espacios públicos o estaciones de servicio, similares a una gasolinera y proporcionando el mismo servicio que esta para coches electrificados. Este sistema debe poder recargar el vehículo en un lapso comprendido entre los 15 y 30 minutos y para ello debe emplear una potencia superior a 40 kW (e incluso a 100 kW, dependiendo de la instalación y su uso), lo que conlleva unos requisitos de seguridad muy exigentes.



Figura 15: Sistema de carga ultra-rápida. Electrolinera (Fuente: Xataka)

Así, se presenta la siguiente tabla con las principales características de los diferentes sistemas de recarga.

Tipo de Recarga	Vinculado	Convencional	Rápida	Ultra-Rápida
Potencia Máxima	7,3 kW	15 kW	40 kW	125 kW
Intensidad Máxima	32 A	32 A	63 A	125 A
Corriente	Alterna	Alterna	Alterna	Continua
Tiempo de Recarga	6 - 8 horas	6 - 8 horas	3 - 4 horas	30 minutos

Tabla 1: Sistemas de recarga (Fuente: Elaboración Propia)

En definitiva, tras conocer y analizar los distintos sistemas de recarga de un vehículo eléctrico, se concluye que un usuario particular empleará un sistema de recarga vinculado para su vivienda o, en el caso de disponer de un aparcamiento multipropiedad utilizado por varios conductores, se planteará el uso de un sistema de recarga convencional (Pallisé Clofent, 2015).

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

La situación climática en la que vivimos y el agotamiento y encarecimiento de los combustibles fósiles ha propiciado el auge y avance tecnológico de las fuentes de energía renovables, entre las que se incluyen las instalaciones solares fotovoltaicas. De igual manera, este escenario ha generado un aumento exponencial de la matriculación de los vehículos electrificados, incentivado también por las ayudas gubernamentales y la mejora continua de este tipo de vehículos, posicionándose ya estos como la solución en el medio plazo.

De esta forma, debido a que estas tecnologías, tanto la energía solar fotovoltaica como el vehículo eléctrico, llevan estando presentes en el mercado de forma extensiva más de 15 años, existen una gran cantidad de trabajos y proyectos relacionados con ambos conceptos. Por lo tanto, se realiza una exhaustiva investigación para poder comprobar cómo está el mercado e identificar las diferentes soluciones existentes en la actualidad.

En primer lugar, se han llevado a cabo numerosos proyectos de instalación fotovoltaica de autoconsumo para recarga de vehículos eléctricos para uso industrial y grandes superficies, ya sean polideportivos, naves industriales o aparcamientos al aire libre, entre otros. La conclusión obtenida para todo este tipo de proyectos es que resulta rentable económicamente, así como es totalmente factible desde el punto de vista técnico-legal, y es viable el diseño de una instalación fotovoltaica para cubrir la demanda de una estación de recarga de varios vehículos eléctricos.

Algunos de los proyectos relacionados con esta temática son los siguientes:

- Maqueda Mateos, A. (2019). *Diseño de una Instalación Fotovoltaica Conectada a Red y Recarga de Vehículos Eléctricos*. Universidad Rey Juan Carlos.
- González González, J. (2019). *Proyecto de Punto de Recarga de Coche Eléctrico con Instalación Fotovoltaica*. Universidad de La Laguna.

- Quintero Reyes, M. (2016). *Instalación fotovoltaica conectada a red sobre cubierta nave 2 de la Facultad de Informática con punto de recarga para vehículos eléctricos*. Universidad de La Laguna.

Igualmente, hay muchos proyectos enfocados a instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo conectadas a red en viviendas particulares, cuya tecnología se ha visto potenciada gracias, entre otros, a la legislación vigente, la cual favorece e incentiva esta generación. De esta manera, se puede apreciar que existen ya numerosas empresas dedicadas en exclusiva a este tipo de instalaciones, que además realizan un estudio económico y técnico para obtener el coste de la inversión y el periodo de retorno de esta. También se puede percibir que cada vez hay más tejados cubiertos con placas solares fotovoltaicas, indicando que se trata de una tecnología que está siendo de interés para los consumidores por las ventajas económicas que aporta. Por ello, la conclusión principal es que la energía fotovoltaica se puede aprovechar durante las horas de radiación solar, reduciendo considerablemente la demanda de la red eléctrica en los periodos punta del sistema y, por consiguiente, la factura de la luz. Así, se empieza a rentabilizar la instalación hasta alcanzar el periodo de retorno, a partir del cual la inversión está completamente amortizada.

Algunos de los proyectos en relación con este tema son:

- Rangel Romero, F. G. (2013). Proyecto de Instalación de Sistema Fotovoltaico Conectado a Red para Autoconsumo en una Vivienda Unifamiliar sita en Jerez de los Caballeros (Badajoz). Universidad Internacional de Andalucía.
- Bisquert Miralles, M. (2020). Diseño y Análisis de una Instalación Solar Fotovoltaica de 8,5 kWp para Autoconsumo Conectada a Red en una Vivienda Unifamiliar Ubicada en la Población de Jávea, Alicante. Universitat Politècnica de Valencia.
- Mateo Jiménez, J. (2015). Instalación Fotovoltaica para Autoconsumo en una Vivienda Unifamiliar. Universitat Politècnica de Catalunya.

Finalmente, existen diversos proyectos y soluciones para la instalación de un punto de recarga de vehículos eléctricos en viviendas y garajes, de forma que se puedan cargar las baterías de estos en la propia residencia habitual. De hecho, la mayor parte de los comercializadores de vehículos eléctricos son los propios instaladores del punto de recarga en la vivienda del cliente, facilitando la compra de un coche de esta tecnología. Esta instalación es relativamente sencilla y se compone principalmente de un cargador. Por lo tanto, se trata de una instalación viable tanto a nivel técnico, que dependiendo de las características del emplazamiento será más o menos complejo, como a nivel económico, puesto que la inversión se recupera en un plazo inferior a los 10 años.

Algunos trabajos relacionados con esta solución son:

- Pardo Espinosa, D. L. (2012). *Diseño Instalación Eléctrica Residencial para Carga de Vehículos Eléctricos*. Universidad de Los Andes.
- de la Mata Gómez, P. (2010). *Qué Hacemos para Poner a Cargar el Coche en Casa*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Álvarez Suárez, P. (2014). *Proyecto de Instalación Eléctrica de un Edificio de 12 Viviendas y Garaje con Instalación para Recarga de Vehículos Eléctricos*. Universidad de La Laguna.

En resumen, existen multitud de trabajos, proyectos y estudios relacionados tanto con la generación de electricidad a partir de energía solar fotovoltaica, así como con el vehículo eléctrico. Como se ha mencionado anteriormente, hay trabajos relacionados con la recarga de vehículos electrificados a partir de módulos solares fotovoltaicos instalados en naves industriales o aparcamientos exteriores, también se pueden encontrar proyectos sobre instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo en viviendas particulares y, por último, existen trabajos acerca de instalaciones de puntos de recarga para vehículos eléctricos en la residencia habitual.

Sin embargo, no existen proyectos y/o estudios que combinen estos 3 aspectos, es decir, las instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo, la vivienda habitual y la recarga del vehículo eléctrico. Por lo tanto, se constata la necesidad de llevar a cabo este proyecto que pretende unificar los 3 aspectos, dando lugar a un estudio de una instalación fotovoltaica de autoconsumo para recarga de un vehículo eléctrico en la vivienda habitual. Así, se consigue analizar esta situación desde el punto de vista de una economía familiar y se contemplan las diversas particularidades y variables que influyen en cada uno de los aspectos mencionados en su conjunto.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

Existen multitud de trabajos previos relativos a instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo en grandes superficies, naves industriales, centros comerciales, viviendas particulares o comunidades de propietarios. Estos proyectos muestran el avance que supone esta tecnología para la generación de energía eléctrica renovable, así como su eficiencia para la producción de esta. De igual manera, reflejan las múltiples posibilidades para poder adaptar esta fuente de energía verde a diferentes emplazamientos o situaciones, así como la facilidad de su instalación. Por otro lado, también destaca el interesante periodo de retorno de la inversión, teniendo en cuenta además la vida útil de este tipo de instalaciones, lo que origina la generación de beneficios durante gran parte del periodo de funcionamiento de la instalación. Más allá, teniendo en cuenta el precio de la electricidad de red y su encarecimiento, esta solución ve incrementado su potencial de aplicación, así como las ventajas y beneficios que ofrece.

También destaca la gran cantidad de proyectos que existen sobre la utilización de vehículos eléctricos para el desplazamiento de particulares y las diferentes soluciones para su recarga, ya sea mediante un cargador eléctrico particular o en una estación de recarga. Es una realidad que el vehículo eléctrico ha llegado al mercado para quedarse y, además, los departamentos de I+D+I de las compañías de automóviles están realizando grandes avances para incrementar su autonomía, mejorando la capacidad y densidad de las baterías. De igual manera, las empresas dedicadas a los puntos de recarga de vehículos eléctricos también están realizando mejoras en la rapidez y funcionalidad de estos, permitiendo un tiempo de recarga cada vez menor.

Es por esto por lo que la combinación de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo y el vehículo eléctrico suponen una mejora tecnológica a mayores que permite aunar la eficiencia energética proporcionada por los módulos fotovoltaicos, con

su ahorro económico implícito, y la sostenibilidad y reducción de las emisiones gracias al vehículo eléctrico.

No obstante, para ir más allá, este proyecto plantea realizar el análisis dentro del ámbito de la unidad familiar y, por lo tanto, supone un estudio extrapolable a la mayoría de la población. De esta forma, se trata de reflejar cómo una instalación fotovoltaica en una vivienda particular puede emplearse para la recarga de un vehículo eléctrico y analizar su viabilidad y rentabilidad dentro de la economía familiar, así como los aspectos que influyen en su conjunto.

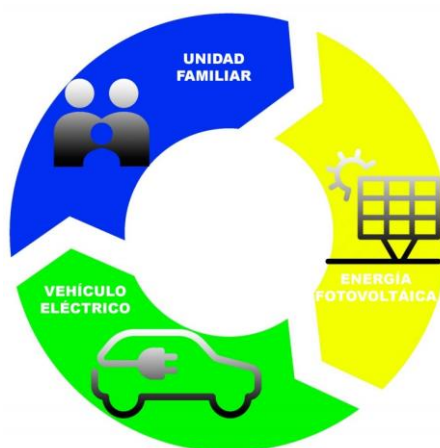


Figura 16: Economía circular propuesta en este proyecto (Fuente: Elaboración Propia)

Este trabajo no se centra tanto en la justificación puramente técnica puesto que, como se ha mencionado anteriormente, existen ya muchos proyectos y estudios relacionados con las instalaciones de fotovoltaica, así como con el vehículo eléctrico. Sin embargo, se centra en el análisis económico de esta instalación teniendo en cuenta variables que afectan a las unidades familiares, tales como el precio de la electricidad, la inversión inicial, el periodo de retorno de esta, los hábitos de convivencia y gasto energético, etc...

Además, para poder justificar esta solución, principalmente la referida a la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo, se debe realizar un análisis de la evolución de la legislación durante los últimos años para constatar cómo ha avanzado esta hacia una regulación más abierta y liberal respecto al autoconsumo, así como ver la influencia que ha tenido el sector eléctrico durante todo este proceso.

4.1.1 JUSTIFICACIÓN LEGAL

Para analizar la viabilidad del proyecto es necesario conocer la legislación que aplica, así como la evolución de esta a lo largo de los años, con el objetivo de comprender la normativa que aplica a las plantas de generación fotovoltaica y su futuro próximo. De esta forma, se pretende exponer las principales leyes que aplican dentro de este ámbito, así como aquellas que ya no están en vigor y/o han sido derogadas, con el fin de visualizar una línea temporal de la legislación referida a este aspecto.

La legislación que se analiza será la relativa a nivel nacional, entre la que se incluyen los Reales-Decretos, Leyes Orgánicas, Leyes Ordinarias..., así como el ordenamiento comunitario de la Unión Europea, al que debe ajustarse la normativa española desde la entrada de España en la Unión Europea.

En 1997, se publicó la *Ley 54/1997 del Sector Eléctrico* con los objetivos, entre otros, de garantizar el suministro y la calidad de este al menor coste posible, mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo y proteger el medio ambiente. En esta se autoriza la producción de energía eléctrica en régimen especial, así como se establece que esta producción será retribuida, y se disponen las obligaciones y derechos que tienen estos productores (Martín Valdivieso, 2015). De esta forma, se implanta que la retribución por la producción de energía eléctrica se realiza de dos maneras:

- **Incorporando la energía excedente a la red** (indirectamente). Las instalaciones dedicadas a la producción perciben el precio que pagan los consumidores más una prima.
- **Participando en el mercado de producción** (directamente). Los productores formarán parte del mercado organizado y perciben, además de la prima y la remuneración por garantía de potencia y servicios complementarios, el precio marginal horario establecido por el mercado de producción.

Posteriormente, en 1998, se desarrolló la *Ley 54/1997* mediante el *Real Decreto 2818/1998*, estableciendo la regulación relativa a los requisitos para acogerse al régimen especial, así como el procedimiento de conexión a la red y el régimen económico, en relación con las primas.

Como mediante este último Real Decreto no se consiguió el desarrollo de las instalaciones en régimen especial deseado, se aprobó, en septiembre de 2000, el *Real Decreto 1663/2000* con el objetivo de desarrollar nuevamente la *Ley 54/1997* y simplificar las condiciones técnicas y administrativas para la conexión de las instalaciones solares fotovoltaicas a la red de baja tensión. Igualmente, se estableció la regulación para estas instalaciones (Gallego Chica, 2015).

Tras 4 años y un cambio de Gobierno, el *Real Decreto 436/2004* unificó la normativa para aprovechar la estabilidad generada por la aprobación de la Tarifa Eléctrica Media o de Referencia (TMR) y generar un marco normativo sólido, con el objetivo de atraer a nuevos productores de energía eléctrica a través de régimen especial. De forma similar a la *Ley 54/1997*, esta norma establece que los titulares de las instalaciones pueden escoger entre:

- **Vender la producción íntegra**, percibiendo el precio negociado en el mercado de producción más un incentivo por participar en este y, además, si corresponde, una prima.
- **Vender el excedente** de la energía eléctrica generada a un distribuidor, percibiendo de este un incentivo en forma de tarifa regulada.

Esta norma mejora las condiciones respecto a la *Ley 54/1997* puesto que define las tarifas (incentivos y primas) como un porcentaje de la TMR, garantizando una cierta estabilidad en los precios. De igual manera, establece el número de años durante los cuales se reciben las retribuciones económicas y amplía el margen de potencia para obtener la prima máxima por kWh, generando un mayor beneficio a los productores al obtener un precio de venta superior. En consecuencia, este Real Decreto supuso un punto de inflexión para

la creación e instalación de huertos solares en España, al mejorar sustancialmente las ventajas y condiciones establecidas en el anterior Real Decreto (Martín Valdivieso, 2015).

Seguidamente, con el objetivo de seguir impulsando la producción mediante energías renovables, se promulgó, en noviembre de 2005, la *Ley 24/2005* que incentiva aún más la instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica, autorizando mayores primas que las establecidas anteriormente.

Posteriormente, se reguló nuevamente la producción de energía eléctrica en régimen especial a través del *Real Decreto 661/2007* por el que se desvinculan las retribuciones del TMR, actualizando estas en función de otros índices, como el IPC o el precio del gas natural. De igual forma, se establece un rango para las primas en la generación eléctrica renovable, lo que da lugar a las primas más altas del sector fotovoltaico en España (Martín Valdivieso, 2015). De esta forma, se consigue proteger al promotor al mismo tiempo que se garantiza la cobertura de los costes del mercado eléctrico, fijando la prima mínima cuando el precio del mercado es demasiado elevado.

En 2008, un informe publicado por la Comisión Nacional de Energía (CNE), actualmente la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), indicaba que en mayo de 2008 ya se había alcanzado la potencia instalada de energía solar fotovoltaica prevista para el año 2010, por lo que el crecimiento de esta tecnología estaba siendo muy superior al esperado (Comisión Nacional de Energía, 2008). Este potencial incremento se identifica claramente en la *Figura 4*, en la que se representa la potencia solar fotovoltaica instalada en España anualmente, y se observa que la potencia de esta tecnología instalada entre 2007 y 2008 pasó de 617 MW a 3.350 MW, superando con creces el objetivo de 1.000 MW de potencia instalados para 2010.

En consecuencia, y con el objetivo de reducir esta tendencia de crecimiento exponencial, se elaboró el *Real Decreto 1578/2008* por el que se establecían cupos de potencia con distintas tarifas y se buscaba reducir paulatinamente el precio de dichas tarifas, hasta alcanzar un 10% anual.

Más allá, en diciembre de 2010, se promulgó la popularmente llamada “Ley Anti-fotovoltaica” mediante el *Real Decreto-Ley 14/2010*. Mediante este decreto se reduce la tarifa fotovoltaica de manera proporcional a la dimensión de la instalación, siendo las instalaciones fotovoltaicas de suelo, las cuales pueden disponer de mayor potencia instalada que las de techo al poder incorporar más colectores, las más perjudicadas. Igualmente, se obliga a las instalaciones ubicadas en cubiertas o fachadas a disponer de un punto de suministro conectado a la red por al menos el 25% de la potencia nominal instalada (Martín Valdivieso, 2015).

Además, en esta normativa se aplica el principio de retroactividad, aplicándose a todas las plantas fotovoltaicas acogidas a los anteriores Reales Decretos, por lo que se limitan las horas equivalentes de producción con derecho a prima, reduciéndose considerablemente las ventajas de estas instalaciones para los productores.

Siguiendo esta línea, el 31 de octubre de 2011, se promulgó el *Real Decreto 1544/2011* por el que se establece que todos los productores, tanto de régimen ordinario como de régimen especial, deberán pagar un peaje de acceso a la empresa distribuidora por conectarse a la red.

Un mes después, se publicó el *Real Decreto 1699/2011* por el que se volvió a simplificar los requisitos y condiciones para la conexión a la red de baja y alta tensión de las instalaciones de pequeña potencia de energías renovables, referidas como estas las que tienen menos de 10 kW instalado. También se empieza a definir la regulación del suministro de energía eléctrica producida en el interior de la red de un consumidor para su propio consumo, es decir, se comienza a establecer un marco regulatorio para el autoconsumo, promoviendo y facilitando el mismo.

Posteriormente, la no reducción del déficit tarifario del sector eléctrico urge al nuevo Gobierno a promulgar el *Real Decreto-Ley 1/2012*, por el cual se suprimen los incentivos económicos (tarifas, primas) para las nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, así como se establece la pérdida del régimen económico en las instalaciones de régimen especial en las que se realice alguna

modificación, aun siendo esta no sustancial. Cabe mencionar que este Real Decreto toma medidas de carácter temporal, por lo que se espera que esta reducción del incentivo para la creación de nuevas plantas de energía renovables se retome en el caso de que se prevea que no van a poder alcanzarse los objetivos relativos al consumo y producción de energía renovable, y por esto es conocido como “Ley de la Moratoria Renovable” (Martín Valdivieso, 2015).

A principios de 2013, el *Real Decreto-Ley 2/2013* suprime, debido a una necesaria reducción de costes del sistema eléctrico, las tarifas primadas, es decir, la opción de retribución de la energía generada en régimen especial de prima. De esta forma, se sustituye el régimen económico primado de las instalaciones de régimen especial por una tarifa regulada y, además, afectará a todas las instalaciones de producción que se acogen a este régimen, tanto existentes como nuevas.

Este mismo año, se aprobó el *Real Decreto-Ley 9/2013* por el que se adoptan nuevas medidas para garantizar la estabilidad financiera del sector eléctrico. Este sector lleva una década generando un déficit tarifario, lo cual se debe, principalmente, a que entre 2004 y 2012 los ingresos del sistema eléctrico por peajes de los consumidores se incrementaron un 122%, mientras que el aumento de los costes se elevó al 197%, convirtiendo este sistema en insostenible (Gallego Chica, 2015). De esta forma, mediante la presente norma se establecen una batería de medidas, dirigidas a todas las actividades del sector eléctrico, para garantizar la estabilidad de este sistema. Entre estas medidas, destaca la revisión de los precios de los peajes de acceso a la red y la habilitación al Gobierno para establecer un nuevo régimen económico para las actividades de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.

En diciembre, salió adelante la *Ley 24/2013 del Sector Eléctrico* con el objetivo de establecer un nuevo marco normativo para este sector clave, regulándolo para garantizar un suministro eléctrico al mínimo coste posible y corregir el déficit tarifario que venía sucediéndose durante más de una década. Para ello, se concretan los parámetros y criterios de revisión del régimen retributivo para las instalaciones de producción a partir de fuentes

de energía renovables, basándose en su participación en el mercado, en función de la evolución de los precios de referencia de este y las horas de funcionamiento previstas. Todo esto bajo una retribución regulada para garantizar que estas tecnologías puedan competir en el mercado eléctrico frente a otras fuentes de producción de energía.

Seguidamente, en junio de 2014, se promulgó el *Real Decreto 413/2014*, que establece la metodología del régimen retributivo específico para las instalaciones de producción a partir de fuentes renovables. De esta forma, se busca encontrar una solución viable económica y técnicamente para revertir el déficit tarifario en el que se encuentra sumido el sector eléctrico español, una vez superados los objetivos fijados para este tipo de instalaciones, gracias a los numerosos incentivos económicos recibidos por parte del Estado y financiados por los consumidores de electricidad a partir de la factura. Por ello, con el objetivo de reducir estos incentivos ya innecesarios por haberse superado las metas fijadas en materia de producción a partir de energías limpias, con esta norma se fijan las retribuciones que podrán recibir estas instalaciones:

- **Remuneración de mercado.** Venta de la energía vertida a la red valorada a precio de mercado (antes de tener en cuenta los peajes de acceso y otros impuestos que apliquen).
- **Remuneración a la inversión.** Cubrir, si procede, los costes de inversión de las instalaciones que no puedan ser recuperados, valorando estas por unidad de potencia instalada.
- **Remuneración a la operación.** Cubrir, si procede, la diferencia entre los costes de explotación de la planta y los ingresos por la remuneración de mercado.

Además, se prolonga la vida útil regulatoria hasta los 30 años para las instalaciones fotovoltaicas, a partir de la cual se dejará de percibir la remuneración a la inversión, así como la remuneración a la operación, siempre que no se haya alcanzado la considerada rentabilidad razonable.

No obstante, este Real Decreto certificaba un enorme recorte de la retribución específica a las instalaciones renovables, estimando la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) que esta normativa suponía un descenso de unos 1.700 millones de euros para estas remuneraciones, pudiendo suponer un recorte de hasta el 40% (“Industria Publica La Orden Con El Recorte de 1.700 Millones a Las Renovables,” 2014).

En 2015, se aplicó en España un impuesto especial a la generación fotovoltaica, el llamado “Impuesto al sol”, mediante el *Real Decreto 900/2015*, por el cual se regulaban las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las instalaciones de autoconsumo. Este impuesto se aplicó como un peaje por estar conectado a la red eléctrica y tener derecho a suministro cuando la energía generada por los paneles fotovoltaicos no fuese suficiente para abastecer la demanda eléctrica de la vivienda o instalación en la que se encontrasen ubicados. Por ello, los productores que realizasen autoconsumo debían abonar dicho peaje de acceso a la red de transporte y distribución por la potencia contratada.

Posteriormente, mediante el *Real Decreto-Ley 15/2018*, se derogó este “Impuesto al sol” y se promulgaron una serie de medidas para fomentar el uso de la energía solar, entre ellas, el autoconsumo, así como se establecieron las condiciones administrativas, técnicas y económicas para las distintas modalidades de autoconsumo. De esta forma, se establece que toda la energía dedicada al autoconsumo de origen renovable no está sujeta a ningún tipo de carga y/o peaje, así como que todas las instalaciones de autoconsumo inferiores a 100 kW están exentas de inscribirse en el registro de instalaciones de producción eléctrica (Espejo-Marín & Aparicio-Guerrero, 2020).

Igualmente, a través del Real Decreto 244/2019, se establecieron las condiciones para el autoconsumo fotovoltaico, incluyendo la figura del autoconsumo colectivo y el término “instalación de producción próxima a las de consumo y asociadas a las mismas”⁶, lo cual abre paso a las comunidades energéticas en las que los consumidores se organicen para generar su propia energía. Además, este Real Decreto completa el marco regulatorio para la derogación definitiva del denominado “Impuesto al sol”, reduciendo los trámites administrativos para los consumidores (Guijarro Ruiz, 2021). De igual manera, se implanta un sistema de compensación de excedentes para la energía producida en las instalaciones que no es consumida, por el cual la comercializadora deberá compensar en cada factura al cliente por la energía que este ha producido en exceso y vertido a la red. De esta forma, se establecen varias posibilidades respecto a esta compensación en función del tipo de instalación de autoconsumo:

- **Autoconsumo con excedentes acogidos a compensación.** Vender la energía en el “pool” eléctrico o compensar mensualmente la energía excedentaria mediante la valoración de esta según los tramos horarios. También establece que el importe a compensar no puede ser mayor que la valoración de la energía consumida de red.
- **Autoconsumo con excedentes no acogidos a compensación.** En este caso, los consumidores deben vender la energía en exceso en el mercado.

Así, según la Unión Española Fotovoltaica (UNEF), “El nuevo marco normativo sitúa al ciudadano en el centro del modelo energético, permitiéndole tener libre acceso a la producción y venta de la energía y haciéndole más responsable de su consumo, en línea con los principios establecidos por el paquete de medidas “Energía Limpia para todos los Europeos” y con la consecución de los objetivos del Acuerdo de París” (UNEF, 2019).

⁶ Este concepto permite el autoconsumo en instalaciones de producción de la misma vivienda, así como en otras situadas en las proximidades de esta.

Debido a esta nueva normativa, se produce un aumento exponencial de la potencia solar fotovoltaica instalada en España gracias a la reducción de los impuestos y tasas requeridas para el acceso a esta. Este incremento se ve reflejado en la *Figura 4*, en la que se aprecia que se pasa de 4.767 MW instalados en 2018 a 8.783 MW instalados en 2019, es decir, un aumento de un 84%. Esta tendencia se mantiene también durante 2020 con un incremento, respecto al año anterior, de un 34% y un aumento de la potencia instalada de 2.976 MW.

En junio de 2020 se promulgó el *Real Decreto-Ley 23/2020* por el que se promueven las inversiones en nueva capacidad de generación renovable, con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en 2050 mediante un sistema eléctrico 100% renovable. Mediante esta normativa se desarrolla, en línea con el concepto de autoconsumo colectivo del *Real Decreto 244/2019*, el término de comunidades de energía renovable. De igual manera, establece la obligación de desarrollar un marco retributivo para las instalaciones renovables mediante un procedimiento de concurrencia competitiva en el que el producto a subasta sea la potencia instalada y la variable de oferta, el precio por unidad de energía eléctrica, basado en el reconocimiento de un precio de la energía a largo plazo.

Por último y más recientemente, se publicó el *Real Decreto 960/2020* que establece la regulación de un régimen económico de las instalaciones de generación eléctrica a partir de fuentes de energía renovables a través de un mecanismo de subasta, con el fin de que estas puedan competir por el régimen económico en igualdad con el resto de los integrantes del mercado eléctrico. De esta forma, se establecerá un calendario de celebración de subastas en las se pujará por el precio de la energía (en €/MWh) y cada oferta adjudicataria tendrá un precio coincidente con el precio ofertado por cada periodo de negociación. Este precio no será objeto de actualización, para garantizar que el apoyo y condiciones prestados a los proyectos de energías renovables no tengan un efecto negativo sobre estas.

En conclusión, una vez analizada la evolución de la legislación a lo largo de los últimos 25 años, se muestra una clara tendencia hacia la liberalización del sector eléctrico, generalmente “monopolizado” por las compañías eléctricas de generación y distribución, para dar paso a un panorama mucho más abierto y accesible para el conjunto de los consumidores.

En la actualidad, no solamente se permite, sino que incluso se incentiva y bonifica a los productores de energía eléctrica mediante instalaciones solares fotovoltaicas de autoconsumo. De igual manera, se facilita la conexión de estas instalaciones a la red para permitir tanto el uso de esta cuando la generación fotovoltaica no es suficiente para abastecer la demanda eléctrica, como para vender los excedentes de la producción a la comercializadora mediante un balance neto, generando una reducción de la factura de la electricidad a los clientes.

Además, se está llevando a cabo un marco regulatorio interesante para el mercado de las energías renovables mediante un mecanismo de subasta, que permite la igualdad del régimen económico de estas frente al resto de participantes del mercado eléctrico.

Por lo tanto, desde el punto de vista legal, es totalmente factible, así como interesante económicamente, la generación de energía eléctrica mediante una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en una vivienda particular, la cual será empleada, en concreto, para abastecer un punto de recarga de vehículos eléctricos situado en esta. Además, teniendo en cuenta los objetivos de generación renovable propuestos por el Gobierno, en consonancia con la Unión Europea, resultar realmente atractiva esta inversión y supone un adelantamiento a lo que va a ser el día a día en un futuro próximo, permitiendo beneficiarse ahora del conjunto de remuneraciones y beneficios establecidos.

4.2 OBJETIVOS

El presente proyecto tiene como objetivo principal analizar, desde un punto de vista técnico-legal y económico, la viabilidad de la implantación de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo para la recarga de la batería de un vehículo eléctrico en España, teniendo en cuenta las diferentes variables que afectan a una unidad familiar, tales como el precio de la electricidad, la inversión inicial, el periodo de retorno, el incremento del gasto energético asociado a la recarga del vehículo eléctrico...

Por otro lado, los objetivos secundarios individuales del presente proyecto y derivados del objetivo principal son:

- Definir las necesidades técnicas de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en España.
- Definir las necesidades económicas de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en España.
- Definir las necesidades legales de una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en España.
- Dimensionar y cuantificar la inversión necesaria para una instalación solar fotovoltaica media para una unidad familiar en España.
- Dimensionar y cuantificar la inversión media necesaria para una instalación de un punto de recarga para un vehículo eléctrico en la propia vivienda para una unidad familiar en España.

4.2.1 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Además, este estudio está alineado principalmente con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propuestos por los Estados miembros de las Naciones Unidas en 2015 con el objetivo global de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos (*Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible*, 2015):

- **Salud y Bienestar.** Gracias al creciente uso del vehículo eléctrico, así como de las fuentes de energía renovables como las instalaciones solares fotovoltaicas, se reducen las emisiones de CO₂ y partículas a la atmósfera, mejorando la calidad del aire y, en consecuencia, se incrementa el bienestar general de la población.
- **Energía Asequible y No Contaminante.** El empleo de instalaciones solares fotovoltaicas permite la reducción del precio de la energía, así como una mayor eficiencia energética en su uso.
- **Industria, Innovación e Infraestructura.** El empleo y combinación de las tecnologías objeto del presente estudio resulta en un proyecto de innovación que permite aunar en una misma solución el vehículo eléctrico y la implantación de una instalación solar fotovoltaica dentro del ámbito de la unidad familiar.
- **Ciudades y Comunidades Sostenibles.** Gracias a la instalación de módulos fotovoltaicos en la propia vivienda y la utilización de vehículos eléctricos en la unidad familiar, se crean comunidades mucho más eficientes energéticamente, más limpias y, por lo tanto, más sostenibles.
- **Acción por el Clima.** La solución propuesta en el presente proyecto tiene como objetivo último mejorar la calidad del clima mediante la reducción de las emisiones y la producción de electricidad a partir de fuentes de energía renovables.



Figura 17: ODS alineados directamente con el presente proyecto (Fuente: Naciones Unidas)

4.3 METODOLOGÍA

La metodología propuesta para el desarrollo y estudio de este proyecto se enmarca en la metodología de investigación-acción, la cual se caracteriza por buscar un enfoque que pretenda la evolución del sistema eléctrico de autoconsumo a través de una instalación solar fotovoltaica para la recarga de un vehículo eléctrico, lo que conlleva un proceso tanto de la acción innovadora como de la investigación acerca de dicha acción en el marco del mercado eléctrico español.

Esta metodología es idónea como método de investigación para desarrollar soluciones de innovación. Para ello, se debe desarrollar un proceso cíclico y realimentado continuamente, es decir, se debe:

- Analizar y reflexionar sobre la cuestión detectada en la realidad de la unidad familiar.
- Planificar y organizar acciones concretas para llevar a cabo en relación con el consumo de energía para la recarga del vehículo eléctrico.
- Aplicar dichas acciones concretas y valorar los resultados del presente estudio, con el fin de obtener ciertas conclusiones.
- Si tras el análisis de las conclusiones no se alcanzan los objetivos planificados, las acciones deben ser nuevamente planteadas y desarrolladas para obtener unos resultados consolidados (negativos o positivos).

La selección de esta metodología de investigación se debe a la adaptabilidad que ofrece para afrontar proyectos asociados a la tecnología objeto de estudio. Adicionalmente, la realimentación del proceso de investigación-acción permite seguir ajustando los parámetros e hipótesis de cálculo y dimensionamiento a través de la reflexión, planteamiento e implantación de nuevas soluciones y acciones que proporcionen resultados concretos, promoviendo una mejora continua del proceso de investigación.

Capítulo 5. SOLUCIONES ALTERNATIVAS

A continuación, se proponen las alternativas para la ejecución de esta instalación, en función principalmente del uso de la instalación solar fotovoltaica y el medio de recarga del vehículo eléctrico. De esta forma, se pretende analizar si merece la pena hacer la inversión de la instalación fotovoltaica para emplearla en la recarga del vehículo eléctrico en la propia vivienda o si realmente es mejor consumir directamente de la red eléctrica para las horas de recarga del coche.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de este estudio es que pueda ser extrapolable al conjunto de la población y tomar una unidad familiar de referencia para ello. Por ello, para estudiar las propuestas es necesario definir en primer lugar el emplazamiento objeto de estudio, así como las características de este y los integrantes de la unidad familiar.

De esta forma, el emplazamiento que se va a estudiar se sitúa en el municipio de Lorquí (Murcia), concretamente en la Calle Pablo Neruda, 18, Código Postal 30564. Respecto a la situación, de cara a analizar la sensibilidad ambiental para la implantación de una instalación de generación de energía fotovoltaica, se va a emplear el visor GEOPORTAL, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España, que muestra los mapas de sensibilidad ambiental. De esta forma, se muestra a continuación en la *Figura 18* el mapa de general de España en el que se indican las distintas zonas, así como su distribución en superficie (en ha), y en la *Figura 19* se detalla la situación del emplazamiento mediante el uso del visor mencionado anteriormente.

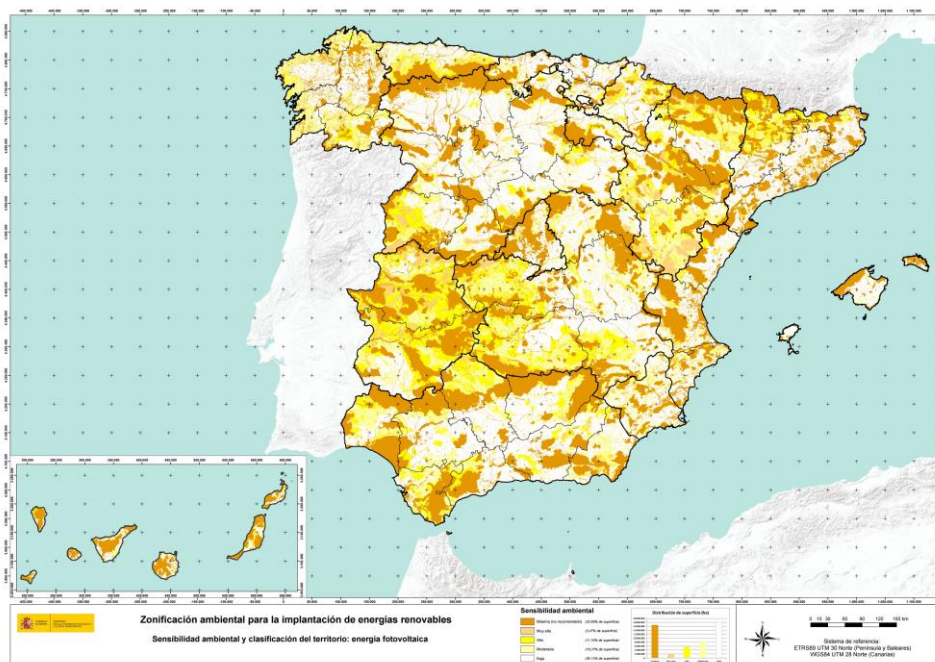


Figura 18: Mapa de España de zonificación ambiental para la implantación de energía fotovoltaica
(Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

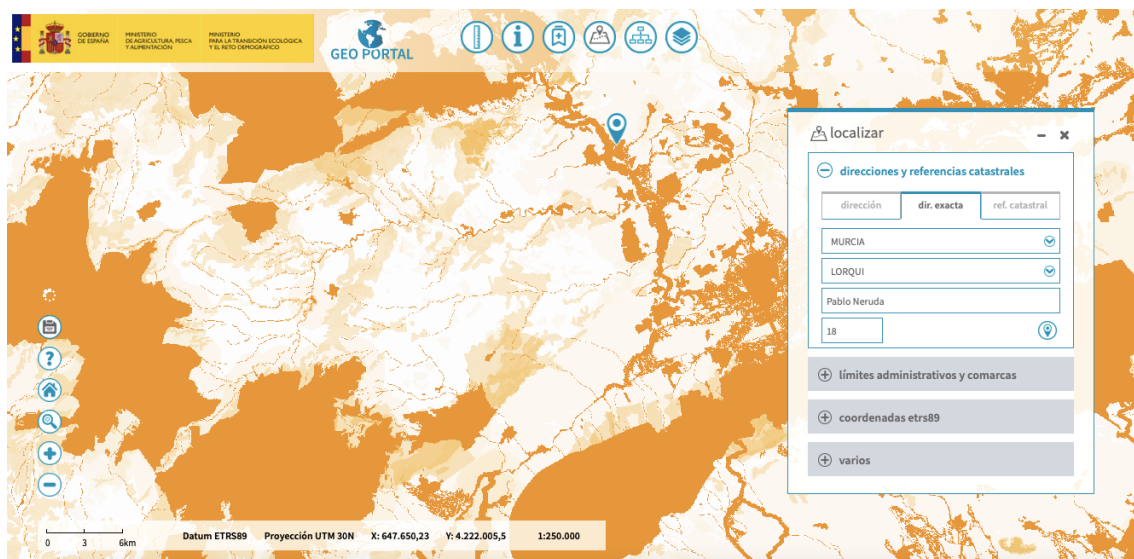


Figura 19: Situación del emplazamiento en el mapa de sensibilidad ambiental para la implantación de energía fotovoltaica (Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

Como se puede apreciar, la vivienda se sitúa en una zona de sensibilidad ambiental máxima, la cual representa un 32,85% de la superficie del territorio español. Por lo tanto, esta situación simboliza una gran parte de España y es por eso por lo que se ha elegido este emplazamiento para realizar este estudio.

De igual manera, se adjunta un recorte del plano de emplazamiento, que corresponde a un tejado a dos aguas, en el que van a instalarse los módulos fotovoltaicos para poder tener una percepción de las dimensiones de este. Además, cabe señalar que la orientación más adecuada de los colectores solares será orientando estos hacia el Sur para permitir que estén más tiempo en la dirección del Sol y optimizar la radiación solar que reciben. De esta forma, los paneles solares deben instalarse en la cara del tejado situada, según perspectiva del plano, abajo a la izquierda, es decir, la cara del tejado a dos aguas más próxima a la entrada a la vivienda.

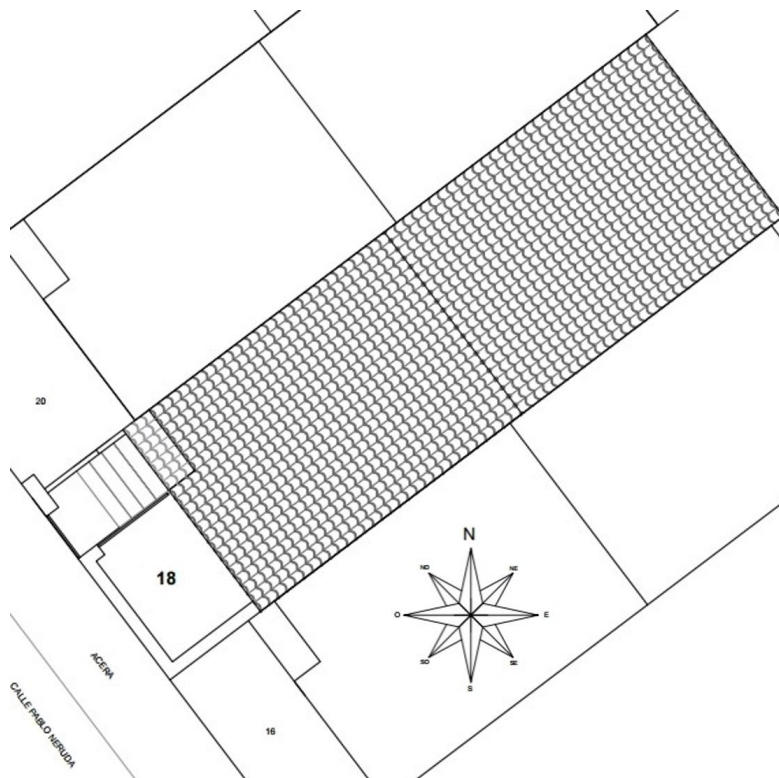


Figura 20: Detalle en planta del tejado de la vivienda y la orientación (Fuente: Elaboración Propia)

Por otro lado, la unidad familiar objeto de estudio está formada por una pareja (2 adultos) y 2 niños. Además, para poder realizar una estimación más precisa, se han recogido los datos reales del consumo eléctrico realizado durante el año 2020, los cuales se representan en la *Tabla 2*.

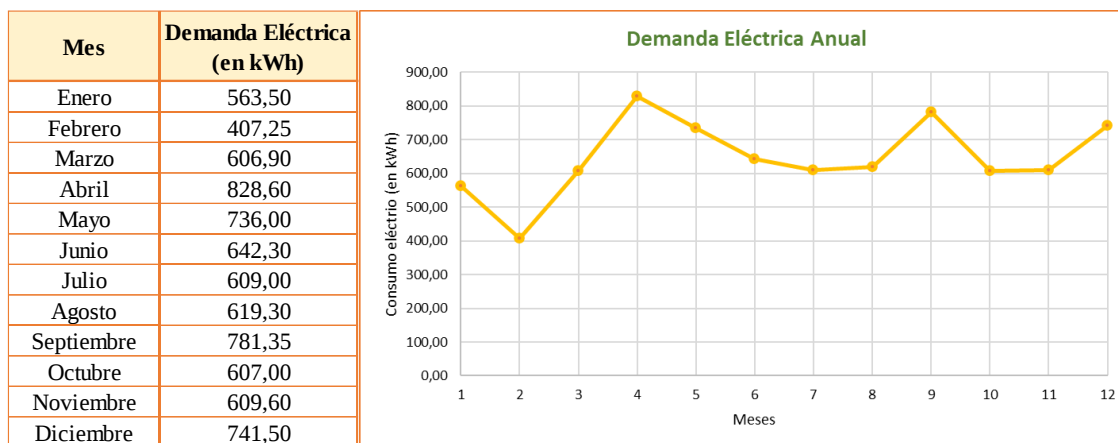


Tabla 2: Demanda eléctrica anual de la vivienda situada en C/ Pablo Neruda, 18, Lorqui durante 2020
(Fuente: Elaboración Propia)

Según estos datos, se estima que el consumo eléctrico anual se eleva a aproximadamente 7.750 kWh, con una demanda media mensual de 650 kWh.

Por último, se especifica el vehículo que se va a valorar y, en este caso, con el fin de llevar a cabo este proyecto con un modelo nuevo, que refleje la innovación que este estudio significa, se emplea el nuevo Volkswagen ID.4. Este vehículo se trata de un SUV 100% eléctrico, con una potencia de 150 kW (204 CV), una autonomía de hasta 501 km y una capacidad útil de la batería de 77 kWh (*Nuevo ID.4 | Volkswagen España, 2021*).



Figura 21: Volkswagen ID.4 (Fuente: Volkswagen)

Por lo tanto, una vez definidas las características y particularidades de nuestras variables objeto de este estudio, se proponen 2 soluciones alternativas para la recarga del vehículo eléctrico mediante una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en la vivienda, en función de si se cubre la demanda pico del vehículo eléctrico para su recarga con esta instalación o si se emplea además la red eléctrica. Todo esto con el objetivo de discernir de forma simple entre ambas soluciones, en función de la viabilidad técnica y la rentabilidad económica.

5.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA CUBRIR LA DEMANDA PICO DE LA BATERÍA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

En este caso, se dimensiona una instalación solar fotovoltaica que cubra la demanda pico de la batería del vehículo eléctrico durante su recarga, es decir, que se emplee únicamente esta fuente de energía para la recarga completa, utilizando el 100% de autoconsumo.

Para ello, se tiene en cuenta que la capacidad de la batería es de 77 kWh y estimamos un tiempo de recarga medio de 8 horas. Con estos datos, se emplea la *Ecuación 1* para dimensionar la potencia que debe generar la instalación fotovoltaica para recargar la batería del vehículo en un periodo de 8 horas, sin interrupciones.

$$E = P * t \rightarrow P = \frac{E}{t} = \frac{77 \text{ kWh}}{8 \text{ h}} = 9,625 \text{ kW}$$

Ecuación 1: Energía necesaria para recargar la batería en 8 horas

Por lo tanto, para poder cubrir la demanda pico de la batería del vehículo será necesaria una instalación fotovoltaica de 9,625 kW. De esta forma, empleando un módulo fotovoltaico de 530 Wp de potencia máxima, se calcula en la *Ecuación 2* la cantidad de módulos necesarios para poder cubrir la demanda pico de la batería.

$$n^{\circ} \text{ módulos} = \frac{P_{\text{instalación}}}{P_{\text{módulo}}} = \frac{9,625 \text{ kW}}{0,530 \text{ kW}} = 18,16 \sim 18 \text{ módulos}$$

Ecuación 2: N° de módulos fotovoltaicos necesarios para cubrir la demanda pico de la batería

Se necesitan 18 paneles fotovoltaicos para generar la potencia necesaria para poder recargar el vehículo eléctrico en un tiempo medio de 8 horas. Teniendo en cuenta las dimensiones del tejado a dos aguas y de los módulos, se estima que se pueden situar 6 módulos en cada lado de este. Por lo tanto, resultaría imposible poder generar toda la potencia requerida para la recarga de la batería por falta de espacio e imposibilidad de poder instalar más paneles solares.

Además, aunque se pudieran emplear paneles de mayor potencia y más pequeños, resultaría imprescindible colocarlos a ambos lados del tejado, por lo que no se estaría optimizando la orientación de estos, provocando un rendimiento inferior al esperado. Este es debido a que, como se puede observar en la *Figura 20*, la mitad de los módulos estarían orientados en dirección Noreste, lo cual resulta ser una orientación inadecuada para una instalación fotovoltaica situada en el hemisferio Norte.

Además, esto provocaría un alargamiento del periodo de retorno de la inversión, que se vería incrementado por el uso de equipos más potentes, con mayor cantidad de módulos y un menor rendimiento conjunto de la instalación, hasta el punto de no resultar rentable esta.

De esta forma, se plantea una segunda alternativa mediante una instalación fotovoltaica de autoconsumo conectada a red y empleando ambas fuentes de energía para la recarga del vehículo eléctrico.

5.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED

A continuación, en la presente solución se dimensiona una instalación solar fotovoltaica que abastezca la demanda eléctrica del cargador del vehículo eléctrico junto con el suministro de red, es decir, se satisface parte de la demanda con los módulos fotovoltaicos y otra parte, directamente de la red eléctrica.

Esta solución supone una inversión mucho menor a la planteada en la propuesta anterior pues implica la instalación de un menor número de colectores solares, por lo que hay una

menor potencia instalada, se reduce el cableado y la sección de este, y la capacidad del inversor empleado es menor. Por lo tanto, el periodo de retorno de esta inversión resulta ser más corto y la instalación se puede empezar a rentabilizar desde mucho antes.

De igual manera, se instalan los módulos fotovoltaicos en la cara del tejado a dos aguas que tiene la mejor orientación, con el objetivo de aprovechar el rendimiento de estos y la radiación solar incidente. De esta forma, se tendrá una potencia instalada equivalente al número de placas que quepan en la orientación Sur del tejado y su potencia por módulo. Así, el resto de la potencia necesaria para la recarga se obtendrá directamente de la red eléctrica.

Por lo tanto, la instalación fotovoltaica se llevará a cabo en el lado del tejado que presenta orientación Sur para obtener el mejor rendimiento posible y, por ello, teniendo en cuenta las dimensiones del tejado y de los módulos, se pueden instalar un total de 6 paneles, tal y como se demuestra en el *Capítulo 6*.

De esta forma, empleando 6 módulos fotovoltaicos de 530 Wp de potencia máxima y mediante la *Ecuación 3*, se obtiene la potencia total de la instalación.

$$P_{\text{instalación}} = n^{\circ} \text{módulos} * P_{\text{módulo}} = 6 * 530 \text{ W} = 3.180 \text{ W} = 3,18 \text{ kW}$$

Ecuación 3: Potencia total de la instalación solar fotovoltaica

La instalación solar fotovoltaica objeto de este proyecto tendrá una potencia instalada de 3,18 kW. Así, teniendo en cuenta que para recargar la batería del vehículo eléctrico de 77 kWh en 8 horas se necesita una potencia de 9,625 kW, tal y como se demuestra con la *Ecuación 1*, se cubren los 6,445 kW restantes directamente de la acometida de red.

En resumen, se dimensiona una instalación fotovoltaica compuesta por 6 módulos de 530 Wp de potencia máxima que proporcionan una potencia de 3,18 kW, a la vez que se emplean 6,445 kW obtenidos directamente de la red. De esta forma, teniendo en cuenta la potencia instalada de placas solares y el tiempo de recarga, mediante la siguiente ecuación, se obtiene la energía proporcionada a la batería del vehículo eléctrico.

$$E = P * t = 3,18 \text{ kW} * 8 \text{ h} = 25,44 \text{ kWh}$$

Ecuación 4: Energía suministrada al vehículo eléctrico por la instalación fotovoltaica en 8 horas

Así, la instalación fotovoltaica suministrará 25,44 kWh a la batería, lo que supone aproximadamente un 33% de la capacidad de esta. Por su parte, la acometida de red proporcionará el 67% de la energía restante.

Además, como el consumo medio combinado, según el procedimiento WLTP⁷, de energía del Volkswagen ID.4 es de 18 kWh / 100 km (*Nuevo ID.4 | Volkswagen España, 2021*), se obtiene que mediante la recarga de la batería con los módulos fotovoltaicos durante 8 horas se alcanza una autonomía de aproximadamente 140 km, pudiendo llegar este valor a 165 km si se trata de un consumo extraurbano.

Por lo tanto, queda de manifiesto que con la primera solución no existe suficiente espacio en el tejado para poder realizar la instalación completa o se estarían situando los módulos con la orientación inadecuada para optimizar el rendimiento de estos.

De esta forma, de las anteriores afirmaciones se puede deducir que esta segunda solución puede ser más interesante a la finalidad del presente estudio, dado que lo que prevalece es la viabilidad, tanto a nivel técnico como económico, del proyecto desde el punto de vista de la unidad familiar. De tal modo que como solución definitiva a desarrollar se va a optar por la instalación fotovoltaica conectada a red para cubrir la demanda de la batería del vehículo eléctrico.

De esta forma, se procederá a realizar el dimensionamiento de la instalación, desde el punto de vista técnico como económico. Por consiguiente, esto será tratado en el *Capítulo 6*, en el que se detalla y dimensiona la solución definitiva.

⁷ El WLTP (Worldwide harmonised Light vehicles Test Procedure) es el nuevo protocolo para realizar las pruebas para medir el consumo de carburante, las emisiones de CO₂ y los contaminantes de los vehículos ligeros en la Unión Europea (*El Procedimiento WLTP, n.d.*).

Capítulo 6. SOLUCIÓN DEFINITIVA

Para cumplir los objetivos planteados y aunar en una misma solución la economía de la unidad familiar, una instalación solar fotovoltaica y el vehículo eléctrico, se procede a dimensionar una instalación fotovoltaica conectada a red para la recarga de un vehículo eléctrico en una vivienda particular.

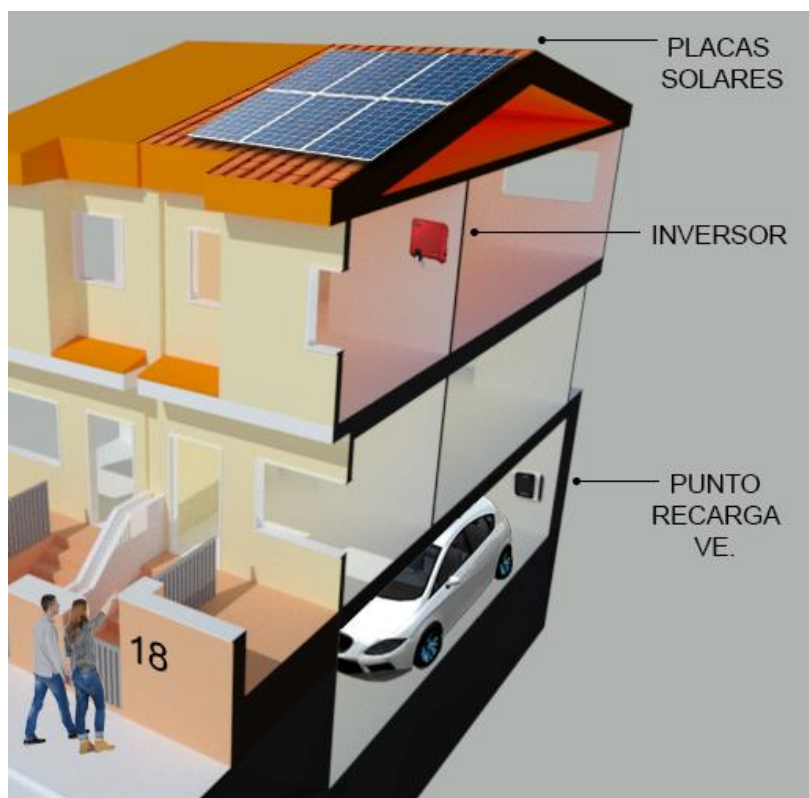


Figura 22: Representación de la instalación definitiva (Fuente: Elaboración Propia)

De esta forma, se pretenden definir los procesos, metodología y sistemas técnicos empleados para el desarrollo del presente proyecto con el objetivo de obtener la solución más eficaz posible, tanto desde el punto de vista económico como técnico, buscando la mayor calidad y eficiencia posibles.

6.1 DISEÑO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA

En primer lugar, se presenta el plan de trabajo y diseño de la instalación fotovoltaica para abastecer el punto de recarga del vehículo eléctrico. Por su parte, también se indica la instalación relativa a la conexión con la acometida de red eléctrica.

Por lo tanto, las tareas que conforman el plan de trabajo e influyen en el diseño de la instalación se indican a continuación:

1. Comprobación de las instalaciones y formación del equipo de trabajo

En primer lugar, se realizará una visita inicial al emplazamiento, previa al comienzo de las obras, para analizar el estado de la infraestructura y la viabilidad sobre el terreno de la instalación fotovoltaica de autoconsumo. De esta forma, se comprobará que las consideraciones y estudios se corresponden con el presente proyecto, a fin de poder realizar cuantas subsanaciones y/o replanteos sean necesarios.

Igualmente, una vez analizadas las necesidades y requisitos de la instalación, se designará a los técnicos y operarios necesarios para la correcta y adecuada ejecución del proyecto.

Por último, antes del inicio de las obras, se debe elaborar un Plan de Seguridad y Salud que establece las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de instalación, reparación, conservación y mantenimiento desarrollados durante la obra.

2. Montaje de elementos auxiliares y de protección

Una vez hecha la comprobación de las instalaciones y teniendo en cuenta que se trata de un proyecto que se realiza en gran parte en altura y sobre tejado, se precisa la instalación de elementos de protección personal para garantizar la seguridad tanto de los operarios y técnicos como de las personas que se encuentren en las inmediaciones de esta.

Para ello, se instalará vallado alrededor de todas las zonas de acceso restringido al personal de obra, así como paneles y carteles informativos indicando tanto los peligros como las medidas de seguridad necesarias para el acceso a la zona de trabajo. También se instalarán los elementos de iluminación necesarios para la correcta visibilidad en la ejecución del proyecto, así como escaleras de seguridad para acceder a los lugares situados a diferente nivel. Además, se instalarán mallas y barandillas de protección en toda la zona para evitar caídas y desprendimientos de objetos y también se fijarán “líneas de vida” para poder conectar los arnés anticaída del personal que opere en altura. A continuación, se muestran en la *Figura 23* las principales medidas de protección y seguridad a implantar en el lugar de ejecución de la instalación.



Figura 23: Elementos de protección y seguridad (Fuente: Elaboración Propia)

De igual manera, se instalarán los equipos de elevación necesarios para transportar los elementos a instalar en el tejado de manera adecuada y con el fin de evitar accidentes.

3. Montaje de la estructura de los módulos fotovoltaicos

En primer lugar, para la realización del montaje de los paneles sobre el tejado es necesario valorar si se precisa de una estructura coplanar o una estructura inclinada. Mediante la estructura coplanar se sitúan todos los módulos con la misma inclinación que la del propio tejado, de esta forma, se evitan sombras entre unos generadores fotovoltaicos y los situados detrás y, además, se reduce el impacto visual. Por su parte, la estructura inclinada permite obtener el ángulo de inclinación idóneo para la óptima irradiancia solar sobre estos.

El tejado de la instalación presenta una inclinación de 18,4° respecto al nivel del suelo y este ángulo resulta óptimo para la orientación de los módulos fotovoltaicos. De esta

forma, se recurre a la instalación de una estructura coplanar que, además de evitar la generación de sombras entre paneles y reducir el impacto visual de la instalación, resulta más económico y sencillo de instalar. Además, al situarse en el mismo plano que la estructura del tejado, se evitan problemas relacionados con el viento.

Así, esta tarea consiste en la instalación de una estructura de soporte coplanar en el tejado a dos aguas para los distintos módulos fotovoltaicos, que será de aluminio anodizado con tornillería de acero inoxidable para garantizar la vida útil de esta.

Debido a que se trata de un tejado con estructura de tejas, se empleará un elemento denominado “salvateja” para la instalación del soporte coplanar. Este elemento consiste en una estructura de aluminio anodizado que se coloca debajo de una teja y tiene un extremo que sobresale por el lateral de esta para poder colocar el soporte. Para ello, se requiere ir levantando las tejas del tejado para poder colocar y atornillar este elemento auxiliar para la estructura y, posteriormente, volver a ir colocándolas, haciendo hincapié en que todas las uniones queden perfectamente selladas garantizando la impermeabilidad de la vivienda y evitando cualquier problema de goteras y/o humedades.



Figura 24: Estructura coplanar con "salvatejas" (Fuente: TeknoSolar)

Por otro lado, como se instalarán 6 módulos fotovoltaicos, con el objetivo de obtener la mejor disposición, en relación con la eficiencia y el espacio disponible en el tejado, se ubicarán 3 paneles por estructura, formando 2 strings.

4. Instalación del cuadro de protecciones y cajas de conexión

Durante esta fase se instalarán las diferentes cajas de conexión para unir los distintos tramos y ramas de la instalación eléctrica, considerándose conveniente su instalación antes de comenzar con el tendido del cableado. Además, se procederá a la instalación de fusibles de 16A (*Véase Anexo IV*) en un cuadro de protecciones situado tras los módulos fotovoltaicos, así como los interruptores magnetotérmicos y diferenciales correspondientes en el Cuadro General de Baja Tensión (C.G.B.T.) para proteger el circuito, así como los equipos conectados a este. En la siguiente figura, se muestra el detalle del cuadro de protecciones y del C.G.B.T., con la configuración previa y los elementos a instalar para este proyecto.

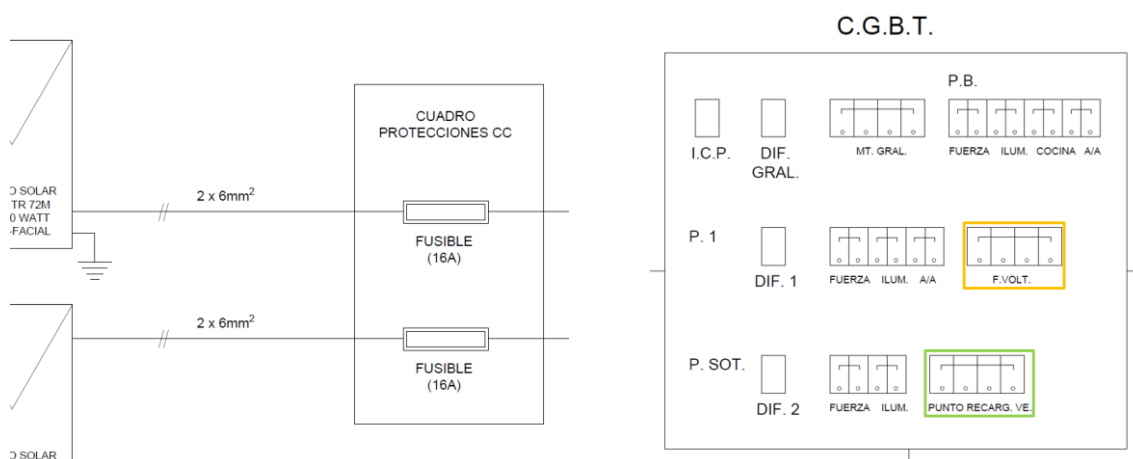


Figura 25: Cuadro de protecciones y C.G.B.T. (Fuente: Elaboración Propia)

5. Instalación de los módulos fotovoltaicos

A continuación, se procederá al montaje de los módulos fotovoltaicos sobre la estructura de soporte coplanar instalada en el tejado de la vivienda utilizando las sujeciones necesarias de aluminio y acero inoxidable para la correcta instalación de los distintos paneles, a fin de evitar el efecto de los agentes atmosféricos y prolongar su vida útil. Gracias a este sistema, mediante las pinzas que se muestran en la *Figura 26*, los módulos estarán dispuesto de manera coplanar, aunque se permitirá un ligero ajuste de la

inclinación con el fin de obtener la orientación adecuada para lograr el mayor rendimiento de estos.

Pinzas intermedias para módulos

Referencia: 420082

La pinza intermedia se coloca en la posición deseada del rail y sujeta el módulo. Su altura puede ser ajustada al grosor del marco del panel usando un tornillo de cabeza hexagonal.

Tipos de estructura en los que aparece: 2, 3

Dimensiones: 38 X 40 X 60 mm

Material: Aluminio, acero

Sujeción: Sujeción interior



Pinzas finales para módulos

Referencia: 420081

La pinza se coloca al final del rail de soporte y, como la pinza intermedia, se ajusta al grosor de los marcos de los paneles.

Tipos de estructura en los que aparece: 2,3

Dimensiones: 35 X 40 X 60 mm

Material: Aluminio, acero

Sujeción: Sujeción interior

Figura 26: Pinzas para módulos fotovoltaicos (Fuente: Saclima Solar Fotovoltaica)

Para la elección de los paneles solares, se ha realizado una revisión del catálogo de dos de los principales distribuidores de soluciones fotovoltaicas en España, Saclima y SunFields. Se ha valorado para la elección de estos las siguientes variables:

- **Dimensiones del tejado.** Espacio útil para la instalación, respetando las zonas de tránsito necesarias para la realización del montaje, así como para las posteriores labores de mantenimiento preventivo y correctivo.
- **Dimensiones de los módulos.** Medidas de las placas que mejor se adaptan al espacio útil del tejado y permiten cubrir prácticamente la totalidad de este.
- **Fabricante.** Elección de un fabricante de reconocido prestigio a nivel mundial.
- **Tipo de celdas.** Necesidad de un módulo monocristalino.
- **Peso.** Placas que sea capaz de soportar el tejado, teniendo en cuenta que está compuesto por tejas.
- **Potencia.** Parámetro principal con el que poder conseguir una potencia total instalada óptima para nuestra solución.
- **Rendimiento.** Módulo que proporcione un rendimiento adecuado a sus características y, a poder ser, mayor a la media del mercado.

- **Precio.** Variable esencial para poder amortizar la instalación en un periodo de retorno interesante.

De esta forma, para la ejecución de este proyecto se instalarán 6 módulos fotovoltaicos monocristalinos Jinko TR 72M 530M-7TL4-V Watt Mono-Facial de 530 Wp potencia y se dispondrán 3 paneles por estructura, es decir, se ubicarán en 2 strings para ocupar el espacio existente. De esta forma, se obtendrá, tal y como se indica en el *Capítulo 5*, 0 una potencia total instalada de 3,18 kW.

Por otra parte, las placas estarán separadas unas de otras la distancia necesaria para poder realizar de manera sencilla las labores de mantenimiento preventivo y correctivo necesarias, así como para facilitar el desmontaje de los módulos en el caso de ser necesario.

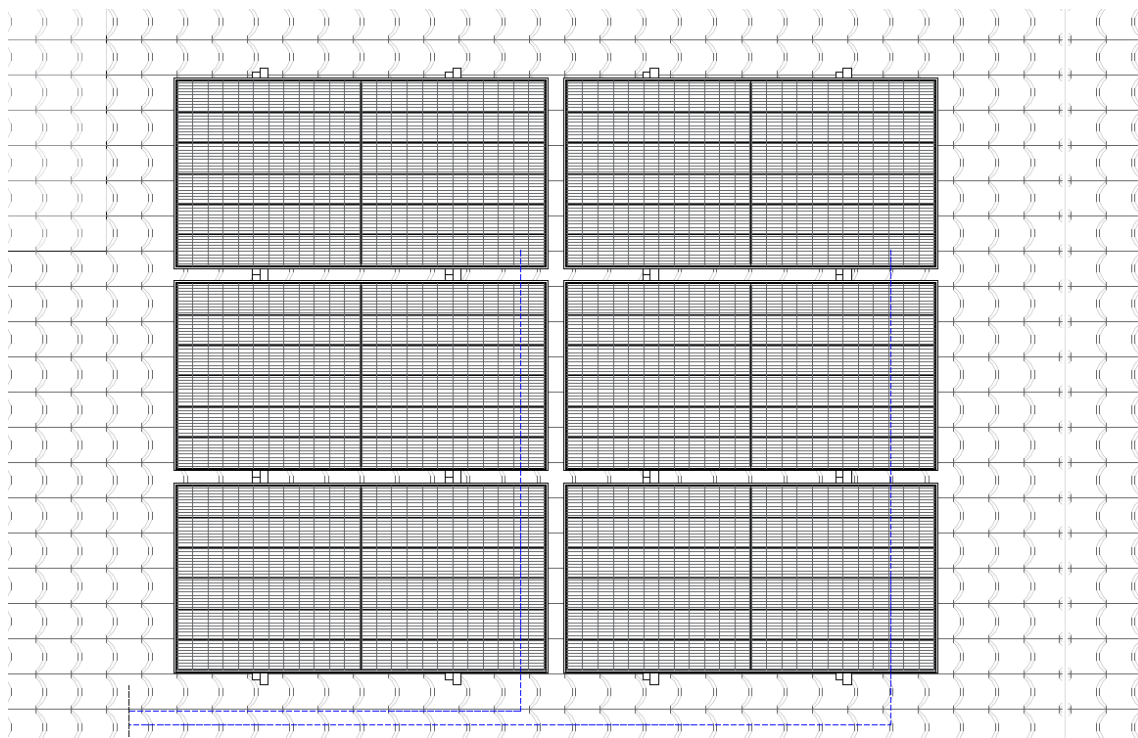


Figura 27: Representación en planta de los módulos fotovoltaicos (Fuente: Elaboración Propia)

6. Instalación del inversor y sistema de control

Una vez finalizado el montaje de los módulos fotovoltaicos, se realizará la instalación y conexión del inversor de corriente continua a corriente alterna, es decir, de la corriente que llega de las placas a la corriente general de la vivienda.

De esta forma, al igual que con los módulos fotovoltaicos, para la elección del inversor se ha realizado una revisión del catálogo de dos de los principales distribuidores de soluciones fotovoltaicas en España, Saclima y SunFields. Así, se ha valorado para la elección definitiva los siguientes parámetros:

- **Máxima potencia de entrada.** Esta potencia debe ser capaz de cubrir la potencia pico instalada.
- **Potencia de salida.** Esta potencia deberá ser suficiente para abastecer nuestra instalación en los parámetros indicados.
- **Rendimiento.** Inversor que proporcione un rendimiento adecuado a sus características y, a poder ser, mayor a la media del mercado.
- **Precio.** Variable esencial para poder amortizar la instalación en un periodo de retorno interesante.

Por lo tanto, para el desarrollo de este estudio se instalará un inversor Sunny Boy 3.0 de SMA (SB3.0-1AV-41). Según la ficha técnica de este equipo (*Véase Anexo V*), la máxima potencia de entrada es de 5,5 kW, por lo que cubriría completamente la potencia pico instalada, y la potencia de salida resulta ser de 3 kW.

De esta forma, se muestra que mediante este inversor se es capaz de aprovechar prácticamente la totalidad de la potencia pico instalada y, por lo tanto, resulta ser adecuado para nuestra instalación. Así, no se tiene que adquirir uno de mayor potencia, que resultaría más caro y nos daría prácticamente el mismo rendimiento.

El inversor se ubicará en la habitación situada justo debajo de los módulos y más próxima a estos, en la planta 1, tal y como se muestra en la *Figura 28*. Su montaje se realizará simplemente mediante atornillado a la pared correspondiente y se habilitará un armario

para la instalación, proporcionando un lugar fresco, sin polvo y protegido del alcance de los niños.

La conexión a los módulos fotovoltaicos se realizará formando 2 strings, cada uno formado por 3 paneles, optimizando de esta forma el rendimiento del inversor y obteniendo la mejor disposición del cableado, tal y como se indica en la *Figura 27*.

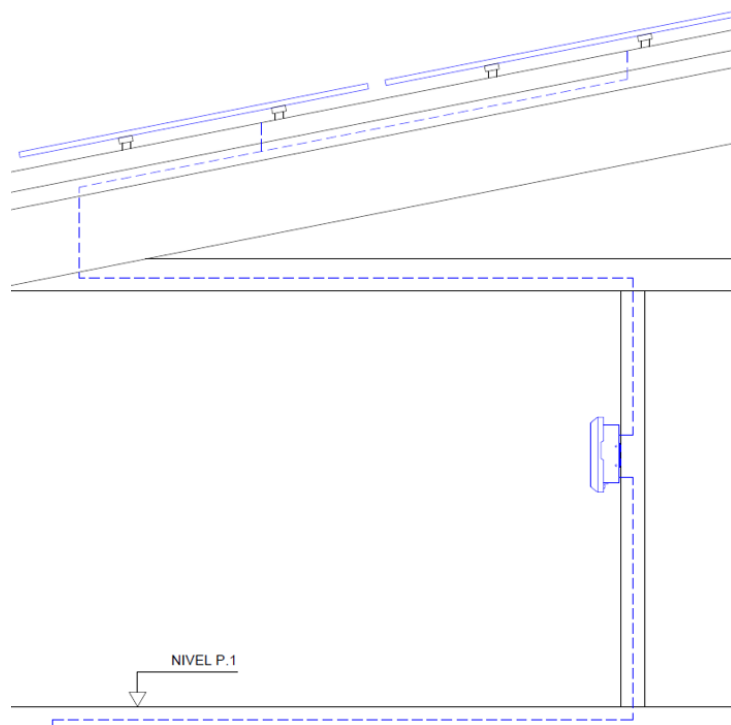


Figura 28: Representación en alzado de los módulos fotovoltaicos y del inversor (Fuente: Elaboración Propia)

Igualmente, se configurará el sistema de control SMA Sunny Home Manager 2.0, sistema de gestión inteligente integrado en el propio inversor que permite un uso más eficiente de la energía solar. Gracias a este sistema, se podrá realizar un seguimiento adecuado de la generación y del rendimiento de los módulos fotovoltaicos y del inversor. Además, es capaz de llevar un control programable de los flujos de energía, tomando de la red la energía necesaria cuando la producción está por debajo de la demanda y vertiendo a la misma la energía excedente cuando la producción se encuentra por encima de la demanda, realizando un eficiente mix energético.

7. Instalación del punto de recarga

A continuación, se procederá a la instalación del punto de recarga para el vehículo eléctrico en la planta sótano, donde se sitúa el garaje particular. Así, se garantizará un fácil acceso al mismo, así como las condiciones óptimas para su funcionamiento. Su montaje se realizará mediante fijación al muro del sótano/garaje correspondiente.

Para la elección del cargador a instalar, se han valorado los equipos de dos de los principales fabricantes que distribuyen en España, Circutor y Wallbox. De esta forma, se ha valorado para la elección de este las siguientes características:

- **Tipo de carga.** Se precisa de un tipo de carga en Modo 3, es decir, rápida.
- **Tipo de red.** Se utilizará una red trifásica, al igual que la de la vivienda.
- **Potencia de salida.** Este parámetro es clave para poder cubrir la demanda de la batería del vehículo eléctrico, por lo que, si se debe realizar la recarga en 8 horas, esta potencia deberá ser como mínimo de 9,625 kW, tal y como se muestra la *Ecuación 1*.
- **Precio.** Variable esencial para poder amortizar la instalación en un periodo de retorno interesante.

Por lo tanto, teniendo en cuenta estos parámetros, para la ejecución de este proyecto se empleará el equipo de recarga ePARK de Circutor.

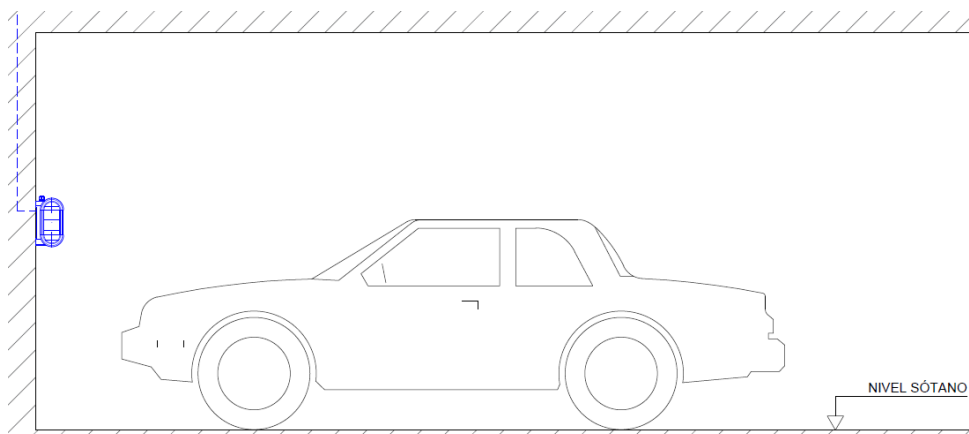


Figura 29: Representación en alzado del punto de recarga (Fuente: Elaboración Propia)

8. Canalizaciones, cableado e instalación eléctrica

Tras realizar el montaje tanto del inversor como de los módulos fotovoltaicos, así como de las cajas de conexión y protecciones, se instalarán las canalizaciones eléctricas necesarias para poder realizar todas las conexiones y garantizar la seguridad y durabilidad del cableado a instalar. Se tendrá especial cuidado en que todas las canalizaciones que vayan al aire libre estén protegidas frente a los fenómenos meteorológicos. Inmediatamente después, se procederá a la disposición del cableado en dichas canalizaciones.

Por su parte, la acometida de red eléctrica ya se encuentra instalada en la vivienda y, por lo tanto, no requiere la realización de ninguna modificación.

Por otro lado, se realizará la conexión eléctrica desde el Cuadro General de Baja Tensión de la propia vivienda hasta el punto de recarga del vehículo eléctrico situado en la planta sótano. Dicha conexión se realizará mediante un sistema trifásico (R+S+T+N) para permitir una potencia de salida del cargador mayor y obtendrá la energía y potencia tanto de la instalación solar fotovoltaica como de la red. Así, el consumo de red se contabilizará directamente en el CUPS⁸ de la propia vivienda.

Además, se pondrá especial atención en comprobar las conexiones a tierra, de forma que tanto los paneles solares, como el inversor y el punto de recarga, presenten toma de tierra independiente con el objetivo de proteger los equipos individuales. Como se ha indicado anteriormente, también se instalarán los correspondientes interruptores magnetotérmicos y diferenciales en el C.G.B.T.

El conjunto de la instalación eléctrica está representado en los planos mediante su esquema unifilar (*Véase Anexo I*). De igual manera, se han realizado los cálculos para el dimensionamiento del cableado en el *Anexo IV*.

⁸ CUPS: Código Unificado de Punto de Suministro

9. Pruebas

Tras la finalización de toda la instalación, se llevará a cabo un periodo de prueba del conjunto, en el cual se verificará que este funciona correctamente en su totalidad y se obtiene el rendimiento y eficiencia adecuados. En caso de detectar alguna anomalía o pérdida, se procederá a subsanar este problema, garantizando así el funcionamiento óptimo de la instalación.

10. Gestión de residuos

Por último, en esta fase se llevará a cabo una correcta gestión de los residuos generados durante el trascurso de todo el proyecto. De esta forma, se cumplirá toda la normativa en relación con la gestión de los residuos y en materia medioambiental.

6.2 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

El anterior plan de obra pretende establecer la organización y programación de los trabajos para la ejecución del proyecto. Para la correcta realización de las diferentes tareas necesarias para el montaje y la puesta en marcha de la instalación se ha realizado una división de los trabajos, incluyendo la duración estimada de los mismos, así como las diferentes interrelaciones entre las fases, con el objeto de llevar a cabo el proyecto en el menor tiempo posible y de la manera más eficiente y efectiva posible, empleando adecuadamente todas las sinergias de este para poder cumplir dicho propósito.

De esta forma, se representa a continuación, en la *Figura 30*, el Diagrama de Gantt⁹ de este proyecto, indicando las fases mencionadas en el apartado anterior y la duración estimada de las mismas.

⁹ “El diagrama de Gantt es una herramienta de gestión que sirve para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto y, además, reproduce gráficamente las tareas, su duración y secuencia, además del calendario general del proyecto.” (Pérez, 2021)

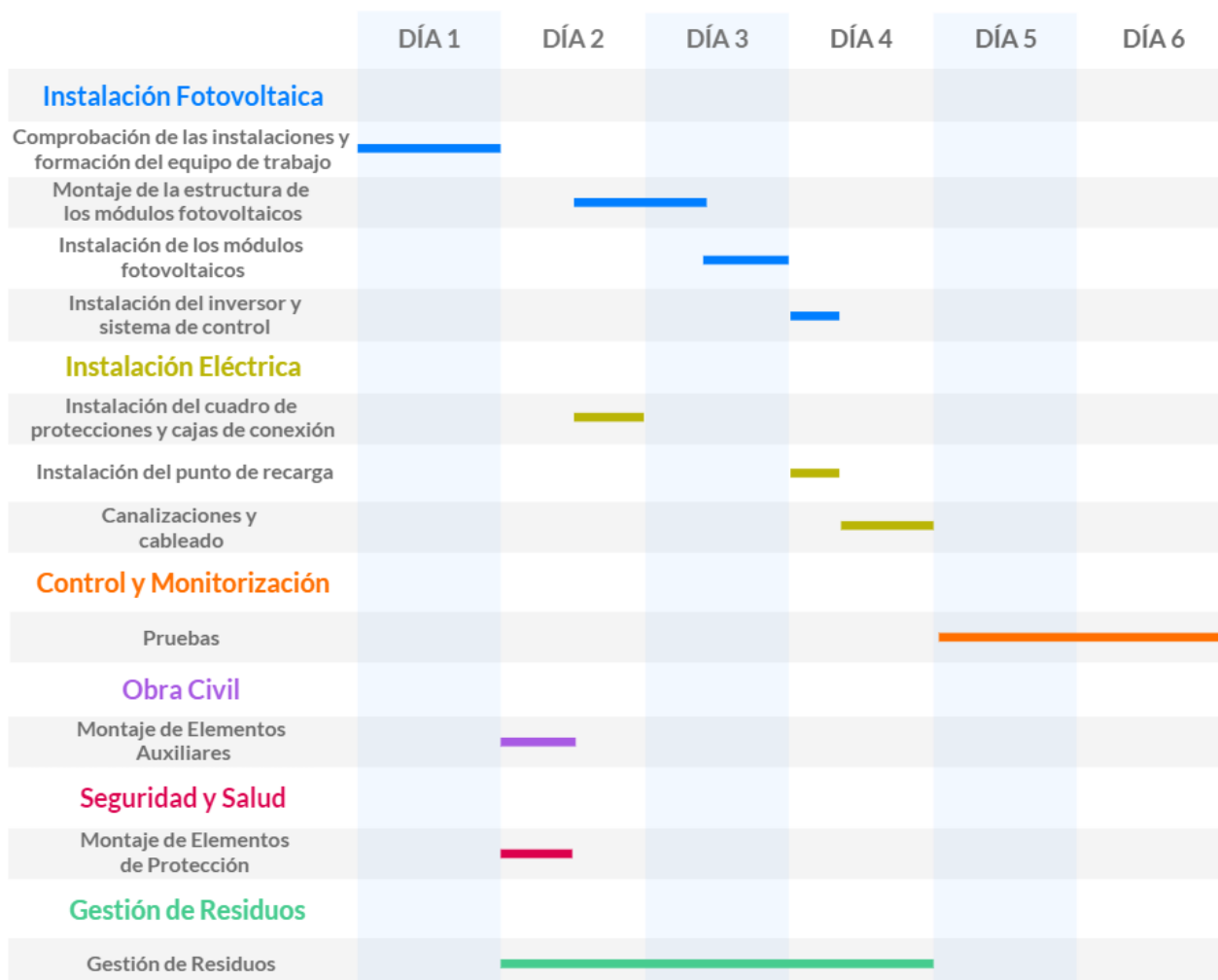


Figura 30: Diagrama de Gantt de la instalación (Fuente: Elaboración Propia)

Igualmente, en la siguiente figura se muestra el diagrama de PERT de las etapas del proyecto propuestas, indicados en color azul los trabajos que deberán tener prioridad sobre los que se desarrollen simultáneamente para poder continuar con las fases que precisan de una instalación previa y, de esta forma, aunar sinergias en su ejecución para lograr desarrollar la instalación de la manera más óptima posible.

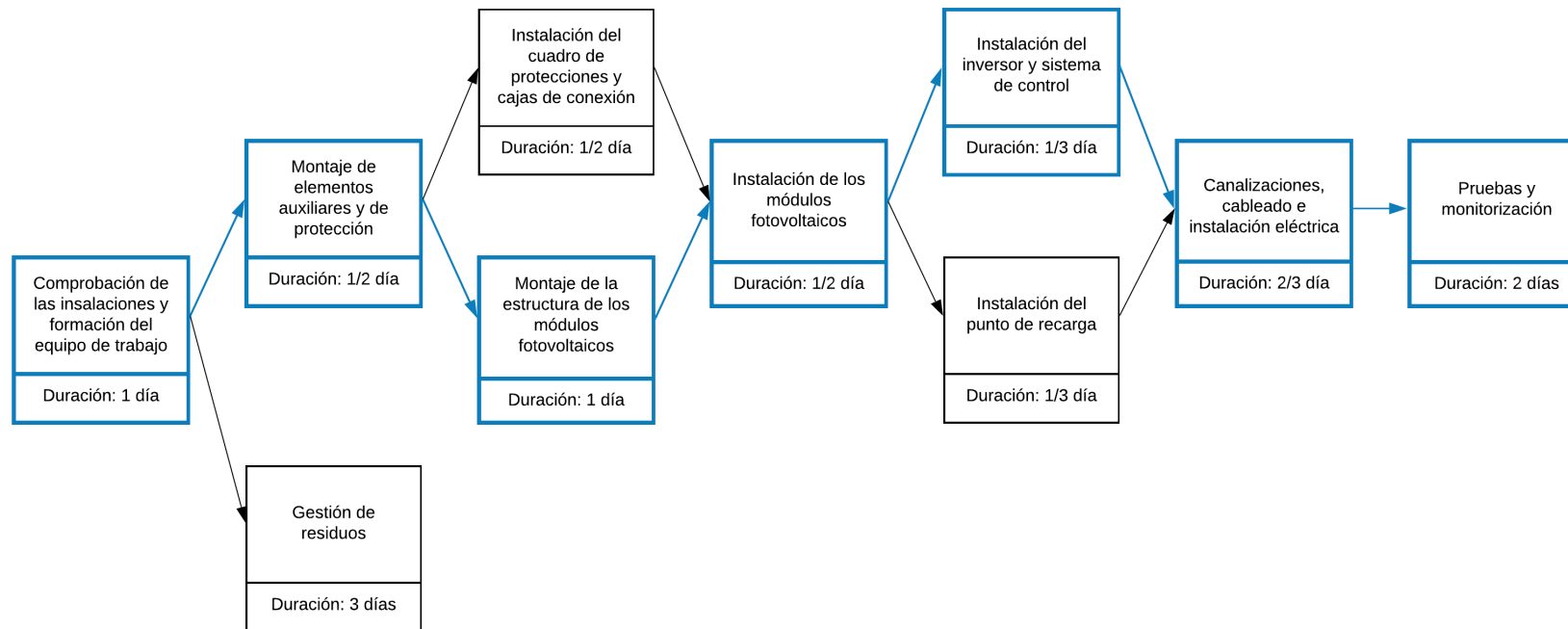


Figura 31: Diagrama de PERT de la instalación (Fuente: Elaboración Propia)

6.3 ESTIMACIÓN ECONÓMICA

A continuación, con el objetivo de poder valorar la inversión requerida para este proyecto, es necesaria la elaboración del presupuesto estimado para esta instalación. De esta forma, se desarrolla una estimación económica dividida en 6 capítulos: Instalación Fotovoltaica, Instalación Eléctrica, Control y Monitorización, Obra Civil, Seguridad y Salud y Gestión de Residuos.

Para la confección de este presupuesto se han obtenido los precios de los equipos y materiales de los principales distribuidores autorizados en España para empresas instaladoras. Así, se ha pedido presupuesto a las empresas Saclima y SunFields y se ha optado por la solución más económica.

De igual manera, para las partidas relacionadas con la mano de obra se han tenido en cuenta los cuadros de precios de referencia de la base de precios del Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos. Esta base de datos es la referencia en el sector industrial y de construcción para la definición de presupuestos por unidades de obra para cualquier tipo de instalación y/o proyecto de ingeniería. Del mismo modo, se ha tenido en cuenta la legislación en materia laboral para la definición de estos precios, principalmente el Convenio Colectivo de la Industria del Metal de Murcia y al Estatuto de los Trabajadores. De este modo, se respetan todas las obligaciones a nivel legal y técnico que se le presupone a cualquier proyecto de ejecución material.

Por su parte, en lo referente a los Costes Indirectos asociados a la ejecución del proyecto, se ha aplicado un 3% como medida general a todas las partidas de ejecución material. Al tratarse el cliente de un particular, se ha decidido este coste no indicarlo como partida independiente dentro de cada unidad de obra, sino aplicarlo directamente en los cuadros de precios que han servido de base para la definición de las partidas, evitando de este modo cualquier complicación con respecto a la interpretación del coste derivado en la posterior ejecución material.

Cabe mencionar que este presupuesto no recoge diversas ayudas y/o incentivos que el cliente podría percibir por la ejecución de la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo, así como por el montaje de un punto de recarga para el vehículo eléctrico en la vivienda habitual.

A continuación, se adjunta el resumen del presupuesto de ejecución para el cliente. De igual manera, en el *Anexo II* se encuentra el presupuesto detallado y desglosado por partidas, así como el presupuesto de ejecución material por naturaleza de cada partida (materiales, maquinaria, mano de obra y otros).

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
1	Capítulo		CAPÍTULO 01 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		3.116,97 €	3.116,97 €
2	Capítulo		CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN ELÉCTRICA		1.754,54 €	1.754,54 €
3	Capítulo		CAPÍTULO 03 CONTROL Y MONITORIZACIÓN		77,25 €	77,25 €
4	Capítulo		CAPÍTULO 04 OBRA CIVIL		59,23 €	59,23 €
5	Capítulo		CAPÍTULO 05 SEGURIDAD Y SALUD		103,65 €	103,65 €
6	Capítulo		CAPÍTULO 06 GESTIÓN DE RESIDUOS		139,62 €	139,62 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL					5.251,26 €	
			Redacción de Proyecto	5,00%	262,56 €	
			Supervisión de Ejecución	5,00%	262,56 €	
			Gastos Generales	13,00%	682,66 €	
			Beneficio Industrial	6,00%	315,08 €	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN PARA LA EMPRESA					6.774,13 €	
			I.V.A.	21,00%	1.422,57 €	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN PARA EL CLIENTE					8.196,69 €	

Tabla 3: Presupuesto de ejecución (Fuente: Elaboración Propia)

Capítulo 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente apartado se desarrollan los parámetros de cálculo asociados a la solución definitiva seleccionada. A su vez, se tendrá en cuenta, mediante un método de hipótesis variables, la disposición de los equipos y el uso final de la instalación solar fotovoltaica para la recarga del vehículo eléctrico. De este modo, se analizarán los resultados reales del proyecto definido.

A si mismo, durante la redacción del presente proyecto se ha producido una modificación de la tarifa regulada del mercado eléctrico en España. Este hecho formará parte de nuestro análisis de resultados, valorando a su vez dicha modificación con el fin de sopesar la decisión adoptada en función de las diferentes tarifas y el ahorro producido. Cabe mencionar que esta nueva tarifa para los hogares se rige por la tarificación con discriminación horaria en 3 periodos: valle, llano y punta.

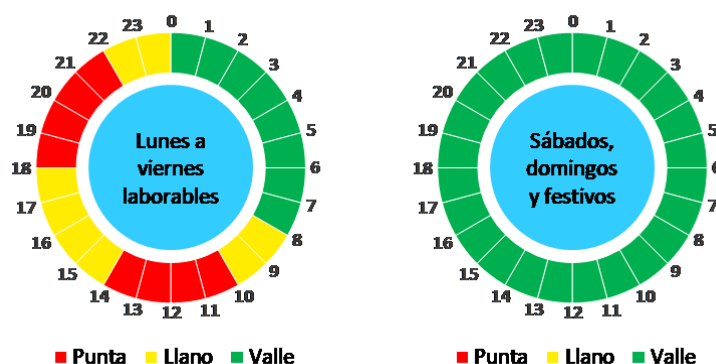


Figura 32: Tramos horarios de la nueva tarificación eléctrica (Fuente: Arsus Energía)

Dada la justificación anterior, se decide instalar una planta fotovoltaica de 3,18 kW de potencia nominal, limitada por el espacio y la orientación del emplazamiento objeto de este proyecto. De tal modo que, para realizar un adecuado análisis de los resultados, se debe volver a dimensionar la energía suministrada por las placas para la batería del vehículo eléctrico y, de este modo, poder conocer los tiempos y horarios de recarga y poder aplicarlos a los hábitos de transporte y consumo de la unidad familiar.

Para ello, se debe tener en cuenta la potencia máxima de salida del inversor instalado, ya que refleja la potencia que se suministra al circuito de corriente alterna de la vivienda. Esta potencia es de 3 kW y, por lo tanto, será la potencia máxima que se suministrará con los módulos fotovoltaicos, una vez transformada a alterna por el inversor fotovoltaico.

De esta forma, teniendo en cuenta que para recargar la batería del vehículo eléctrico de 77 kWh en 8 horas se necesita una potencia de 9,625 kW, tal y como se demuestra con la *Ecuación 1*, se cubrirán los 6,625 kW restantes directamente de la acometida de red. Así, mediante la *Ecuación 5*, se obtiene la energía proporcionada a la batería del vehículo eléctrico por la instalación fotovoltaica.

$$E = P * t = 3 \text{ kW} * 8 \text{ h} = 24 \text{ kWh}$$

Ecuación 5: Energía real suministrada por la instalación fotovoltaica al vehículo eléctrico en 8 horas

Por lo tanto, la instalación fotovoltaica suministrará 24 kWh a la batería, lo que supone aproximadamente un 31% de la capacidad de esta. Se observa así que, debido a la ligera diferencia entre la potencia de salida del inversor y la potencia pico instalada, se pierde aproximadamente un 2% de capacidad de carga de la batería del vehículo eléctrico mediante las placas solares. Por su parte, la acometida de red proporcionará el 69% de la energía restante.

Además, como el consumo medio combinado, según el procedimiento WLTP, de energía del Volkswagen ID.4 es de 18 kWh / 100 km (*Nuevo ID.4 | Volkswagen España, 2021*), se obtiene que mediante la recarga de la batería con los módulos fotovoltaicos durante 8 horas se alcanza una autonomía de aproximadamente 133 km, pudiendo llegar este valor a 155 km si se trata de un consumo extraurbano.

Este análisis se ha realizado en una situación ideal en la que la instalación está generando energía durante 8 horas de manera continua y a pleno rendimiento. Sin embargo, influyen otros muchos factores a la hora de calcular la energía proporcionada por la instalación fotovoltaica, así como se deben tener en cuenta las pérdidas debidas a los diferentes equipos, la situación atmosférica o la incidencia solar. De esta forma, mediante el uso de

un software de diseño avanzado de instalaciones solares fotovoltaicas, denominado HelioScope, se ha realizado la simulación de esta instalación en su conjunto, valorando, entre otros, la producción mensual y anual, así como las pérdidas. La primera página del informe de esta simulación, que incluye la información más relevante, se incluye a continuación y el informe completo se encuentra en el *Anexo III*.

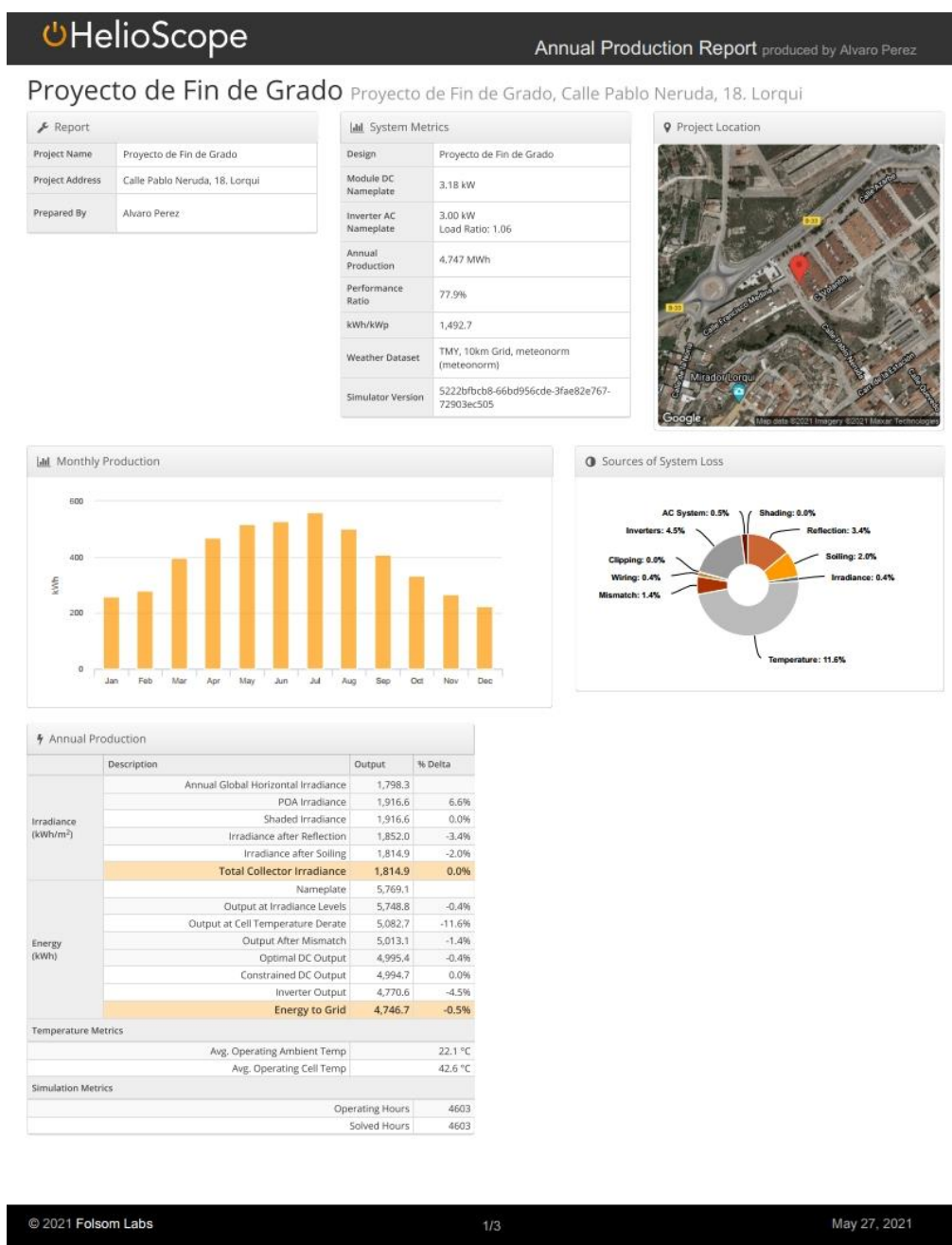


Figura 33: Informe simulación HelioScope (Fuente: Elaboración Propia)

Como se puede observar en la simulación, mediante esta instalación solar fotovoltaica se producirán anualmente 4.747 kWh reales. De esta forma, con el fin de realizar una aproximación lineal e intuitiva, la generación diaria real será de aproximadamente 13 kWh. Así, la instalación será capaz de proporcionar a la batería un 45,8% menos de energía que la calculada anteriormente, en el supuesto de una situación ideal. Por lo tanto, esto permitirá la recarga de hasta una autonomía máxima de 84 km al día.

No obstante, esta simulación no tiene en cuenta los hábitos de una familia, puesto que supone que la carga del vehículo eléctrico se realiza durante 8 horas seguidas en las que la radiación solar es incidente, es decir, a lo largo del día. Sin embargo, los adultos de la unidad familiar suelen pasar la mayor parte de este tiempo fuera de casa, ya sea en el trabajo o llevando a los niños al colegio y/o actividades extraescolares. Además, este horario influirá en las horas de sol aprovechables para la recarga. Por lo tanto, es necesario hacer esta valoración teniendo en cuenta más factores que influyen en el uso que se va a dar de la instalación fotovoltaica para la recarga de vehículo eléctrico.

Una de las variables que más influye para poder cuantificar el uso de la instalación fotovoltaica para abastecer la demanda del cargador del vehículo eléctrico son las horas de luz, el horario del orto y el ocaso influye directamente en el periodo en el que las placas van a ser capaces de generar energía. Por su parte, este periodo habrá que modificarlo, aumentando en 20 minutos la hora de salida del sol y reduciendo en 20 minutos la hora de puesta del sol, para corregir el tiempo en el que la incidencia sobre los módulos no es directa y, en consecuencia, el rendimiento es menor.

La información relativa al horario del orto y del ocaso diario se ha obtenido directamente del Observatorio Astronómico Nacional, dependiente del Instituto Geográfico Nacional, para el año 2021 en Murcia. A partir de esta, se ha calculado una media de la hora de salida y puesta del sol mensual y se ha realizado la corrección mencionada anteriormente. De esta forma, se obtiene el horario “útil” de funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica de autoconsumo, representado en la siguiente tabla.

Mes	Hora				Total Horas Sol
	Media		Corregida (± 20 mins.)		
	Orto	Ocaso	Orto	Ocaso	
Enero	8:18	18:11	8:38	17:51	9:13
Febrero	7:54	18:43	8:14	18:23	10:09
Marzo	7:22	19:20	7:42	19:00	11:18
Abril	7:29	20:41	7:49	20:21	12:32
Mayo	6:54	21:09	7:14	20:49	13:35
Junio	6:42	21:28	7:02	21:08	14:06
Julio	6:55	21:25	7:15	21:05	13:50
Agosto	7:21	20:56	7:41	20:36	12:55
Septiembre	7:47	20:11	8:07	19:51	11:44
Octubre	8:12	19:24	8:32	19:04	10:32
Noviembre	7:46	17:53	8:06	17:33	9:27
Diciembre	8:13	17:48	8:33	17:28	8:55

Tabla 4: Horario anual corregido del orto y del ocaso (Fuente: Elaboración Propia)

Además, aparte del periodo de luz solar, es necesario valorar el tiempo en el que se va a poder recargar el vehículo eléctrico a partir de los módulos fotovoltaicos, dependiendo de los hábitos de la unidad familiar. Así, se va a trabajar con la hipótesis de que el padre y la madre están fuera de su vivienda por motivos laborales y/o motivos relacionados con sus hijos, ya sea por llevarlos al colegio u otras actividades, de 8 de la mañana a 5 de la tarde (8h – 17h) en invierno y de 8 de la mañana a 3 de la tarde (8h – 15h) en verano, por realizar jornada intensiva y no ser periodo lectivo. Para este cómputo se valorarán como meses de verano: junio, julio y agosto; y como meses de invierno el resto.

De esta forma, se obtiene empleando la tabla anterior, las horas en las que se podría realizar la recarga del vehículo eléctrico en la vivienda. Además, con el fin de valorar este periodo de recarga de la forma más adecuada para reflejar la realidad de la unidad familiar en España, se aplica una reducción del 35% a este horario para tener en cuenta el uso que se pueda realizar del coche durante el resto de las horas fuera del horario laboral y, por lo tanto, no se encontrará el vehículo disponible para la recarga. Igualmente, mediante esta reducción se estima el periodo en el que la radiación solar incidente es baja o incluso nula debido a los factores meteorológicos y, por ello, el rendimiento de la instalación es mucho menor.

En consiguiente, teniendo en cuenta, tal y como se ha mencionado anteriormente, que la máxima potencia de salida de la instalación solar fotovoltaica, limitada por el inversor, es de 3 kW, empleando el periodo de horas de carga para el vehículo eléctrico reales, se obtiene la energía generada al día para este fin, en kWh. Y sabiendo que la capacidad de la batería del Volkswagen ID.4 es de 77 kWh y proporciona una autonomía de 501 km, se calcula el porcentaje de la batería cargada, así como la autonomía recargada en cada carga diaria, teniendo en cuenta que, al no emplear un supercargador, la recarga de la batería va a ser lineal.

Además, según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, cada habitante de España recorre, de media, un total de 41,6 km diarios en desplazamientos (Heras Hernández, 2014). De esta forma, esta información se muestra en la *Tabla 5* y, en la columna referente a la autonomía recargada al día, se indican en rojo los valores que estarían por debajo de esta media y para lo cual habría que emplear la energía de red para cubrir al menos ese kilometraje.

Mes	Total Horas Carga VE (Día)	Total Horas Carga VE Reales (Día)	Total Energía Generada para Carga (Día)	Carga Batería VE (Día)	Autonomía Recargada VE (Día)
Enero	0:51	0:33	1,66 kWh	2,15%	11 km
Febrero	1:23	0:53	2,70 kWh	3,50%	18 km
Marzo	2:18	1:29	4,49 kWh	5,82%	29 km
Abril	3:32	2:17	6,89 kWh	8,95%	45 km
Mayo	4:35	2:58	8,94 kWh	11,61%	58 km
Junio	7:06	4:36	13,85 kWh	17,98%	90 km
Julio	6:50	4:26	13,33 kWh	17,31%	87 km
Agosto	5:55	3:50	11,54 kWh	14,98%	75 km
Septiembre	2:51	1:51	5,56 kWh	7,22%	36 km
Octubre	2:04	1:20	4,03 kWh	5,23%	26 km
Noviembre	0:33	0:21	1,07 kWh	1,39%	7 km
Diciembre	0:28	0:18	0,91 kWh	1,18%	6 km
Total Producción Anual para Carga VE			2289 kWh		

Tabla 5: Autogeneración Fotovoltaica para recarga del Vehículo Eléctrico (VE) (Fuente: Elaboración Propia)

Se observa así en la tabla la energía generada por la instalación solar fotovoltaica que se empleará para la recarga del vehículo eléctrico. De esta forma, la energía media generada durante todo el año para abastecer la demanda del cargador de la batería es de 2.289 kWh, lo que representa aproximadamente un 48% de la producción total de la instalación.

A continuación, se calcula con el precio de la electricidad, tanto de antes como de después del 1 de junio de 2021 para valorar el nuevo cambio en la tarificación del sector eléctrico, el ahorro anual que supone la carga del vehículo eléctrico mediante los módulos fotovoltaicos, así como la valoración del excedente de energía vertido a la red.

Para ello, se realiza este cálculo teniendo que cuenta que el precio medio del kWh sin discriminación horaria en mayo de 2021 fue de 17,20 céntimos de euro, valor que se emplea para el análisis con la tarifa eléctrica previa a la nueva legislación del sector eléctrico.

Por su parte, para el periodo tras el 1 de junio de 2021, con el fin de estimar el ahorro de la manera más precisa posible se ha calculado, en función de la *Tabla 4* de horario del orto y el ocaso y teniendo en cuenta la hipótesis del horario en el que el padre y la madre de la unidad familiar están fuera de casa, que con la nueva tarificación un 32,4% de la recarga del vehículo eléctrico se realiza en periodo valle, un 16,1%, en periodo llano, mientras que el 51,5% restante se hace en periodo punta. De esta forma, el precio medio del kWh en la primera quincena de junio de 2021 fue de 13,62 céntimos de euro en periodo valle, 18,19 céntimos en periodo llano y de 30,35 céntimos en horario punta (EFE, 2021).

Igualmente, para la valoración del precio del excedente se ha tenido en cuenta la tarificación del Plan Solar de Iberdrola, por el que se compensa el excedente de energía vertido a la red a un precio de 0,051€/kWh (Iberdrola, 2021).

De esta forma, se obtiene el ahorro total anual de la instalación con ambas tarifas eléctricas, así como se calcula el periodo de retorno simple de esta, teniendo en cuenta la inversión inicial de la instalación, presupuestada en 8.196,69€ (*Véase Anexo II*).

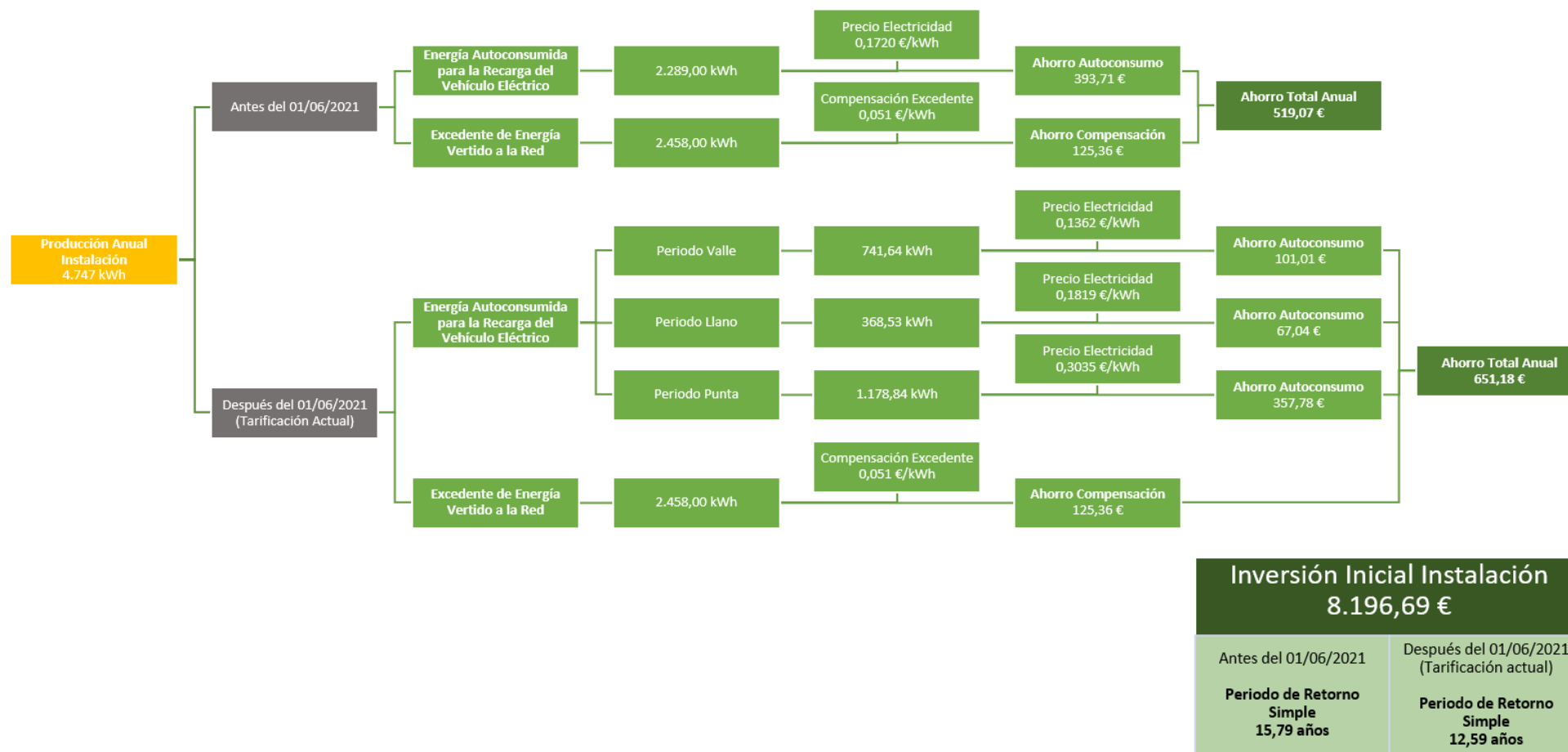


Figura 34: Resultados del proyecto (Fuente: Elaboración Propia)

En conclusión, como se observa en la *Figura 34*, el ahorro total anual de la instalación objeto de este estudio es superior empleando la tarificación del sector eléctrico actual y, en consecuencia, el periodo de retorno simple de la inversión es menor, siendo este de 12,59 años. Por su parte, si valoramos el periodo de retorno simple de la instalación teniendo en cuenta la tarificación eléctrica anterior al 1 de junio de 2021, este se incrementa hasta los 15,79 años, siendo más de 3 años superior al correspondiente al escenario actual.

A continuación, en el *Capítulo 8* se muestran las conclusiones extraídas de este estudio y el análisis de su viabilidad desde los 3 puntos de vista que se han ido tratando durante todo el proyecto: técnico, legal y económico.

Capítulo 8. CONCLUSIONES

Por último, para concluir el presente proyecto de estudio se analizan las distintas conclusiones obtenidas en función de las distintas variables que han circunscrito el trabajo, detallando en cada apartado el resultado de este:

- Viabilidad técnica
- Viabilidad legal
- Viabilidad económica

En primer lugar, respecto a la viabilidad técnica, es una realidad que la limitación física del espacio en el estudio realizado ha impedido la propuesta de una instalación solar fotovoltaica de una potencia superior a la finalmente adoptada, lo que ha limitado la energía generada para la recarga del vehículo eléctrico, especialmente durante los meses en los que se disponen de menos horas de luz. Sin embargo, esto a su vez ha facilitado la realización de una inversión inicial menor, garantizando el suministro medio de energía para la batería del coche indicado en la *Tabla 5*, permitiendo alcanzar una autonomía de hasta 90 km diarios en junio solamente con los módulos fotovoltaicos.

Por lo tanto, el proyecto técnicamente es viable y no implica complejidad, aunque está limitado por el espacio disponible para la instalación de las placas solares en el tejado del emplazamiento, impidiendo la instalación de una potencia nominal mayor.

Por otro lado, respecto a la viabilidad legal del proyecto, como se ha venido indicando a lo largo de este estudio, es totalmente factible, así como interesante por las ventajas e incentivos ofrecidos, la generación de energía eléctrica mediante una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en una vivienda particular, para abastecer la demanda de un punto de recarga de vehículos eléctricos. Además, teniendo en cuenta los objetivos de generación renovable propuestos por el Gobierno, en consonancia con la Unión Europea, resulta realmente atractiva esta inversión y supone un adelantamiento a lo que va a ser el

día a día en un futuro próximo, permitiendo beneficiarse ahora del conjunto de las remuneraciones y beneficios establecidos.

Por su parte, para analizar la viabilidad económica se debe, en primer lugar, comentar los resultados obtenidos. De esta forma, la instalación presupuestada tiene un coste para el cliente de 8.196,69€ y le permite realizar un ahorro energético considerable al emplear hasta 2.289 kWh para autoconsumo, así como verter a la red 2.458 kWh para compensación energética, reduciendo en gran parte las emisiones de CO₂ gracias tanto a la instalación fotovoltaica como al uso del vehículo eléctrico. Por otra parte, es necesario analizar la viabilidad económica en los dos periodos mencionados en el Capítulo anterior:

- **Periodo 1** (Antes del 1 de junio de 2021). Con la anterior regulación del Sector Eléctrico, el ahorro anual ascendería a la cantidad de 519,07€ y el periodo de retorno simple de la inversión sería de 15,79 años.
- **Periodo 2** (Después del 1 de junio de 2021). Con la nueva regulación tarifaria y debido al incremento sustancial del precio de la electricidad, el ahorro anual se elevará a los 651,18€, y, de esta forma, el periodo de retorno simple de la instalación será menor, amortizando la misma en 12,59 años.

Por lo tanto, si el escenario definitivo fuese el asociado al Periodo 1, donde el Periodo de Retorno Simple (PRS) de la inversión se amortiza en 15,79 años, se concluiría que la implantación de una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo y con la finalidad de recarga de un vehículo eléctrico, no sería una decisión adecuada. Esto se justifica con el hecho de que el periodo de retorno es demasiado elevado, siendo más de 3 años superior al 50% de la vida útil de la instalación (12,5 años). Además, los objetivos económicos serían satisfechos de igual modo por la acometida de red, sin necesidad de realizar una inversión a largo plazo, con el riesgo que ello supone al poder producirse deterioros constructivos o modificaciones estructurales en la vivienda, periodos de funcionamiento inadecuado por avería o falta de radiación solar, entre otros.

Por su parte, para satisfacer la componente medioambiental que supone la instalación de un sistema solar fotovoltaico y la consiguiente reducción de emisiones de CO₂, se puede contratar el 100% del suministro eléctrico con una compañía comercializadora donde la procedencia de toda su energía sea de fuentes de energía renovable y, de ese modo, compensar en origen la huella de carbono de la unidad familiar.

Dada la modificación de la legislación y la subida en los precios del término de energía de la factura eléctrica a partir del 1 de junio de 2021, coincidiendo con la redacción de las conclusiones del presente proyecto de estudio, se ha tenido que realizar un añadido a este para analizar el impacto de dicha modificación y simular un escenario donde las variables de cálculo sean las acontecidas actualmente.

Por tanto, si el escenario definitivo fuese el asociado al Periodo 2, donde el Periodo de Retorno Simple (PRS) de la inversión se amortiza en 12,59 años, se concluiría que nos encontramos en el umbral a partir del cual, la implantación de una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo con la finalidad de recarga de un vehículo eléctrico sería una decisión adecuada, dado que el Periodo de Retorno Simple de la inversión es aproximadamente igual al 50% de la propia vida útil de la instalación (12,5 años). Por tanto, hay que tener en cuenta que la tendencia al alza de los precios de electricidad y el abaratamiento de los costes de los materiales por la madurez del sector de la industria fotovoltaica, inclinarán la balanza en próximos años en favor de este modelo de diseño. De este modo, los objetivos económicos serían satisfechos, existiría una rentabilidad y viabilidad económica en la inversión respecto al consumo de red y, además, los riesgos asociados a una inversión a largos plazo podrían ser asumidos dado el margen económico que se desprende de los resultados.

Es imprescindible indicar que la vida útil de una instalación solar fotovoltaica se estima en 25 años, llegando a haber informes que la cifran incluso en 30-35 años, aunque para la redacción del presente proyecto se ha optado por ser cautelosos y analizar los resultados valorando la vida útil en 25 años. Además, cabe mencionar que la tendencia del coste de la energía va a mantener una evolución al alza en mayor o menor medida, controlada por

los mercados y la descarbonización de los países miembros de la Unión Europea. Por lo tanto, nos encontramos en un periodo de transición, donde todavía no resulta realmente atractivo realizar una inversión en una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo que proporcione energía únicamente para la recarga de un vehículo eléctrico en el ámbito de unidad familiar. Sin embargo, sí tiene sentido, asociado a sus hábitos de consumo, instalar una instalación fotovoltaica para el autoconsumo de la vivienda y que la posible generación de energía residual alimente a la batería del vehículo eléctrico, a diferencia de lo planteado en la justificación del presente proyecto de estudio.

Asimismo, hay que indicar que la afirmación anterior solo será válida durante el periodo de transición, dado que el coste de la energía de red mantendrá una tendencia al alza como se viene indicando y el coste de la inversión seguirá reduciéndose asociado a la madurez del sector fotovoltaico y de sus precios. Ambas circunstancias proporcionarán en un futuro próximo Periodos de Retorno Simples inferiores a 10 años, siendo a partir de dicho valor donde se deberá empezar a ser conscientes de que los resultados económicos obtenidos en el presente proyecto de estudio tendrán que ser replanteados y, en consiguiente, se obtendrán unos resultados óptimos con la autogeneración fotovoltaica, mejores que con el consumo de red eléctrica.

Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

- Agenda 2030 - Objetivos.* (n.d.). Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030.
<https://www.agenda2030.gob.es/objetivos/home.htm>
- Alba Ríos, J. J., Aragonés Anher, V., Barquín Gil, J., & Moreda Díaz, E. (2017). *La regulación del autoconsumo en España: ¿un impuesto al Sol?*
- Alonso Abella, M. (n.d.). *Sistemas fotovoltaicos.* Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.
- Alphabet. (2019). *4 de cada 10 españoles no cambia su vehículo hasta que cumple los 10 años.* <https://www.alphabet.com/es-es/prensa/foro-movilidad-2019>
- Asamblea General Naciones Unidas. (1987). *Informe Brundtland.*
- Asamblea General Naciones Unidas. (1989). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.*
- Baterías de Coches Eléctricos | Iberdrola. (2019). *Iberdrola.*
<https://www.iberdrola.com/innovacion/baterias-de-coches-electricos>
- Cargadores de Baterías de litio... Que son? - Fácil Electro Baterías, Electrónica, Tecnología Electrónica.* (2018). Fácil Electro.
<https://www.facilelectro.es/cargadores-de-baterias-de-litio-que-son/>
- Caso práctico de Autoconsumo para Vivienda.* (2019, mayo 23). Tu Tienda Energética.
https://www.tutiendaenergetica.es/blog/94_placas-solares-autoconsumo-ejemplo
- Comisión Nacional de Energía. (2008). *La Energía en España 2008.*
https://energia.gob.es/balances/Balances/LibrosEnergia/ENERGIA_2008.pdf
- EFE. (2021, junio 15). La electricidad alcanzará este miércoles su tercer precio más alto de la historia | Economía | EL PAÍS. *El País.* <https://elpais.com/economia/2021-06-15/el-recibo-de-la-luz-en-junio-sera-el-segundo-mas-carro-de-la-historia-segun-facua.html>
- El procedimiento WLTP.* (n.d.). DS Automobiles.
<https://www.dsautomobiles.es/universo-ds/tecnologia/wltp.html>

- Espejo-Marín, C., & Aparicio-Guerrero, A. E. (2020). La producción de electricidad con energía solar fotovoltaica en España en el siglo XXI. *Revista de Estudios Andaluces*, 39 (2020), 66–93. <https://doi.org/10.12795/rea.2020.i39>
- Esquema funcionamiento instalación autoconsumo aislado*. (n.d.). Tiovivo Creativo. <https://www.tiovivocreativo.com/blog/arquitectura/autoconsumo-solar-fotovoltaico/attachment/esquema-funcionamiento-instalacion-autoconsumo-aislado-bester-energy/>
- Estructura Soporte Placas Solares para Cubierta de Teja con Salvatejas 02V | TeknoSolar.com*. (n.d.). TeknoSolar. <https://www.teknosolar.com/estructura-soporte-placas-solares-para-cubierta-de-teja/>
- European Alternative Fuels Observatory. (2020). *Passenger cars | EAFO*. <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1>
- Gallego Chica, E. (2015). *Evolución del Marco Normativo sobre Instalaciones Fotovoltaicas. Rentabilizar el Autoconsumo* [Universitat Rovira I Virgili]. <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/2290pub.pdf>
- García, G. (2019). La carga rápida, responsable de la nueva vida de los coches eléctricos - Tecnología - Híbridos y Eléctricos | Coches eléctricos, híbridos enchufables. *Híbridos y Eléctricos*. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/carga-rapida-responsable-nueva-vida-coches-electricos/20191024191500031059.html>
- Guijarro Ruiz, C. (2021, febrero 5). *RD 244/2019: Normativa para autoconsumo en España*. Selectra. <https://selectra.es/autoconsumo/info/normativa>
- Henze, V. (2019). *Battery Pack Prices Fall As Market Ramps Up With Market Average At \$156/kWh In 2019*. <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/>
- Heras Hernández, P. (2014). *¿Cómo nos movemos?* <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/novedades/como-nos-movemos.aspx>
- Iberdrola. (2021). *Plan Solar Iberdrola: para placas solares de autoconsumo - IBERDROLA*. Iberdrola. <https://www.iberdrola.es/smart-solar/plan-solar>
- Industria publica la orden con el recorte de 1.700 millones a las renovables. (2014, junio 20). *Expansión*. <https://www.expansion.com/2014/06/20/empresas/energia/1403252084.html>

- Ley 24/2005, de 18 de noviembre, de reformas para el impulso a la productividad*, (2005) (Jefatura del Estado).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico*, (2013) (Jefatura del Estado).
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico*, (1997) (Jefatura del Estado).
- López Redondo, N. (2020, junio 19). *Plan Moves 2020: cómo son las ayudas a la instalación de puntos de carga - Movilidad Eléctrica*. Movilidadelectrica.Com.
<https://movilidadelectrica.com/plan-moves-ayudas-instalacion-puntos-de-carga/>
- Maqueda Mateos, A. (2019). *Diseño de una Instalación Fotovoltaica Conectada a Red y Recarga de Vehículos Eléctricos*. Universidad Rey Juan Carlos.
- Martín Valdivieso, S. (2015). *Evolución Legislativa en España de la Generación Eléctrica Fotovoltaica, Sistemas Comparados de la Unión Europea y una Apuesta por la Autogeneración*. Universidad Carlos III de Madrid.
- Matriculaciones de turismos en España. (2021). In *Europa Press*.
<https://www.epdata.es/datos/matriculaciones-turimos-espana-carburante/206/espana/106>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (n.d.). *Zonificación ambiental para energías renovables: Eólica y Fotovoltaica*. Gobierno de España.
https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/zonificacion_ambiental_energias_renovables.aspx
- Moon, J. F. (1974). *Rudolf Diesel and the diesel engine* (London Priory Press (Ed.)).
<https://archive.org/details/rudolfdieseldies00moon>
- Muñoz, F., Workman, J., & King, Z. (2020). In September 2020, for the first time in European history, registrations for electrified vehicles overtook diesel. *JATO*, 1–2.
<https://www.jato.com/wp-content/uploads/2020/10/JATO-European-Volumes-Press-Release-September-2020-Final.pdf>
- Noor Syahirah, M. H., Nasrul Amri, M. A., Muhammad Juhairi, A. S., Rina Syazwani, Z., Mohd Shkry, A. M., Mohd Afendi, R., & Izzuddin, Z. (2018). Performance Factors of the Photovoltaic System: A Review. *Universiti Malaysia Perlis*.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201822503020>
- Noticias | Pulse Energía*. (2016). Pulse Valor Energético.
<https://www.pulsenergia.com/noticias/>

- Nuevas Tarifas Eléctricas 2021* | *Arsus Energía*. (2021, febrero 25). Arsus Energía. <https://arsusenergia.es/nueva-metodologia-para-el-calculo-de-los-peajes-de-transporte-y-distribucion-de-la-electricidad/>
- Nuevo ID.4* | *Volkswagen España*. (2021). Volkswagen España. <https://www.volkswagen.es/es/modelos/id4.html>
- Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. (2015, septiembre 25). Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Observatorio Astronómico Nacional. (2021). *Astronomía: Horas de salida y puesta de sol*. Instituto Geográfico Nacional. <https://astronomia.ign.es/hora-salidas-y-puestas-de-sol>
- Pallisé Clofent, J. (2015). *Equipos de recarga de vehículos eléctricos*. www.madrid.org
- Pérez, A. (2021, abril 25). *¿Qué es un diagrama de Gantt y para qué sirve?* OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>
- Puerto, K. (2016, octubre 19). *Ultra-E: la red de carga ultra rápida que preparan VW, BMW y Renault*. Xataka. <https://www.xataka.com/energia/ultra-e-es-la-red-de-carga-ultra-rapida-para-vehiculos-electricos-que-preparan-vw-bmw-y-renault>
- Ramírez Cifuentes, J. S., & Basantes Flor, J. A. (2013). *Elaboración de material didáctico en un motor de combustión interna de 4 tiempos en corte con caja de cambios* [Universidad San Francisco de Quito]. <https://core.ac.uk/download/pdf/147381966.pdf>
- Real Decreto 1544/2011, de 31 de octubre, por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica*, (2011) (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio).
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología*, (2008) (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio).
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión*, (2000) (Ministerio de Economía).

Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, (2011) (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio).

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, (2019) (Ministerio para la Transición Ecológica).

Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración, (1998) (Ministerio de Industria y Energía).

Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, (2014) (Ministerio de Industria, Energía y Turismo).

Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos, (2014) (Ministerio de Industria, Energía y Turismo).

Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, (2004) (Ministerio de Economía).

Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, (2007) (Ministerio de Industria, Energía y Turismo).

Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo, (2015) (Ministerio de Industria, Energía y Turismo).

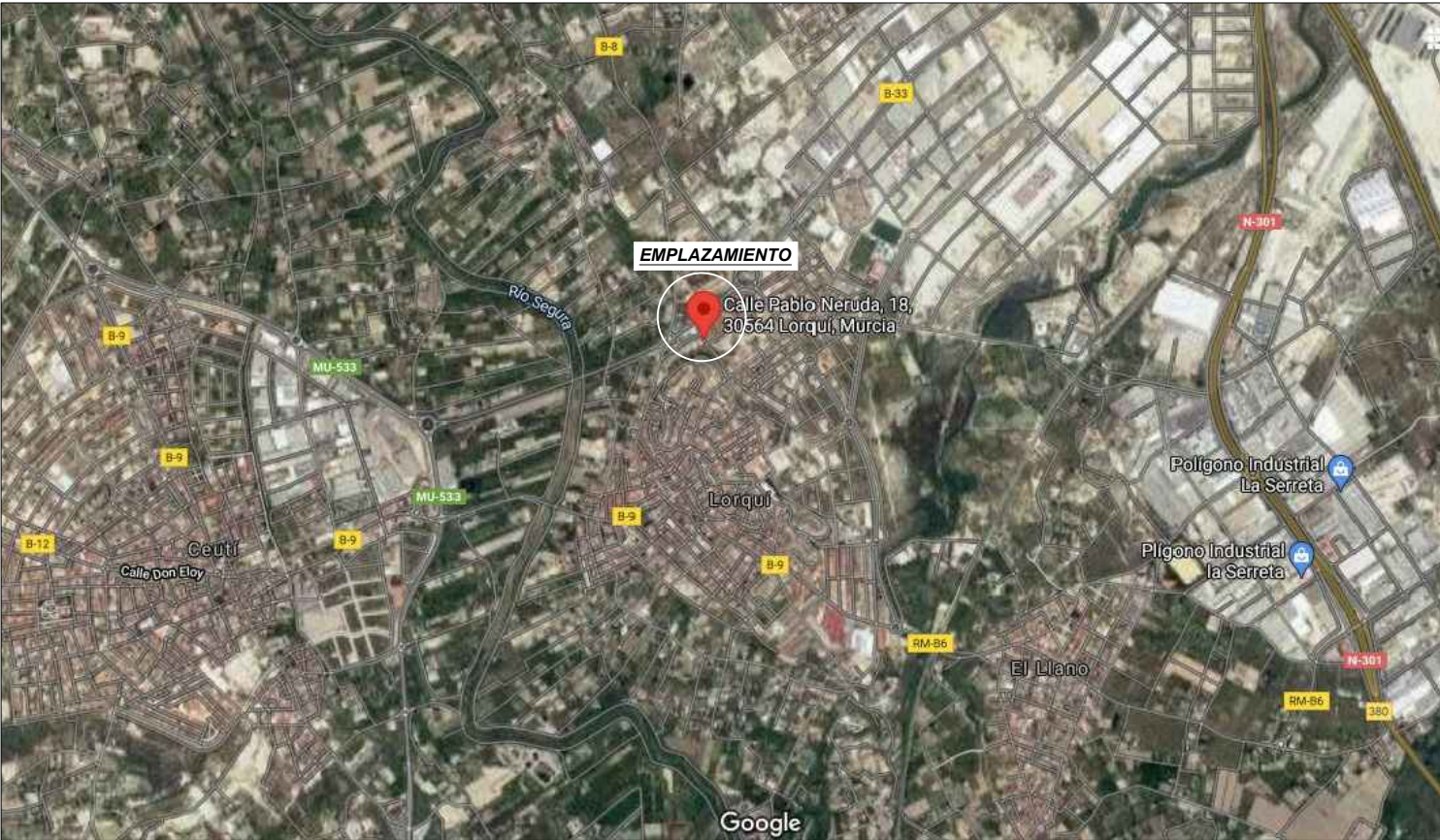
Real Decreto 960/2020, de 3 de noviembre, por el que se regula el régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica, (2020) (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos, (2012) (Jefatura del Estado).

- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores*, (2018) (Jefatura del Estado).
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica*, (2020) (Jefatura del Estado).
- Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico*, (2013) (Jefatura del Estado).
- Red Eléctrica de España. (2018). *Vehículo eléctrico: cuestiones a plantear*.
- Red Eléctrica de España. (2021). *La demanda de energía eléctrica de España asciende un 1,4 % en diciembre | Red Eléctrica de España*. <https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/actualidad/nota-de-prensa/2021/01/demanda-energia-electrica-espana-asciende-diciembre-2020>
- Red Eléctrica de España. (2021). *Vehículo eléctrico | Red21*. Red Eléctrica de España. <https://www.ree.es/es/red21/vehiculo-electrico>
- Saclima Solar Fotovoltaica. (n.d.). *Estructuras Solares - Catálogo*.
- Serrano, R. (n.d.). *Tipos de Paneles Fotovoltaicos*. Tritec Intervento. <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- Simon Electric. (2019, marzo 13). *Vehículo eléctrico: instalar punto de recarga en garaje comunitario | Blog SIMON*. <https://www.simonelectric.com/blog/vehiculo-electrico-instalar-punto-de-recarga-en-garaje-comunitario>
- UNEF. (2019, abril 5). *El RD de Autoconsumo sitúa al ciudadano en el centro del modelo energético al garantizar el libre acceso a la energía. UNEF*. <https://unef.es/2019/04/el-rd-situa-al-ciudadano-en-el-centro-del-modelo-energetico-al-garantizar-el-libre-acceso-a-la-energia/>
- UNEF. (2021, enero 29). *El autoconsumo muestra su resiliencia y avanza un 30%. UNEF*. <https://unef.es/2021/01/el-autoconsumo-muestra-su-resiliencia-y-avanza-un-30/>
- Vaello Sancho, J. R. (2014, septiembre 26). *Cálculo sección de conductores por Intensidad Máxima Admisible en circuitos Interiores*. Automatismo Industrial. <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/a-instalaciones-de-enlace/3-7-calculo-de-lineas-electricas/3-7-1-calculo-de-la-seccion-de-conductores-por-intensidad-maxima-admisible-o-calentamiento/>

ANEXO I. PLANOS

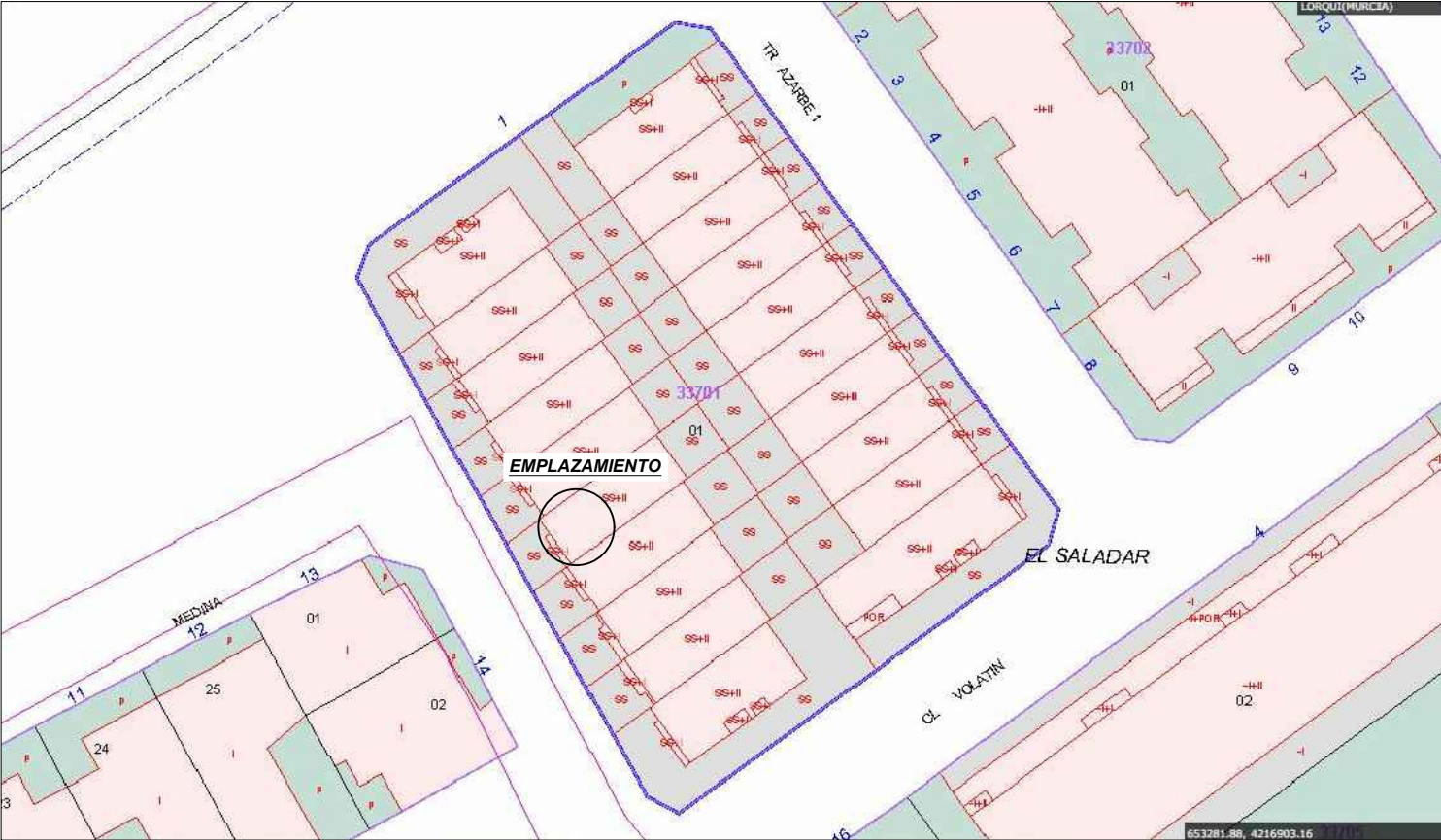
INDICE DE PLANOS	
Nº PLANO	NOMBRE DE PLANO
01	SITUACIÓN GENERAL
02	EMPLAZAMIENTO
03	PLANTA GENERAL
04	ALZADO GENERAL
05	DETALLE PLACAS SOLARES
06	DETALLE INVERSOR
07	DETALLE PUNTO DE RECARGA VE.
08	ESQUEMA UNIFILAR



VISTA AÉREA
SIN ESCALA



SITUACIÓN
SIN ESCALA



PLANO CATASTRAL
SIN ESCALA

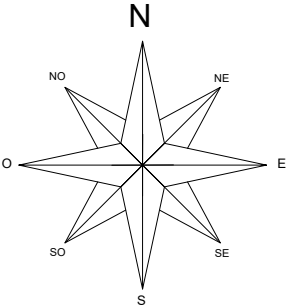
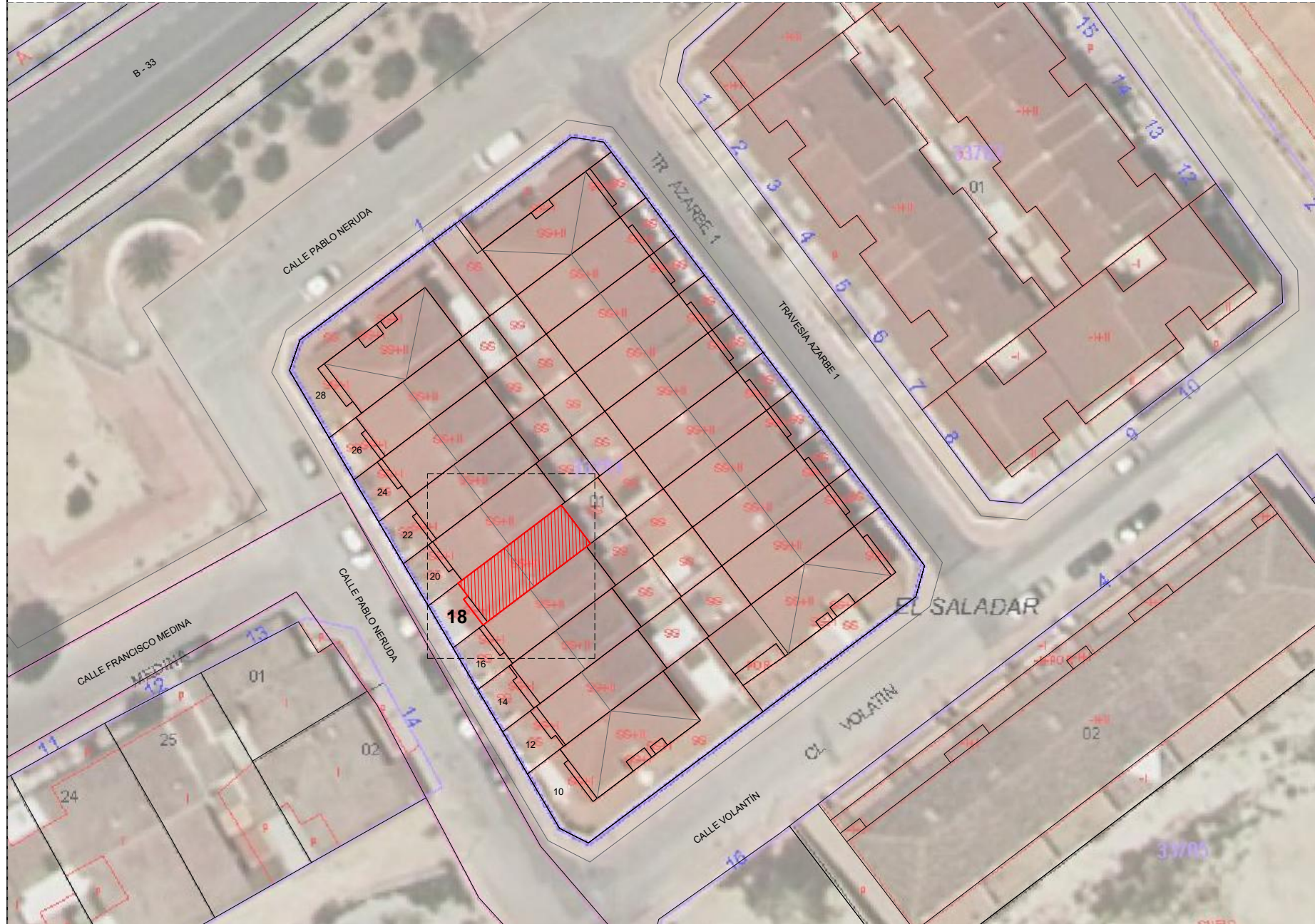


TABLA DE COORDENADAS EMPLAZAMIENTO		
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
LATITUD	38° 5' 11,80" N	
LONGITUD	1° 15' 11,38" W	
COTA TERRENO	91 m	ETRS89
COORDENADAS UTM		
X	653.193,02	
Y	4.216.865,52	
HUSO	30	

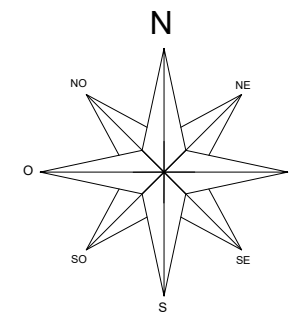
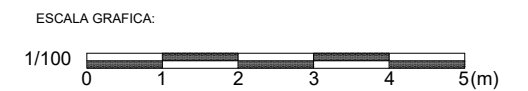
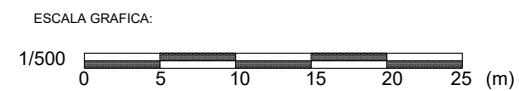


PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR.

PLANO: SITUACIÓN GENERAL			
DIRECCIÓN:	CALLE PABLO NERUDA 18. LORQUÍ. MURCIA.		Nº PROYECTO:
PROVINCIA:	30564 (MURCIA)		----
PLANO Nº:	ÁLVARO PÉREZ PLANTAMOR	VERSIÓN:	ESCALA:
01		INICIAL	S/E
		FECHA:	
		27/05/2021	



FACHADA DEL Nº 18, C/ PABLO NERUDA, LORQUÍ, MURCIA.

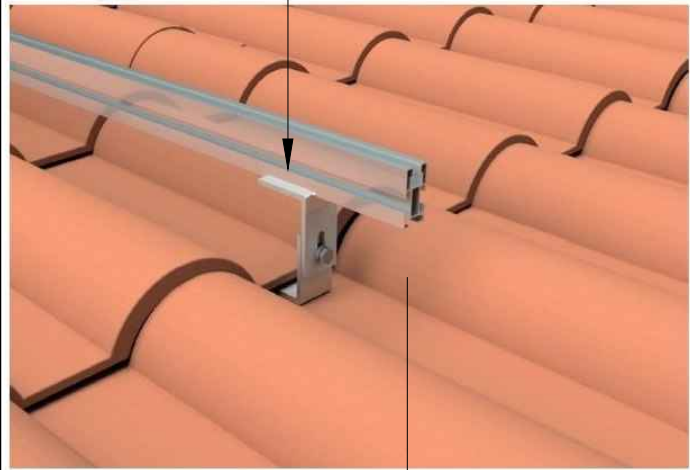


PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHICULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR.

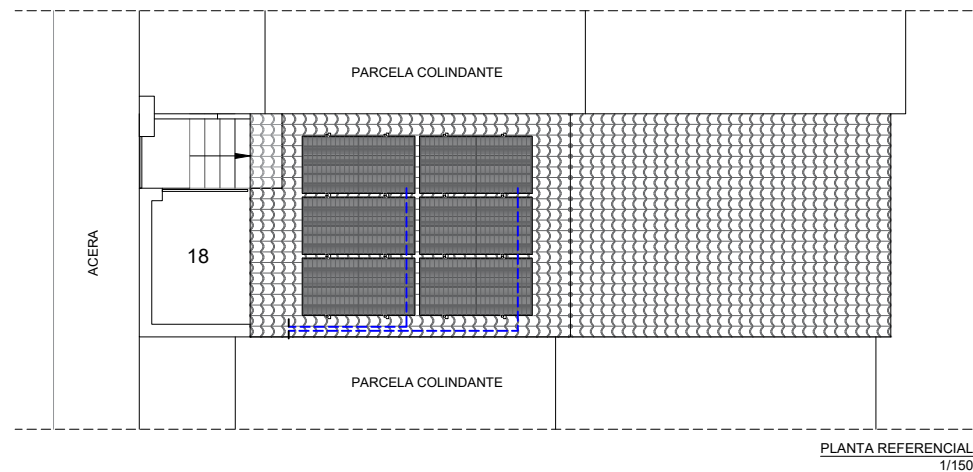
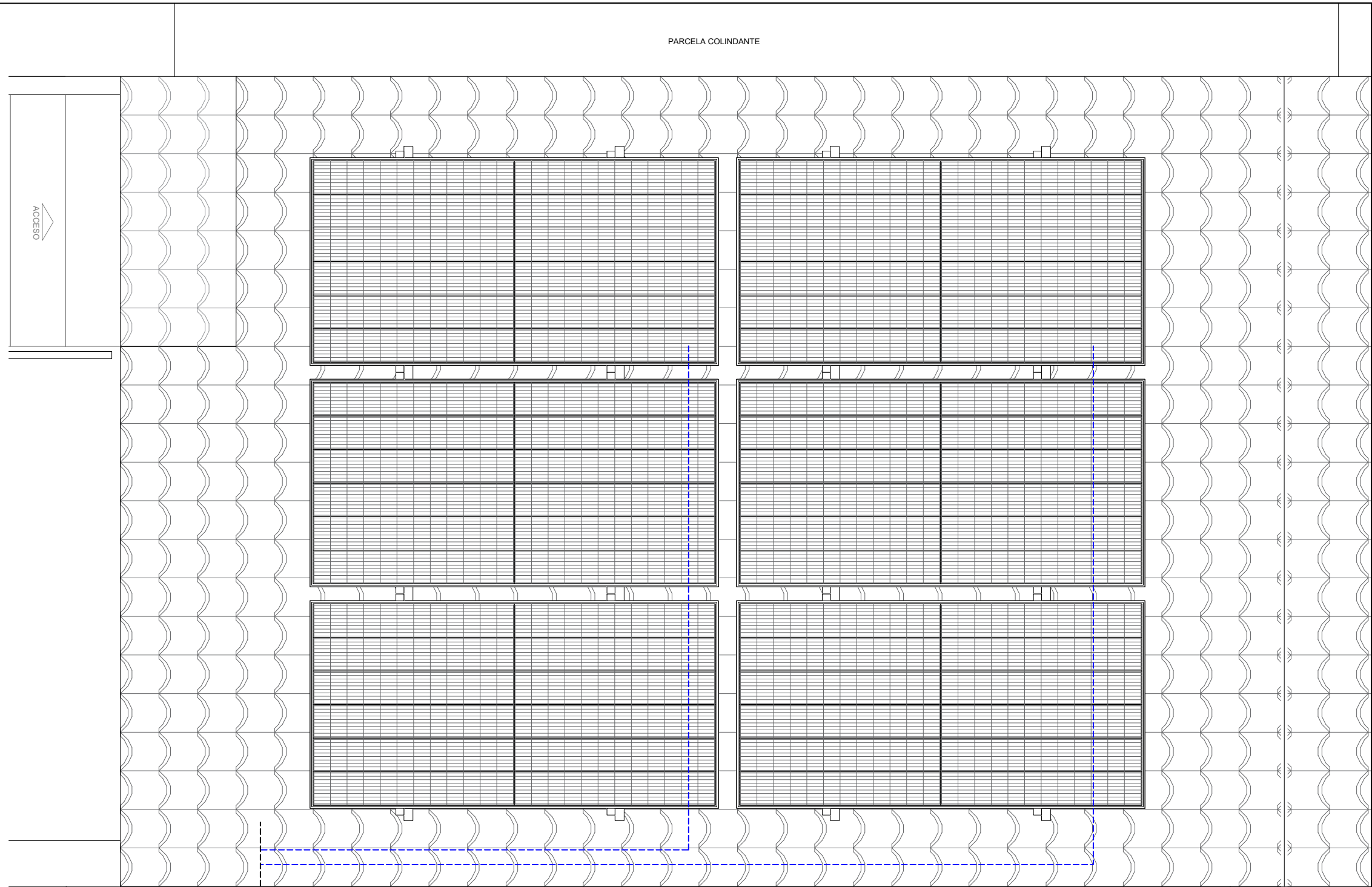
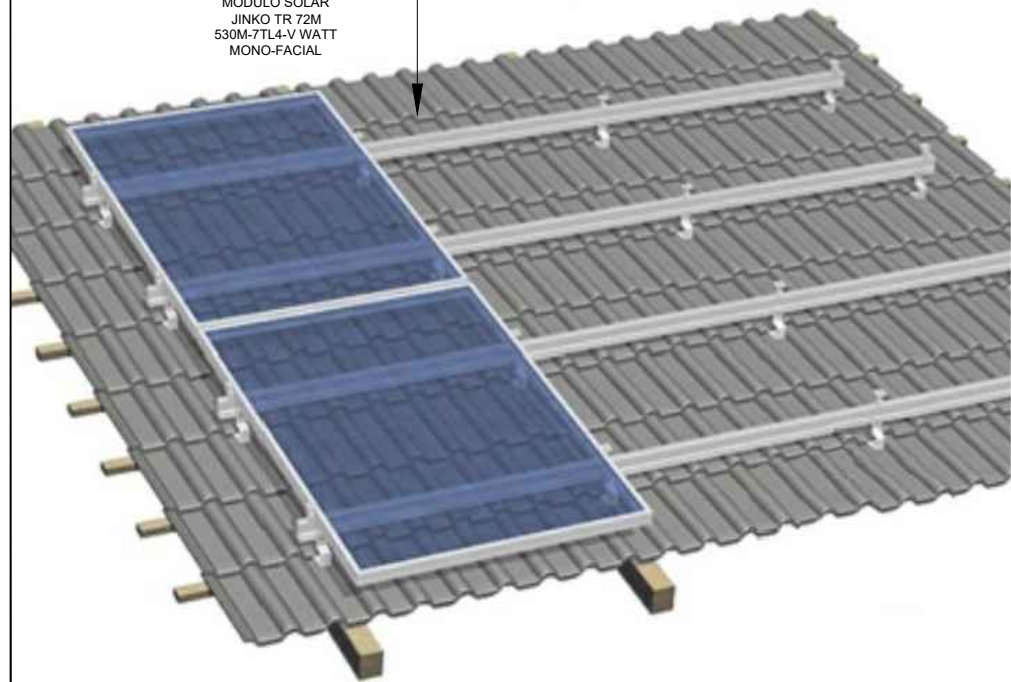
PLANO: EMPLAZAMIENTO			
DIRECCIÓN:	CALLE PABLO NERUDA 18. LORQUÍ. MURCIA.	Nº PROYECTO:	
PROVINCIA:	30564 (MURCIA)	---	
PLANO Nº:	02	VERSIÓN:	INICIAL
		FECHA:	27/05/2021
	ÁLVARO PÉREZ PLANTAMOR	ESCALA:	INDICADAS



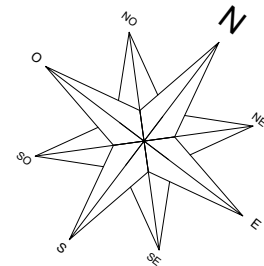
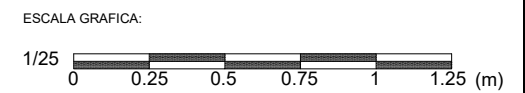
SOPORTE COPLANAR CON SALVATEJAS PARA
INSTALACIÓN DE PANEL FOTOVOLTAICO



MÓDULO SOLAR
JINKO TR 72M
530M-7TL4-V WATT
MONO-FACIAL



PARCELA COLINDANTE



PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHICULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR.

PLANO: PLANTA GENERAL			
DIRECCIÓN: CALLE PABLO NERUDA 18. LORQUÍ. MURCIA.		Nº PROYECTO: ----	
PROVINCIA: 30564 (MURCIA)			
PLANO Nº: 03	ÁLVARO PÉREZ PLANTALAMOR	VERSIÓN: INICIAL FECHA: 27/05/2021	ESCALA: 1:25



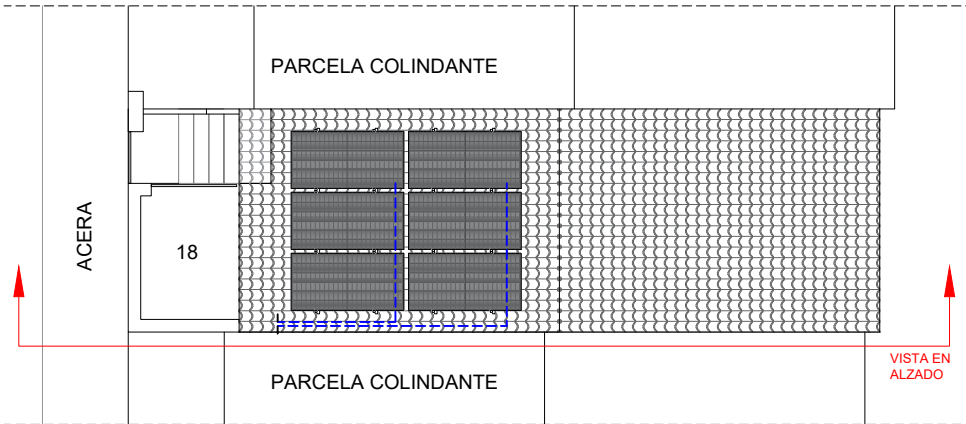
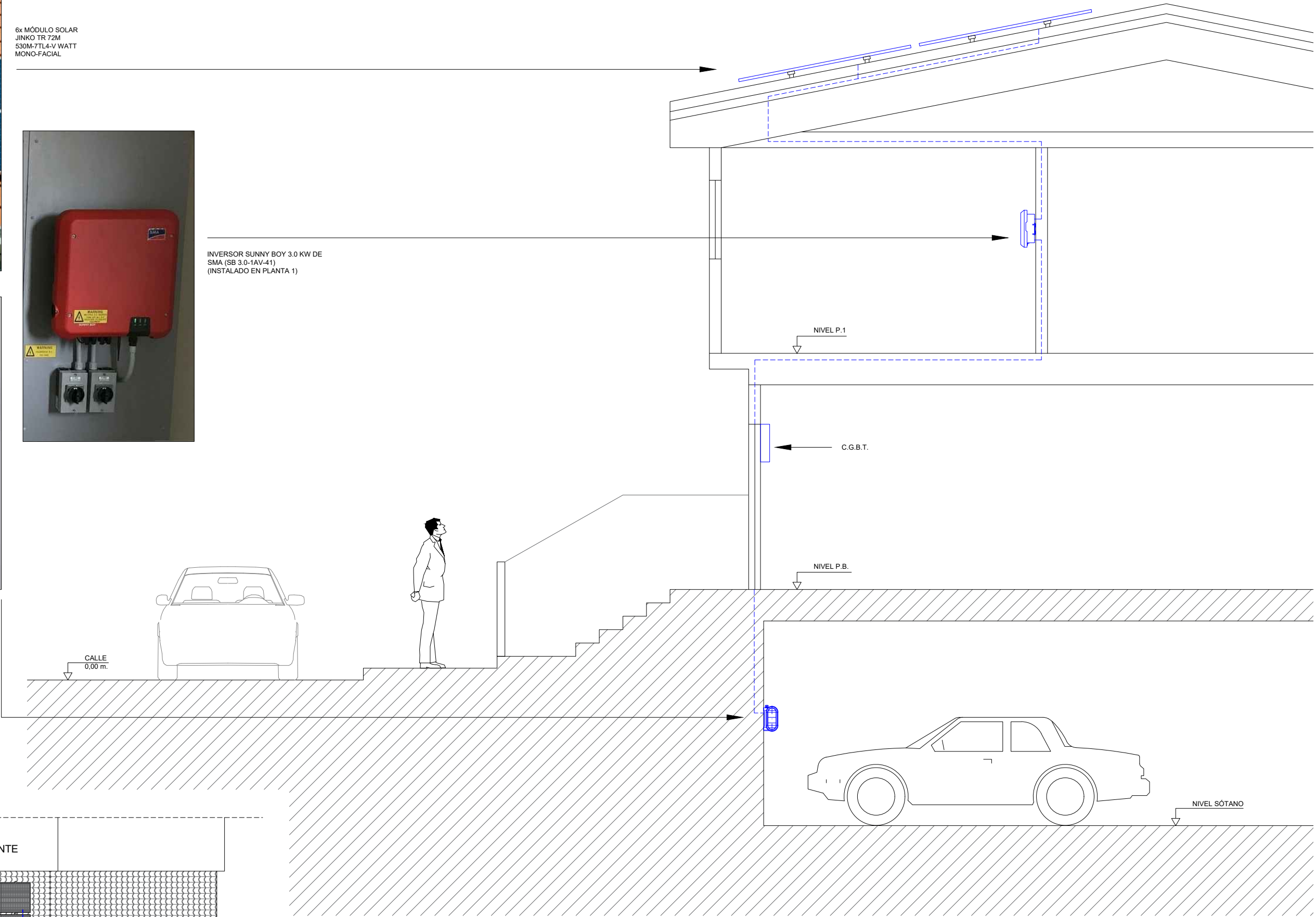
6x MÓDULO SOLAR
JINKO TR 72M
530M-7TL4-V WATT
MONO-FACIAL



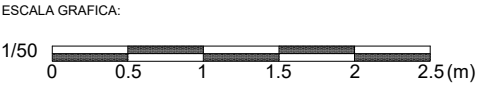
PUNTO
RECARGA VE.
CIRCUTOR EPARK
(INSTALADO EN SÓTANO)



INVERSOR SUNNY BOY 3.0 KW DE
SMA (SB 3.0-1AV-41)
(INSTALADO EN PLANTA 1)



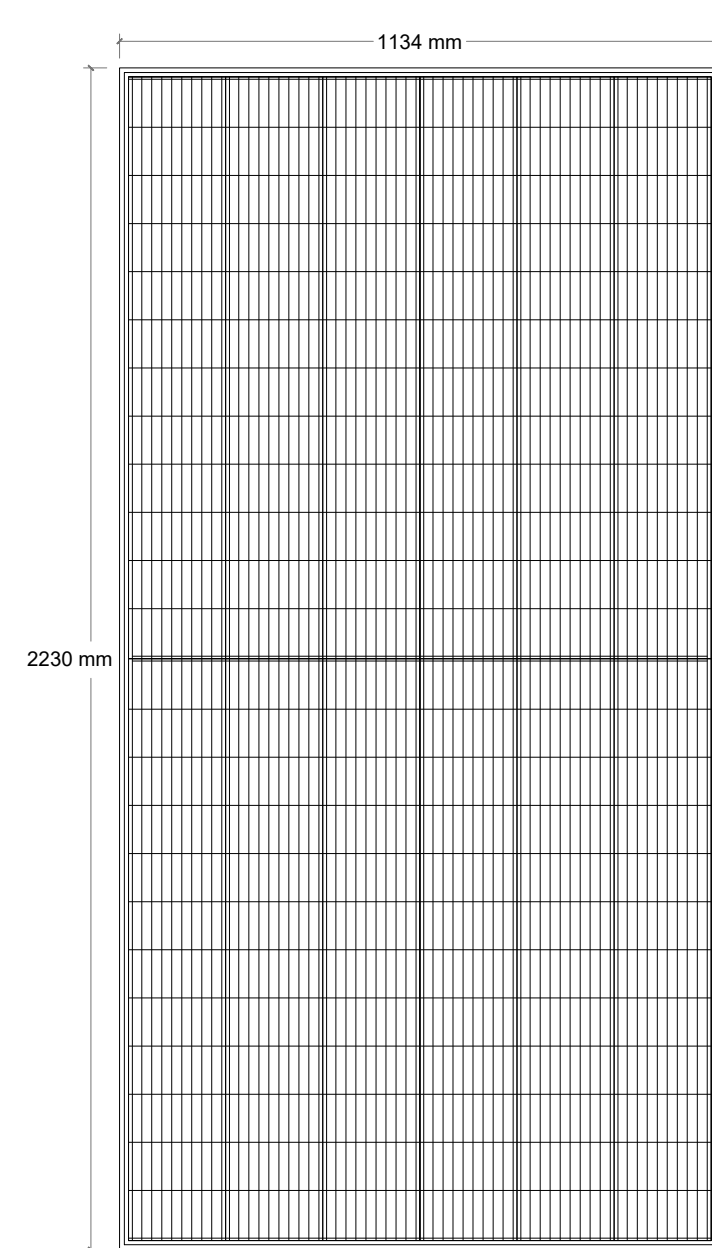
PLANTA REFERENCIAL
1/150



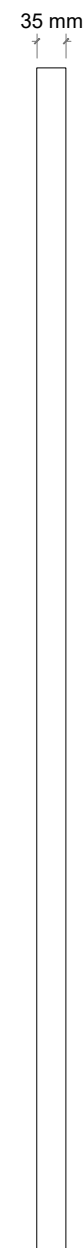


PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR.

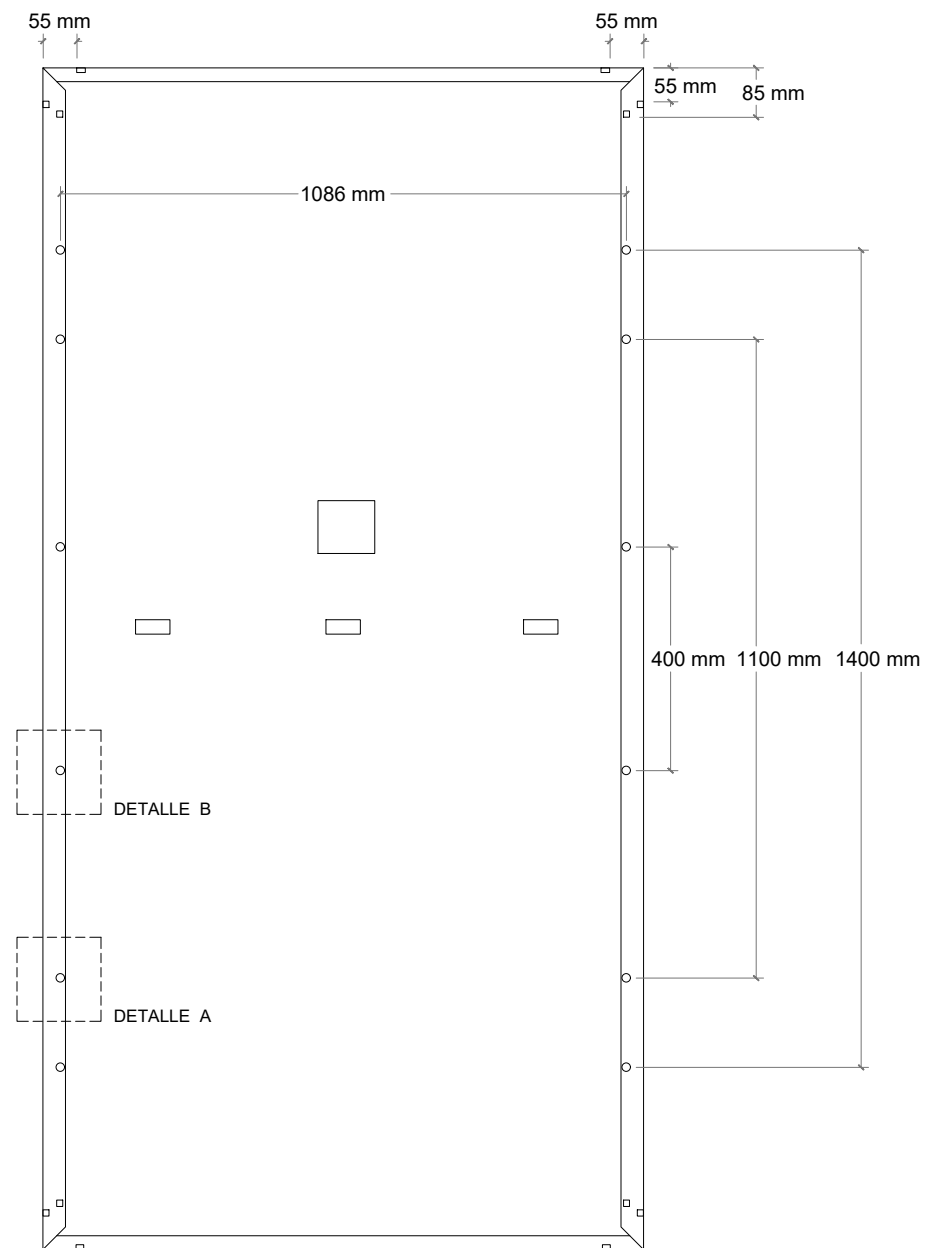
PLANO: ALZADO GENERAL			
DIRECCIÓN: CALLE PABLO NERUDA 18. LORQUÍ. MURCIA.		Nº PROYECTO: ---	
PROVINCIA: 30564 (MURCIA)			
PLANO Nº: 04	ÁLVARO PÉREZ PLANTAMOR	VERSIÓN: INICIAL FECHA: 27/05/2021	ESCALA: 1:50



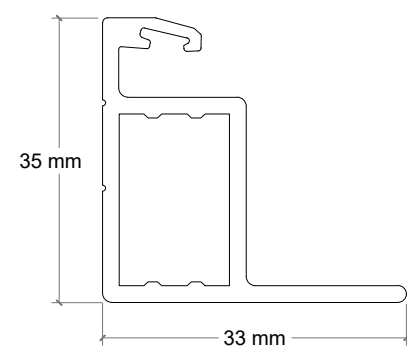
FRENTE



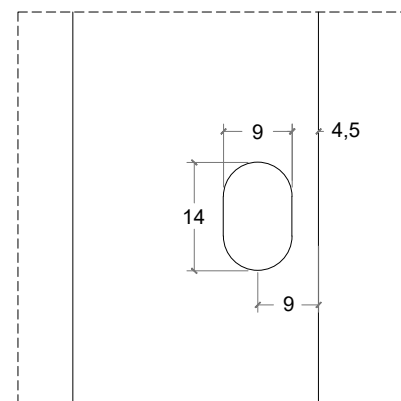
LATERAL



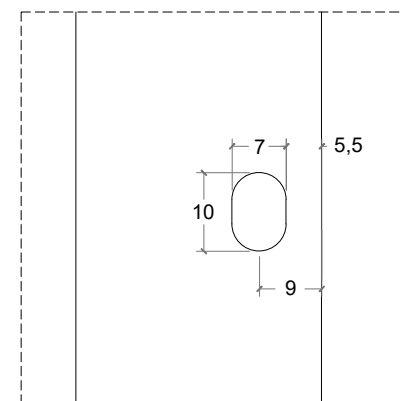
REVERSO



PERFIL



DETALLE A



DETALLE B

CARACTERÍSTICAS	
Dimensiones	2230 x 1134 x 35 mm
Peso	28,9 Kg
Tipo Celda	Monocristalino Tipo P
Nº Celdas	144 (2x72)
Potencia Máxima	530 Wp
Tensión Máxima	40,74 V
Corriente Máxima	13,01 A
Rendimiento	20,96%

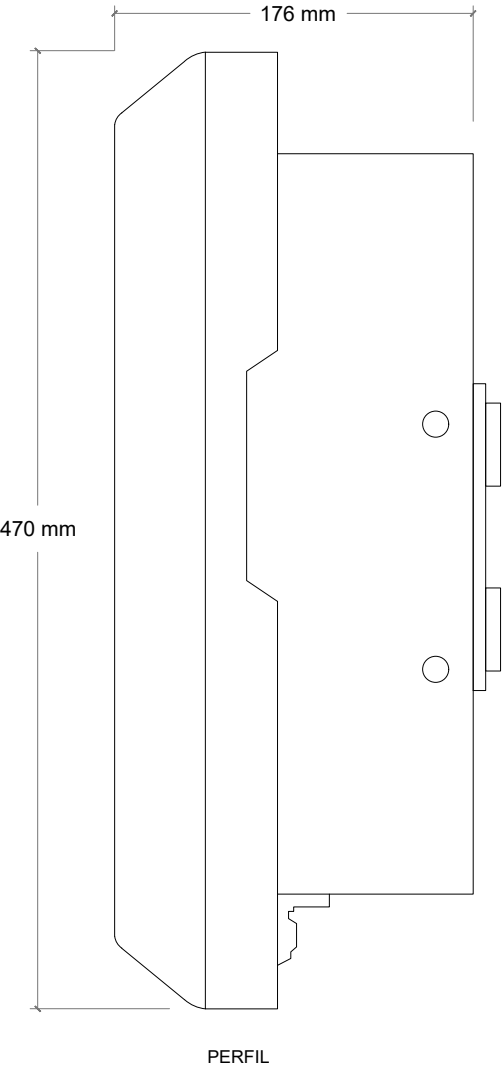
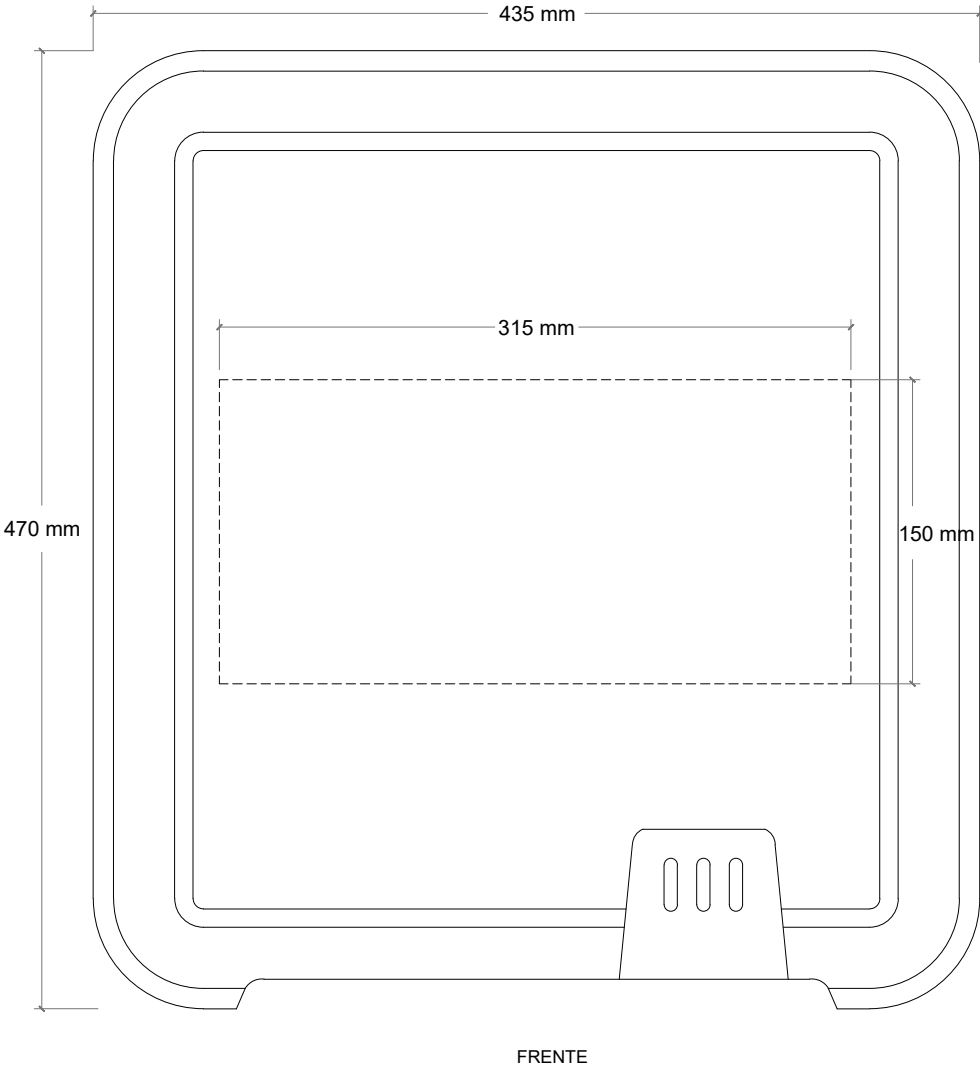




PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR.

PLANO: DETALLE PLACAS SOLARES JINKO TR 72M 530M-7TL4-V			
DIRECCIÓN:	CALLE PABLO NERUDA 18. LORQUÍ. MURCIA.	Nº PROYECTO:	
PROVINCIA:	30564 (MURCIA)	----	
PLANO Nº:	05	ÁLVARO PÉREZ PLANTALAMOR	ESCALA:
		FECHA:	S/E
		27/05/2021	

CARACTERÍSTICAS	
Dimensiones	435 x 470 x 176 mm
Peso	17,5 Kg
Potencia Máxima de Entrada	5.500 W
Potencia de Salida	3.000 W
Corriente Máxima de Salida	16 A
Rendimiento Máximo	97,00%





COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA
ICAI ICADE CIHS

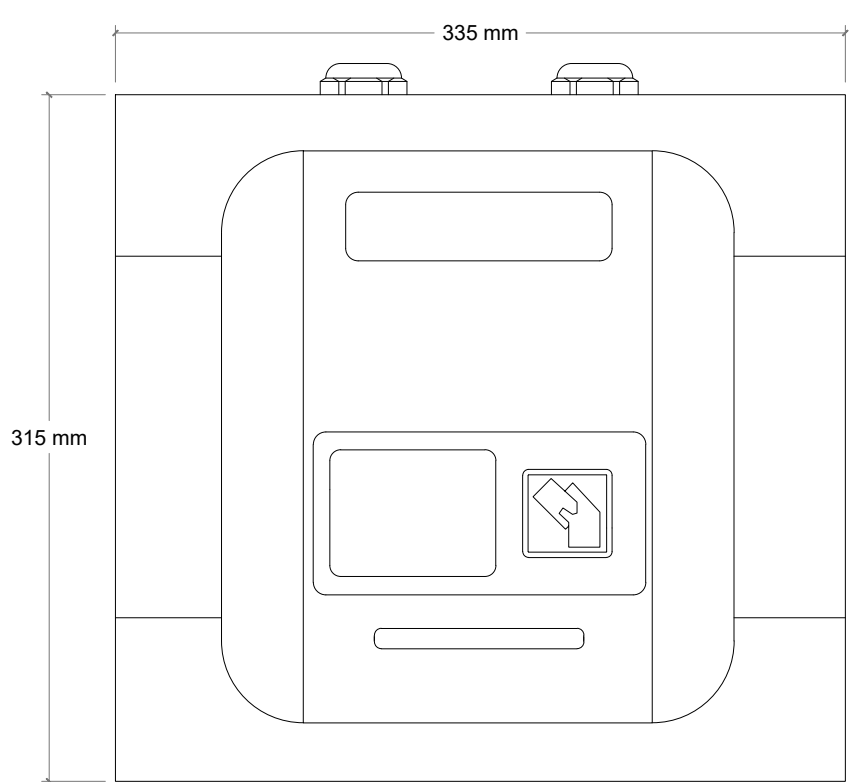
PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR.

PLANO: DETALLE: INVERSOR SUNNY BOY 3.0 KW DE SMA (SB 3.0-1AV-41)

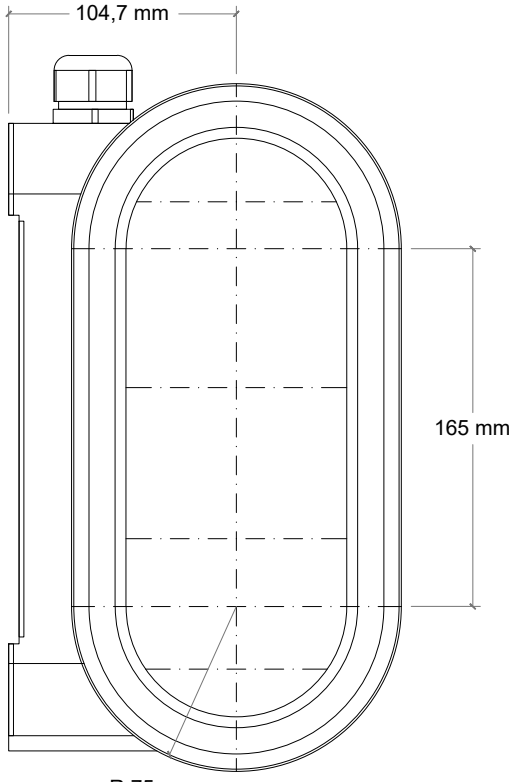
DIRECCIÓN:	CALLE PABLO NERUDA 18. LORQUÍ. MURCIA.	Nº PROYECTO: ----
PROVINCIA:	30564 (MURCIA)	

PLANO Nº: 06	ÁLVARO PÉREZ PLANTALAMOR	VERSIÓN: INICIAL	ESCALA: S/E
		FECHA: 27/05/2021	

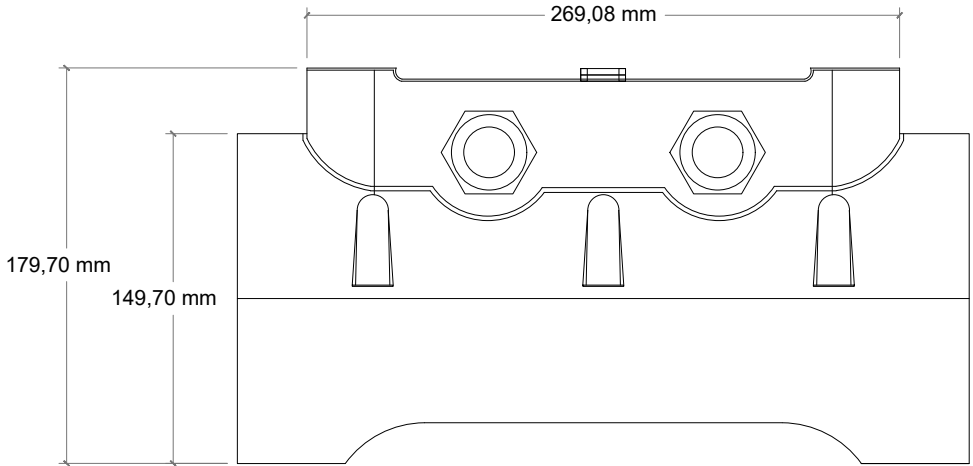
CARACTERÍSTICAS	
Dimensiones	335 x 315 x 200 mm
Peso	4 Kg
Tipo Carga	Modo 3 (Rápida)
Tipo Red	Trifásica
Tensión de Salida	400 V
Corriente Máxima de Salida	32 A
Potencia Máxima de Salida	22 kW
Comunicaciones	Ethernet / 4G / GPRS



FRENTE



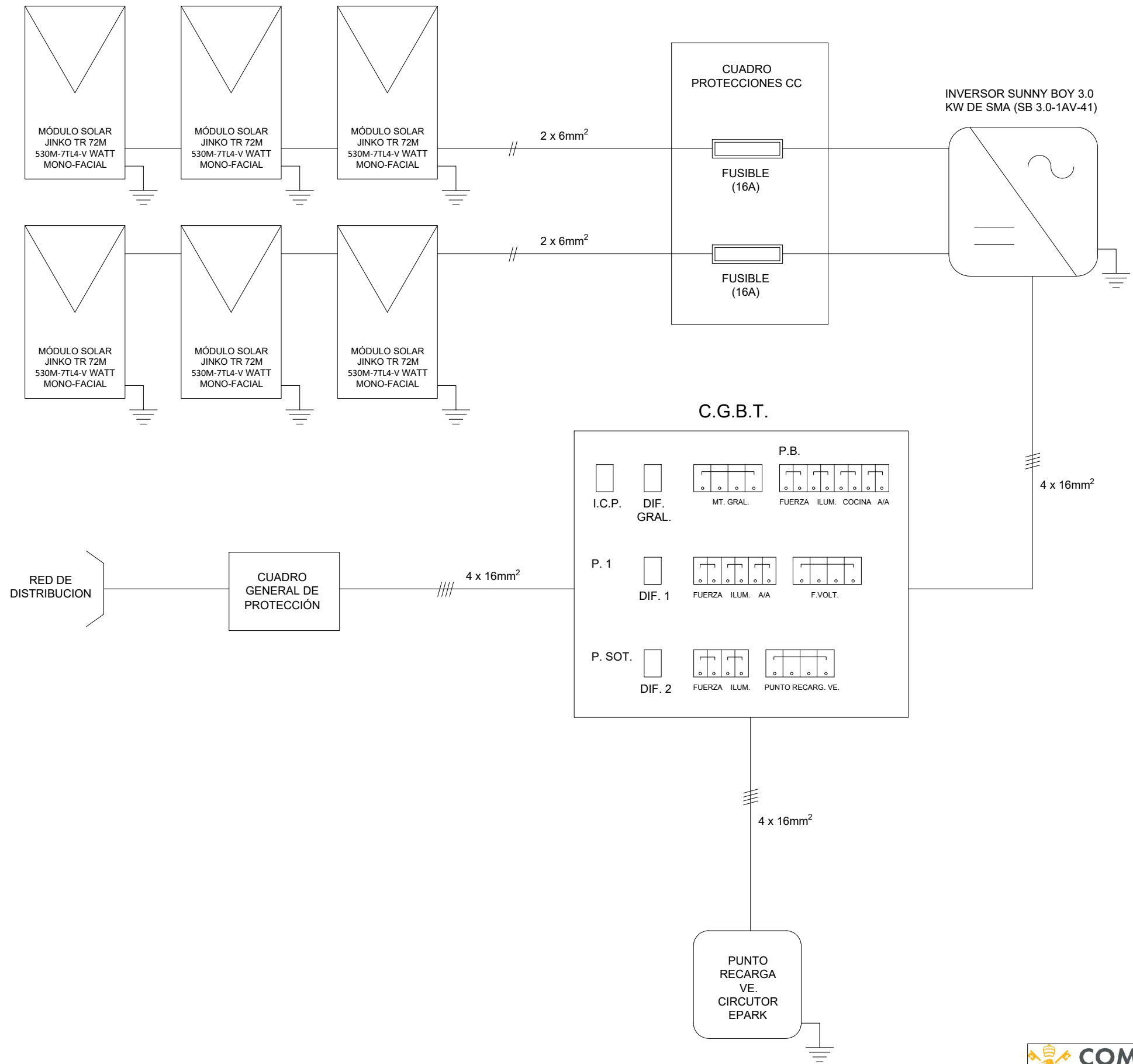
PERFIL



ALZADO



 COMILLAS UNIVERSIDAD PONTIFICIA		PROYECTO DE ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y LEGAL DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA LA RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO EN EL ÁMBITO DE LA UNIDAD FAMILIAR.	
ICAI		ICADE	CIHS
PLANO: DETALLE: PUNTO DE RECARGA VE. CIRCUTOR EPARK			
DIRECCIÓN:		CALLE PABLO NERUDA 18. LORQUÍ. MURCIA.	Nº PROYECTO:
PROVINCIA:		30564 (MURCIA)	----
PLANO Nº:		ÁLVARO PÉREZ PLANTALAMOR	VERSIÓN: INICIAL
07			ESCALA: S/E
		FECHA:	27/05/2021



ANEXO II. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DESGLOSADO

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
1	Capítulo		CAPÍTULO 01 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		3.116,97	3.116,97
1.1	Partida	Ud	Estructura de los Módulos Fotovoltaicos y Accesorio "Salvatejas"	6,000	92,69	556,14
			Suministro y montaje de la estructura de soporte coplanar para módulos fotovoltaicos. Perfil de aluminio anodizado con tonillería de acero inoxidable. Incluye uniones de perfiles, piezas de sujeción y "salvatejas".			
			Incluye: Suministro, instalación y garantía de impermeabilidad del tejado.			
	Material	Ud	Estructura de soporte coplanar para módulos fotovoltaicos	1,000	39,470	39,47
	Material	Ud	Accesorio "salvatejas"	1,600	4,700	7,52
	Mano de obra	h	Oficial instalador	0,800	14,750	11,80
	Mano de obra	h	Ayudante instalador	0,800	14,000	11,20
	Maquinaria	h	Plataforma elevadora	0,080	250,000	20,00
1.2	Partida	Ud	Módulo Solar Fotovoltaico	6,000	170,31	1.021,86
			Módulo Tiger Pro TR 72M 530M-7TL4-V de Jinko.			
			Panel monocristalino tipo P, 144 células (2x72), potencia máxima 530 Wp, tensión máxima 40,74 V, intensidad máxima 13,01 A, tensión de vacío 49,26 V, intensidad de cortocircuito 13,69 A, rendimiento 20,96%, vidrio exterior templado de 3,2 mm, marco de aluminio anodizado, dimensiones 2230 x 1134 x 35 mm, peso 25 kg, 12 años de garantía de producto y 25 años lineales de garantía de potencia.			
			Incluye: Suministro, montaje y comprobación de su correcto funcionamiento.			
	Material	Ud	Modulo Solar Fotovoltaico Tiger Pro TR 72M 530M-7TL4-V	1,000	122,350	122,35
	Mano de obra	h	Oficial instalador	0,800	14,750	11,80
	Mano de obra	h	Ayudante instalador	0,800	14,000	11,20
	Maquinaria	h	Plataforma elevadora	0,080	250,000	20,00

1.3	Partida	Ud	Inversor Fotovoltaico	1,000	845,78	845,78
			Inversor Sunny Boy 3.0 (SB3.0-1AV-41) de SMA			
			Potencia máxima de entrada 5.500 Wp, rango de tensión de entrada 110 V - 500 V, corriente máxima de entrada 15 V, potencia de salida (a 230 V, 50 Hz) 3.000 W, corriente máxima de salida 16 A, rendimiento máximo 97,00%, rango de tensión de salida 180 V - 280 V, dimensiones 435 x 470 x 176 mm, monitorización de toma a tierra y de red, protección contra polarización inversa de CC, resistencia al cortocircuito de CA, unidad de seguimiento de la corriente residual, SMA Smart Connected y 5 años de garantía de producto.			
			Incluye: Suministro, montaje, accesorios y comprobación de su correcto funcionamiento.			
	Material	Ud	Inversor Sunny Boy 3.0 (SB3.0-1AV-41) de SMA	1,000	792,400	792,40
	Mano de obra	h	Oficial instalador	1,000	14,750	14,75
	Mano de obra	h	Ayudante instalador	1,000	14,000	14,00
1.4	Partida	Ud	Dispositivo Sunny Home Manager 2.0	1,000	693,19	693,19
			Sistema de gestión inteligente de los flujos de energía Sunny Home Manager 2.0 de SMA.			
			Incluye: Suministro, instalación y comprobación de su correcto funcionamiento.			
	Material	Ud	Sunny Home Manager 2.0 de SMA	1,000	650,000	650,00
	Mano de obra	h	Oficial instalador	0,800	14,750	11,80
	Mano de obra	h	Ayudante instalador	0,800	14,000	11,20
2	Capítulo		CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN ELÉCTRICA	1.754,54	1.754,54	
2.1	Partida	Ud	Punto de Recarga	1,000	1.312,89	1.312,89
			Equipo de recarga ePARK de Circutor			
			Conexión de carga en Modo 3 (rápida), tipo de red trifásica, tensión de entrada 400 V, tensión de salida 400 V, corriente máxima de salida 32 A, potencia máxima de salida 22 kW y comunicaciones Ethernet.			
			Incluye: Suministro, montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.			
	Material	Ud	Cargador ePARK de Circutor	1,000	1.245,90	1.245,90
	Mano de obra	h	Oficial electricista	1,000	14,750	14,75
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	1,000	14,000	14,00
2.2	Partida	Ud	Cuadro de Protecciones CC	1,000	40,83	40,83
			Suministro e instalación del cuadro de protecciones de Corriente Continua compuesto por fusibles de 16 A.			
			Totalmente montado y conectado, incluyendo material de anclaje.			
	Material	Ud	Bases Portafusibles 2x10x38 16 A	1,000	9,010	9,01
	Material	Ud	Fusibles cilíndricos 10x38 16 A	2,000	5,250	10,50
	Mano de obra	h	Oficial electricista	0,700	14,750	10,33
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,700	14,000	9,80

2.3	Partida	Ud	Protecciones CA	1,000	84,25	84,25
			Suministro e instalación de los elementos de protección de Corriente Alterna compuestos por Interruptor Magnetotérmico y Diferencial Magnetotérmico ubicados en el Cuadro General de Baja Tensión. Totalmente montado y conectado.			
	Material	Ud	Interruptor Magnetotérmico 3P+N AC	1,000	27,500	27,50
	Material	Ud	Interruptor Diferencial 3P+N AC	1,000	31,300	31,30
	Mano de obra	h	Oficial electricista	0,800	14,750	11,80
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,800	14,000	11,20
2.4	Partida	Ud	Toma de Tierra	1,000	31,39	31,39
			Toma de tierra compuesta por un electrodo. Conexión a la red de tierra mediante puente de comprobación y conductor aislado de tierra formado por cable unipolar ES07Z1-K amarillo/verde y con conductor multifilar de 16 mm ² de sección. Totalmente montado, conexionado y comprobado.			
	Material	m	Conductor aislado de tierra formado por cable unipolar ES07Z1-K de 16 mm ² de sección amarillo/verde	8,000	0,800	6,40
	Material	Ud	Electrodo. Pica de tierra	1,000	9,700	9,70
	Mano de obra	h	Oficial electricista	0,500	14,750	7,38
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,500	14,000	7,00
2.5	Partida	Ud	Circuito CA	2,000	76,63	153,26
			Circuito y cableado de Corriente Alterna. Empleado para la conexión entre el inversor y el C.G.B.T., así como la conexión entre este y el punto de recarga.			
	Material	m	Conductor de cobre de 16 mm ²	20,000	2,980	59,60
	Material	m	Tubo rígido PVC	5,000	1,810	9,05
	Mano de obra	h	Oficial electricista	0,200	14,750	2,95
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	14,000	2,80
2.6	Partida	Ud	Circuito CC	2,000	47,40	94,80
			Circuito y cableado de Corriente Continua. Instalado para la conexión entre los módulos fotovoltaicos y el inversor.			
	Material	m	Conductor de cobre de 6 mm ²	22,000	0,860	18,92
	Material	m	Tubo rígido PVC	11,000	1,810	19,91
	Mano de obra	h	Oficial electricista	0,250	14,750	3,69
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,250	14,000	3,50
2.7	Partida	Ud	Ethernet	2,000	18,56	37,12
			Suministro e instalación de línea de Ethernet para el inversor fotovoltaico y el punto de recarga del vehículo eléctrico. Totalmente montado, conexionado y comprobado su correcto funcionamiento			
	Material	m	Cable de Ethernet	3,000	1,800	5,40
	Material	m	Tubo rígido PVC	3,000	1,810	5,43
	Mano de obra	h	Oficial electricista	0,250	14,750	3,69
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,250	14,000	3,50

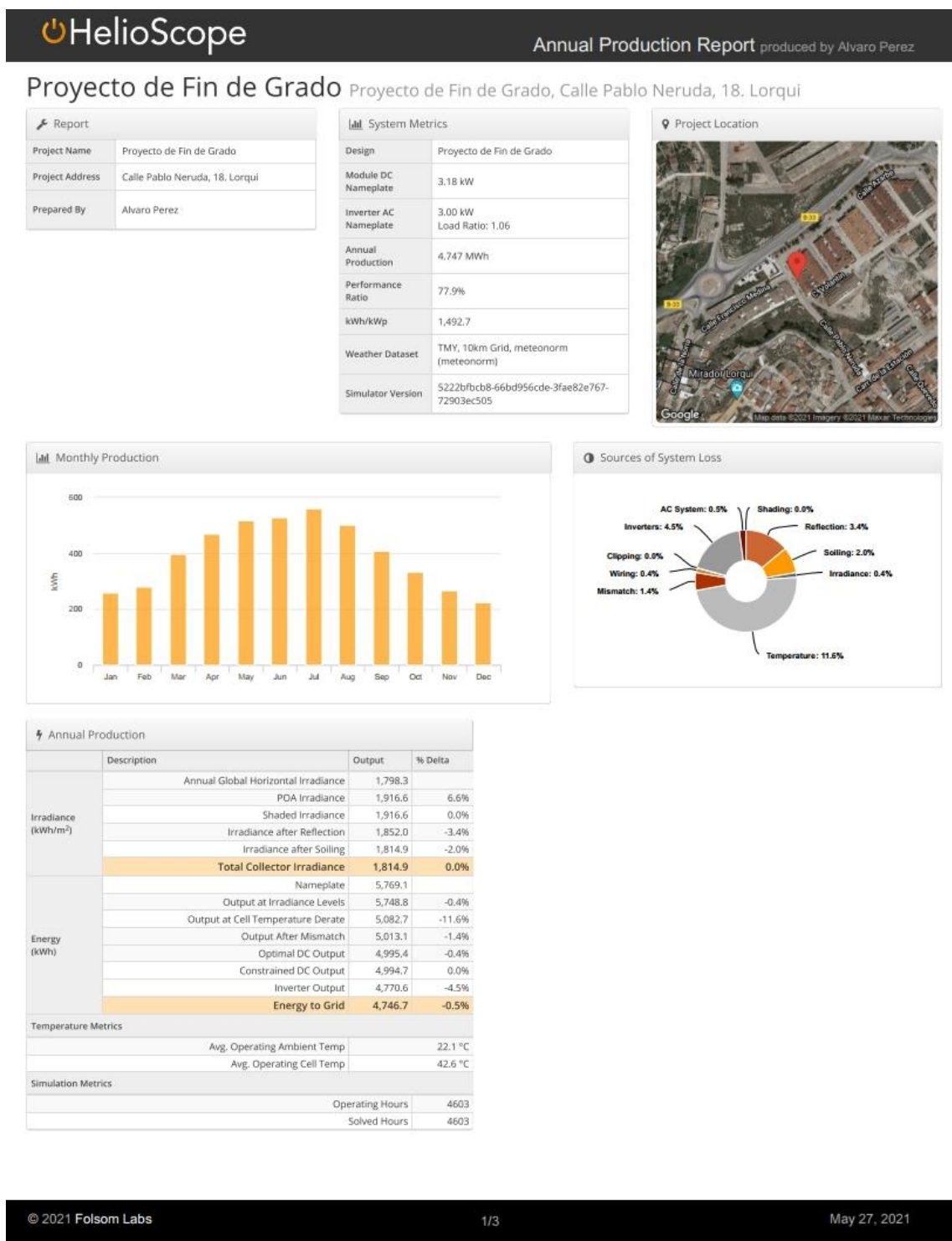
3	Capítulo	CAPÍTULO 03 CONTROL Y MONITORIZACIÓN			77,25	77,25
3.1	Partida	Ud	Pruebas		1,000	77,25
			Partida dedicada a la realización de pruebas y monitorización de la instalación durante 2 días para asegurar su correcto funcionamiento.			
4	Capítulo	CAPÍTULO 04 OBRA CIVIL			59,23	59,23
4.1	Partida	Ud	Elementos Auxiliares		1,000	59,23
			Montaje de los elementos auxiliares para la ejecución de la instalación. Incluye la instalación de la plataforma elevadora, así como las escaleras.			
	Mano de obra	h	Oficial instalador		2,000	14,750
	Mano de obra	h	Ayudante instalador		2,000	14,000
5	Capítulo	CAPÍTULO 05 SEGURIDAD Y SALUD			103,65	103,65
5.1	Partida	Ud	Elementos de Protección		1,000	103,65
			Montaje de los elementos de protección y prevención de riesgos laborales necesarios para la ejecución de la instalación. Incluye la instalación de líneas de vida, vallado, paneles informativos, iluminación, escaleras de seguridad, mallas y barandillas. Incluye la elaboración del Plan de Seguridad y Salud.			
	Mano de obra	h	Oficial instalador		3,500	14,750
	Mano de obra	h	Ayudante instalador		3,500	14,000
6	Capítulo	CAPÍTULO 06 GESTIÓN DE RESIDUOS			139,62	139,62
6.1	Partida	Ud	Gestión de Residuos		1,000	139,62
			Partida dedicada a la gestión de los residuos generados durante la instalación para cumplir con la normativa de gestión de residuos y en materia medioambiental.			
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL					5.251,26 €	
			Redacción de Proyecto	5,00%	262,56 €	
			Supervisión de Ejecución	5,00%	262,56 €	
			Gastos Generales	13,00%	682,66 €	
			Beneficio Industrial	6,00%	315,08 €	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN PARA LA EMPRESA					6.774,13 €	
			I.V.A.	21,00%	1.422,57 €	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN PARA EL CLIENTE					8.196,69 €	

PRESUPUESTO POR NATURALEZA

Código	Ud	Resumen	Cantidad	Materiales	%	Maquinaria	%	Mano de obra	%	Otros	%	Importe
CAPÍTULO 01 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA												
1.1	Ud	Estructura de los Módulos Fotovoltaicos y Accesorio "Salvatejas"	6,000	281,94	50,7	120,00	21,6	138,00	24,8	16,20	2,9	556,14
1.2	Ud	Módulo Solar Fotovoltaico	6,000	734,10	71,8	120,00	11,7	138,00	13,5	29,76	2,9	1.021,86
1.3	Ud	Inversor Fotovoltaico	1,000	792,40	93,7			28,75	3,4	24,63	2,9	845,78
1.4	Ud	Dispositivo Sunny Home Manager 2.0	1,000	650,00	93,8			23,00	3,3	20,19	2,9	693,19
Total Capítulo 1				2.458,44	78,9	240,00	7,7	327,75	10,5	90,79	2,9	3.116,97
CAPÍTULO 02 INSTALACIÓN ELÉCTRICA												
2.1	Ud	Punto de Recarga	1,000	1.245,90	94,9			28,75	2,2	38,24	2,9	1.312,89
2.2	Ud	Cuadro de Protecciones CC	1,000	19,51	47,8			20,13	49,3	1,19	2,9	40,83
2.3	Ud	Protecciones CA	1,000	58,80	69,8			23,00	27,3	2,45	2,9	84,25
2.4	Ud	Toma de Tierra	1,000	16,10	51,3			14,38	45,8	0,91	2,9	31,39
2.5	Ud	Circuito CA	2,000	137,30	89,6			11,50	7,5	4,46	2,9	153,26
2.6	Ud	Circuito CC	2,000	77,66	81,9			14,38	15,2	2,76	2,9	94,80
2.7	Ud	Ethernet	2,000	21,66	58,3			14,38	38,7	1,08	2,9	37,12
Total Capítulo 2				1.576,93	89,9			126,52	7,2	51,10	2,9	1.754,54

CAPÍTULO 03 CONTROL Y MONITORIZACIÓN											
3.1	Ud	Pruebas	1,000					77,25	100,0	77,25	
Total Capítulo 3								77,25	100,0	77,25	
CAPÍTULO 04 OBRA CIVIL											
4.1	Ud	Elementos Auxiliares	1,000		57,50	97,1		1,73	2,9	59,23	
Total Capítulo 4					57,50	97,1		1,73	2,9	59,23	
CAPÍTULO 05 SEGURIDAD Y SALUD											
5.1	Ud	Elementos de Protección	1,000		100,63	97,1		3,02	2,9	103,65	
Total Capítulo 5					100,63	97,1		3,02	2,9	103,65	
CAPÍTULO 06 GESTIÓN DE RESIDUOS											
6.1	Ud	Gestión de Residuos	1,000					139,62	100,0	139,62	
Total Capítulo 6								139,62	100,0	139,62	
		Presupuesto de Ejecución Material	4.035,37	76,8	240,00	4,6	612,40	11,7	363,50	6,9	5.251,26

ANEXO III. SIMULACIÓN HELIOSCOPE



HelioScope Annual Production Report produced by Alvaro Perez

Condition Set												
Description	Condition Set 1											
Weather Dataset	TMY, 10km Grid, meteonorm (meteonorm)											
Solar Angle Location	Meteo Lat/Lng											
Transposition Model	Perez Model											
Temperature Model	Sandia Model											
Temperature Model Parameters	Rack Type	a		b		Temperature Delta						
	Fixed Tilt	-3.56		-0.075		3°C						
	Flush Mount	-2.81		-0.0455		0°C						
Soiling (%)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Irradiation Variance	5%											
Cell Temperature Spread	4° C											
Module Binning Range	-2.5% to 2.5%											
AC System Derate	0.50%											
Module Characterizations	Module	Uploaded By		Characterization								
	JKM530M-7TL4-V (Jinko)	Folsom Labs		Spec Sheet Characterization, PAN								
Component Characterizations	Device	Uploaded By		Characterization								
	Sunny Boy 3.0-1AV-41 (SMA)	Folsom Labs		Default Characterization								

Components		
Component	Name	Count
Inverters	Sunny Boy 3.0-1AV-41 (SMA)	1 (3.00 kW)
Strings	10 AWG (Copper)	1 (14.5 m)
Module	Jinko, JKM530M-7TL4-V (530W)	6 (3.18 kW)

Wiring Zones			
Description	Combiner Poles	String Size	Stringing Strategy
Wiring Zone	-	3-11	Along Racking

Field Segments									
Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 1	Flush Mount	Portrait (Vertical)	18.4°	235°	0.0 m	1x1	9	6	3.18 kW



ANEXO IV. CÁLCULOS INSTALACIÓN ELÉCTRICA

A continuación, se realiza el dimensionamiento de la instalación eléctrica del proyecto objeto de este estudio, representada en el plano del “Esquema unifilar” (Véase Anexo I).

Cuadro de protecciones de Corriente Continua

En dicho cuadro, se instalan 2 fusibles, uno por cada rama de 3 módulos fotovoltaicos, de 16 A de intensidad para soportar la corriente máxima de los paneles solares que, según la ficha técnica (Véase Anexo V), es de 13,01 A, y la corriente de cortocircuito asciende a 13,69 A. Además, estos fusibles están estandarizados en el mercado y, de esta forma, su precio es menor en relación con otros de intensidades más específicas.

Cableado de conexión entre los módulos fotovoltaicos y el inversor

Esta conexión se realiza a corriente continua y por lo tanto se emplean 2 conductores de cobre. Además, como se ha mencionado en el párrafo anterior, este cableado debe poder soportar una intensidad de 13,69 A y, por lo tanto, teniendo en cuenta la siguiente tabla, se estima que, para cumplir con el coeficiente de seguridad, se debe emplear un conductor de 4 mm². No obstante, los cables normalizados en el mercado son el de 2,5 mm² y 6 mm², y el precio del metro de cableado del conductor de 4 mm² y el de 6 mm² es prácticamente idéntico. Por tanto, para conseguir una mayor seguridad y teniendo en cuenta que la diferencia de precio es insignificante, se emplea el conductor de cobre de 6 mm².

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Conductor	mm ²											
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	140
	35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	174
	50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	210
	70				149	160	171	185	199	214	224	269
	95				180	194	207	224	241	259	271	327
	120				208	225	240	260	280	301	314	380
	150				236	260	278	299	322	343	363	438
	185				268	297	317	341	368	391	415	500
	240				315	350	374	401	435	468	490	590

Tabla 6: Intensidades admisibles en conductores de cobre (Fuente: Automatismo Industrial)

Cableado de conexión del circuito de Corriente Alterna

El resto de la instalación se realiza en Corriente Alterna trifásica y se emplean 4 conductores de cobre (R+S+T+N). El punto de recarga puede llegar a proporcionar una intensidad máxima de salida de 32 A, como indica su ficha técnica (Véase Anexo V), y, con el fin de tener la instalación preparada para dicha corriente máxima, se dimensiona la misma para soportar hasta una corriente de 32 A. De esta forma, teniendo en cuenta la Tabla 6, se estima que, para cumplir con el coeficiente de seguridad, se debe emplear un conductor de 10 mm². No obstante, los cables normalizados en el mercado son el de 6 mm² y 16 mm², y el precio del metro de cableado del conductor de 10 mm² y el de 16 mm² es muy similar. Por tanto, para conseguir una mayor seguridad y teniendo en cuenta que la diferencia de precio es mínima, se emplea el conductor de cobre de 16 mm².

ANEXO V. FICHAS TÉCNICAS

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS (Jinko Tiger Pro TR 72M 530M-7TL4-V)

www.jinkosolar.com

Jinko Solar
Building Your Trust in Solar



KEY FEATURES



TR technology + Half Cell

TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 21.35 %)



MBB instead of 5BB

MBB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.



Higher lifetime Power Yield

2.0% first year degradation,
0.55% linear degradation



Best Warranty

12 year product warranty,
25 year linear power warranty



Strengthened Mechanical Support

5400 Pa snow load, 2400 Pa wind load

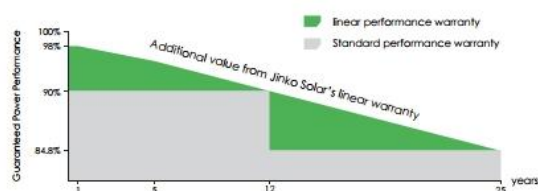


ISO9001:2015, ISO14001:2015, ISO45001:2018
certified factory

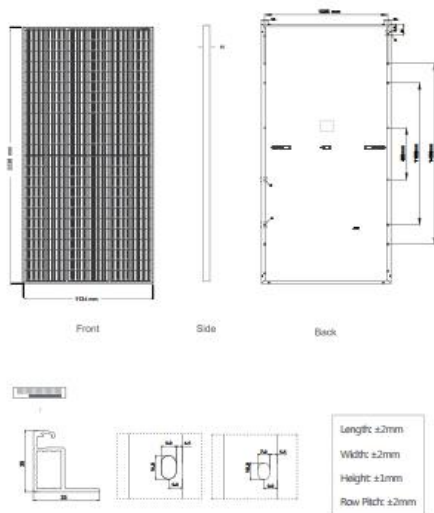
IEC61215, IEC61730 certified product

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty + 25 Year Linear Power Warranty
0.55% Annual Degradation Over 25 years



Engineering Drawings

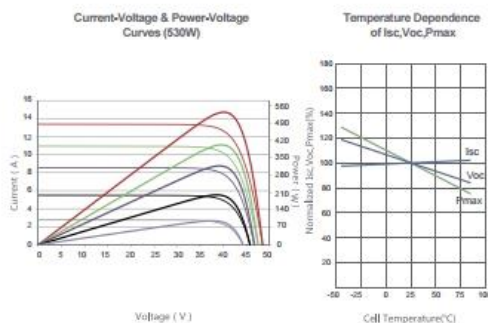


Packaging Configuration

(Two pallets = One stack.)

31pcs/pallets, 62pcs/stack, 620pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	144 (2×72)
Dimensions	2230×1134×35mm (87.80×44.65×1.38 inch)
Weight	28.9 kg (63.71 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm² (+): 290mm, (-): 145 mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM520M-7TL4-V		JKM525M-7TL4-V		JKM530M-7TL4-V		JKM535M-7TL4-V		JKM540M-7TL4-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	520Wp	387Wp	525Wp	391Wp	530Wp	394Wp	535Wp	398Wp	540Wp	402Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.47V	37.63V	40.61V	37.78V	40.74V	37.92V	40.88V	38.05V	41.01V	38.19V
Maximum Power Current (Imp)	12.85A	10.28A	12.93A	10.34A	13.01A	10.40A	13.09A	10.46A	13.17A	10.52A
Open-circuit Voltage (Voc)	48.99V	46.24V	49.13V	46.37V	49.26V	46.50V	49.40V	46.63V	49.53V	46.75V
Short-circuit Current (Isc)	13.53A	10.93A	13.61A	10.99A	13.69A	11.06A	13.77A	11.12A	13.85A	11.19A
Module Efficiency STC (%)	20.56%		20.76%		20.96%		21.16%		21.35%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	25A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

*STC:  Irradiance 1000W/m²  Cell Temperature 25°C  AM=1.5
NOCT:  Irradiance 800W/m²  Ambient Temperature 20°C  AM=1.5  Wind Speed 1m/s

INVERSOR FOTOVOLTAICO (SMA Sunny Boy 3.0 SB3.0-1AV-41)

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0
with SMA SMART CONNECTED




SB3.0-1AV-41 / SB3.6-1AV-41 / SB4.0-1AV-41 / SB5.0-1AV-41 / SB6.0-1AV-41

**Intelligent service with
SMA Smart Connected**

SMA ShadeFix
STRING LEVEL OPTIMIZATION

Compact • One-person installation due to low weight of 17.5 kg • Compact design means minimum space requirements	Easy to use • 100% plug and play installation • Free online monitoring via Sunny Places • Automated service thanks to SMA Smart Connected	High yields • Use of surplus energy through dynamic active power limitation • Yield increase without installation effort due to integrated shade management SMA ShadeFix	Combinable • Intelligent energy management and storage solutions can be added anytime • Can be expanded with SMA Power Limiter for use of a ripple control receiver
--	--	--	---

SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0 / 6.0

Higher yields for private homes – intelligent solar power generation

The new Sunny Boy 3.0–6.0 ensures maximum energy yields for private homes. This inverter combines the integrated Service SMA Smart Connected service and intelligent technology for all ambient requirements. Thanks to its extremely light design, the device can be installed quickly and easily. The Sunny Boy can be commissioned quickly via smartphone or tablet thanks to its integrated web interface. For specific requirements on the roof, SMA ShadeFix maximizes the PV system's yield. Current communication standards make the inverter future-proof, meaning intelligent energy management solutions as well as SMA storage solutions can be flexibly added anytime.

SMA SMART CONNECTED

The integrated service for ease and comfort

SMA Smart Connected* is the free monitoring of the inverter via the SMA Sunny Portal. If there is an inverter fault, SMA proactively informs the PV system operator and the installer. This saves valuable working time and costs.

With SMA Smart Connected, the installer benefits from rapid diagnoses by SMA. They can thus quickly rectify the fault and score points with the customer thanks to the attraction of additional services.



ACTIVATION OF SMA SMART CONNECTED

During registration of the system in the Sunny Portal, the installer activates SMA Smart Connected and benefits from the automatic inverter monitoring by SMA.



AUTOMATIC INVERTER MONITORING

SMA takes on the job of inverter monitoring with SMA Smart Connected. SMA automatically checks the individual inverters for anomalies around the clock during operation. Every customer thus benefits from SMA's long years of experience.



PROACTIVE COMMUNICATION IN THE EVENT OF FAULTS

After a fault has been diagnosed and analyzed, SMA informs the installer and end customer immediately by e-mail. Everyone is thus optimally prepared for the troubleshooting. This minimizes the downtime and saves time and money. The regular power reports also provide valuable information about the overall system.



REPLACEMENT SERVICE

If a replacement device is necessary, SMA automatically supplies a new inverter within one to three days of the fault diagnosis. The installer can contact the PV system operator of their own accord and replace the inverter.



PERFORMANCE SERVICE

The PV system operator can claim compensation from SMA if the replacement inverter cannot be delivered within three days.

* Details: see document "Description of Services - SMA SMART CONNECTED"

Technical data	Sunny Boy 3.0	Sunny Boy 3.6	Sunny Boy 4.0	Sunny Boy 5.0	Sunny Boy 6.0
Input (DC)					
Max. generator power	5500 Wp	5500 Wp	7500 Wp	7500 Wp	9000 Wp
Max. input voltage			600 V		
MPP voltage range	110 V to 500 V	130 V to 500 V	140 V to 500 V	175 V to 500 V	210 V to 500 V
Rated input voltage			365 V		
Min. input voltage / initial input voltage			100 V / 125 V		
Max. input current input A / input B			15 A / 15 A		
Max. DC short-circuit current input A / input B			20 A / 20 A		
Number of independent MPP inputs / strings per MPP input			2 / A:2; B:2		
Output (AC)					
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	3000 W	3680 W	4000 W	5000 W ¹⁾	6000 W
Max. apparent power AC	3000 VA	3680 VA	4000 VA	5000 VA ¹⁾	6000 W
Nominal AC voltage / range			220 V, 230 V, 240 V / 180 V to 280 V		
AC power frequency / range			50 Hz, 60 Hz / -5 Hz to +5 Hz		
Rated power frequency / rated grid voltage			50 Hz / 230 V		
Max. output current	16 A	16 A	22 A ²⁾	22 A ²⁾	26.1 A
Power factor at rated power			1		
Adjustable displacement power factor			0.8 overexcited to 0.8 underexcited		
Feed-in phases / connection phases			1 / 1		
Efficiency					
Max. efficiency / European Efficiency	97.0% / 96.4%	97.0% / 96.5%	97.0% / 96.5%	97.0% / 96.5%	97.0% / 96.6%
Protective devices					
Input-side disconnection point			•		
Ground fault monitoring / grid monitoring			• / •		
DC reverse polarity protection / AC short circuit current capability / galvanically isolated			• / • / -		
All-pole-sensitive residual-current monitoring unit			•		
Protection class (as per IEC 61140) / overvoltage category (according to IEC 60664-1)			I / III		
General data					
Dimensions (W / H / D)		435 mm / 470 mm / 176 mm	17.1 inches / 18.5 inches / 6.9 inches		
Weight		17.5 kg	38.5 lb		
Operating temperature range		-25°C to +60°C	-13°F to +140°F		
Noise emission, typical			25 dB(A)		
Self-consumption (at night)			5.0 W		
Topology			Transformerless		
Cooling method			Convection		
Degree of protection (as per IEC 60529)			IP65		
Climatic category (as per IEC 60721-3-4)			4K4H		
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)			100%		
Equipment					
DC connection / AC connection			SUNCLIX / AC connector		
Display via smartphone, tablet, laptop			•		
Interfaces: WLAN / Ethernet / RS485			• / • / •		
Communication protocols			Modbus (SMA, Sunspec), Webconnect, SMA Data		
Shade management: integrated SMA ShadeFix			•		
Warranty: 5 / 10 / 15 years			• / ○ / ○		
Certificates and approvals (more available upon request)			AS 4777.2, C10/11, CE, CEI 0-21, Dansk Energi DK1/2, DEWA, DIN EN 62109 / IEC 62109, EN 50438, EN 50549-1, G98/1, G99/1, IEC 61727, IEC 62116, IEC-EN50438, NBR16149, NEN-EN50438, NRS 097-2-1, NT_Ley20.571, ÖVE/ÖNORM E 8001-4-712 & TOR Erzeuger Typ A, PPC, PPDS, RD1699, RFG compliant, SI4777, UTE C15-712, VDE0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014		
Country availability of SMA Smart Connected			AU, AT, BE, CH, DE, ES, FR, IT, LU, NL, UK		
• Standard features ○ Optional features - Not available Data at nominal conditions Status: 03/2021					
1) 4600 W / 4600 VA according to VDE-AR-N 4105					
2) AS 4777: 21.7 A					
Type designation	SB3.0-1AV-41	SB3.6-1AV-41	SB4.0-1AV-41	SB5.0-1AV-41	SB6.0-1AV-41



- Easy commissioning via integrated WLAN and Speedwire interface
- Maximum transparency thanks to visualization in the Sunny Portal / Sunny Places
- Safe investment through SMA Smart Connected
- Modbus as interface for third-party providers

- Basic system functions
- Reduction in purchased electricity and increase in self-consumption through use of stored solar energy
- Maximum energy use thanks to forecast-based charging
- Increased self-consumption thanks to intelligent load control
- Easy integration of ripple control receivers via SMA Power Limiter

- Maximum system usage through dynamic limiting of feed-in to the grid between 0% and 100%
- Visualization of energy consumption

PUNTO DE RECARGA (Circutor ePARK Trifásico)

Equipos y sistemas inteligentes para la recarga de Vehículos Eléctricos. | 1

ePARK



Equipo de recarga de vehículos eléctricos

Descripción

Con un diseño moderno y minimalista, la nueva gama ePARK se plantea como la mejor opción de recarga para interior.

La serie ePARK ofrece las máximas prestaciones que exige el mercado, gestión y monitorización con control remoto o integración en plataformas de gestión basadas en el protocolo OCPP 1.6J.

Aplicaciones

Estos equipos están especialmente diseñados para ser usados en parking cubiertos, susceptibles de ser destinados al estacionamiento de vehículos de cualquier tipo (coches, motos, bicicletas, transporte, limpieza, etc.) dónde se precise de gestión de potencia o de usuarios.

Características técnicas

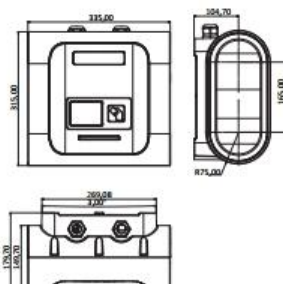
Conexión	Tipo de conector	Base tipo 2 / Tipo 1 / Tipo 2, Según modelo
	Tipo de carga	Carga en Modo 3 (según IEC 61851-1)
Características eléctricas	Tensión de entrada	230 V~ / 400 V~ (IP+N+PE / 3P+N+PE)
	Frecuencia de entrada	50...60 Hz
	Tensión de salida	230 V~ / 400 V~ (IP+N+PE / 3P+N+PE)
	Corriente máxima de salida	32 A
	Potencia máxima de salida (kW)	7,4 kW / 22 kW
	Nº de tomas	1 o 2 según modelo
Características adicionales	Medida de energía	Contador MID integrado por toma
	Comunicaciones	Ethernet
	Comunicaciones inalámbricas	4G / GPRS (opcional)
	Visualización	Display
	Almacenamiento de datos	SI
Características mecánicas	Envolvente	Plástico ABS-PC autoextinguible
	Dimensiones	335 x 315 x 200 mm
Seguridad	Anclaje	Vertical, 3 puntos para sujeción en pared
	Grado protección	IP 54 / IK 10
	Categoría III – 300 Vca (EN 61010)	
Normas	Protección al choque eléctrico por doble aislamiento clase II	
	EN 61851-1, ISO 14443A	

Referencias

Tipo	Código	Nº Tomas	Salida	Tipo conector	Tipo red	Comunicaciones
ePARK M-S2	V27240.	1	230 Vca - 32 A - 7,4 kW	Base Tipo 2	Monofásica	Ethernet
ePARK M-C1	V27210.	1	230 Vca - 32 A - 7,4 kW	Cable Tipo 1	Monofásica	Ethernet
ePARK M-C2	V27220.	1	230 Vca - 32 A - 7,4 kW	Cable Tipo 2	Monofásica	Ethernet
ePARK M-2S2	V27244.	2	230 Vca - 32 A - 7,4 kW	Base Tipo 2	Monofásica	Ethernet
ePARK M-2C2	V27222.	2	230 Vca - 32 A - 7,4 kW	Cable Tipo 2	Monofásica	Ethernet
ePARK T-S2	V27440.	1	400 Vca - 32 A - 22 kW	Base Tipo 2	Trifásica	Ethernet
ePARK T-C2	V27420.	1	400 Vca - 32 A - 22 kW	Cable Tipo 2	Trifásica	Ethernet

Medida de energía integrada MID, Lector RFID para identificación y activación recarga - ISO 14443 A/B, Almacenamiento de datos, Comunicaciones 4G (opcional), Protocolo comunicaciones OCPP 1.5/1.6, Peso: 4 kg, Envolvente de ABS/PC - IP54 - IK10, Dimensiones 335x315x200 mm. Compatible con sistema de gestión de potencia DLM (según modelo).

Dimensiones



ePARK						
V	2	X	X	X	0	X
Código	Código interno					↑
Comunicaciones adicionales	-					0
	+ 4G					1

Circutor. The Future is Efficiency