



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

**DISEÑO Y ESTUDIO DE
VIABILIDAD DE INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA DE
AUTOCONSUMO EN
ESTACIONES DE RECARGA DE
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

Alumno/a: Montes Moreno, Álvaro

Tutor/a: Prof. D. Diego López Talavera
Dpto: Ingeniería electrónica y automática

Diciembre, 2020

Trabajo Fin de Máster	RESUMEN	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

RESUMEN

La implantación del Vehículo Eléctrico cada vez es una realidad más cercana. En los próximos años se plantea reducir al mínimo el uso de vehículos de combustión mientras aumenta el uso de vehículos de emisiones cero como lucha contra el cambio climático. Por este motivo, se plantea la necesidad de infraestructuras públicas de recarga del Vehículo Eléctrico teniendo en cuenta los problemas que puede generar ante el sistema eléctrico español.

La demanda de potencia generada por una flota de Vehículos Eléctricos en horas punta supone una sobrecarga en el sistema eléctrico. Por ello, una solución sería la instalación de tecnologías de energía renovable para alimentar a las estaciones de recarga.

En el presente Trabajo Fin de Máster se diseña una instalación fotovoltaica de autoconsumo, conectada a la red, con el objetivo de generar la energía necesaria para abastecer a seis estaciones de recarga de vehículos eléctricos situadas en un aparcamiento público. Se realiza el análisis de viabilidad económica y financiera teniendo en cuenta el precio de recarga del vehículo eléctrico, el precio de la electricidad en el mercado libre PVPC en la tarifa por defecto (peaje 2.0 A) y los excedentes evacuados a red.

Los factores a destacar en este trabajo son la viabilidad técnica, económica y financiera de la instalación fotovoltaica.

Trabajo Fin de Máster	RESUMEN	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ABSTRACT

The implementation of the Electric Vehicle is becoming an immediate reality. In the next years, it is proposed to minimize the use of internal combustion engine vehicles while increasing the use of zero-emission vehicles as the fight against climate change. For this reason, there is a need for public infrastructures to recharge the Electric Vehicle, taking into account the problems that they can generate in the Spanish electrical grid.

The power that need a fleet of Electric Vehicles at peak hours supposes an overload in the electrical system. For this reason, a solution would be the installation of renewable energy technologies to power the charging stations.

In this Master's Thesis, a self-consumption photovoltaic installation is designed to generate the energy necessary to supply six charging stations for electric vehicle located in a public parking. The economic and financial viability analysis is done taking into account the price of recharging the electric vehicle, the price of electricity in the PVPC free market and the surpluses of photovoltaic installation.

The aim of this work is the technical, economic and financial viability of the photovoltaic installation.

Trabajo Fin de Máster	INDICE GENERAL	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ÍNDICE GENERAL

- 1. MEMORIA**
- 2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS**
- 3. PRESUPUESTO**
- 4. ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA**
- 5. PLANOS**
- 6. HOJAS DE CARACTERÍSTICAS**



Trabajo Fin de Máster

**DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE
RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

1. MEMORIA

Alumno: Álvaro Montes Moreno

Tutor: D. Diego López Talavera

Fecha: Diciembre 2020

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ÍNDICE MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETO.....	5
3. EMPLAZAMIENTO.....	6
4. MARCO REGULADOR	7
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	8
6. MERCADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	9
7. RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	12
7.1. DIMENSIONADO DE LAS ESTACIONES DE RECARGA.....	20
8. GENERADOR FOTOVOLTAICO	20
8.1. PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA	22
8.2. BALANCE ENERGÉTICO	27
9. ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA	30
9.1. PRESUPUESTO	31
9.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	31
9.2.1. Resumen de características de la instalación	32
9.2.2. Análisis económico y financiero	34
9.2.3. Factibilidad del proyecto	36
9.2.4. Valor del LCOE	39
10. CONCLUSIONES	40
11. LÍNEAS FUTURAS DEL TRABAJO	41
12. BIBLIOGRAFÍA.....	42

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Emplazamiento de la instalación	6
Figura 2. Etiqueta ambiental 0 azul. (DGT, 2019)	10
Figura 3. Ventas anuales de vehículos ligeros por tecnología. (Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléct., 2010)	11
Figura 4. Recarga VE durante horas punta y valle. (Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléct., 2010)	12
Figura 5. Tipos de conexiones. Caso A.	17
Figura 6. Tipos de conexiones. Caso B.	18
Figura 7. Tipos de conexiones. Caso C.	19
Figura 8. Tipos de conexiones. Caso D.	19
Figura 9. Esquema unifilar de conexión	22
Figura 10. Zonas de operación de una instalación fotovoltaica	24
Figura 11. Pérdidas del sistema en kWh	25
Figura 12. Energía media horaria generada por la instalación fotovoltaica	26
Figura 13. Curva de consumo	27
Figura 14. Curva de generación-consumo	28
Figura 15. Balance Generación-Consumo	29
Figura 16. Dimensión Financiera de la Inversión	35
Figura 17. Dimensión Financiera de la Financiación	36
Figura 18. Análisis Económico del Proyecto	37
Figura 19. Tesorería Neta	38
Figura 20. Tesorería Acumulada	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de radiación	23
Tabla 2. Factor de funcionamiento en zona IV	25
Tabla 3. Resumen Energías Consumos-Excedentes	30
Tabla 4: Datos generales	32
Tabla 5: Datos de explotación	33
Tabla 6: Datos de financiación	34
Tabla 7. Factibilidad económica	37
Tabla 8. Valor del LCOE	39

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

1. INTRODUCCIÓN

El vehículo eléctrico (VE) se está convirtiendo en una realidad cada vez más próxima y existe una gran incertidumbre sobre cómo se gestionará la energía necesaria para recargar las baterías.

Existen dos factores que determinarán el consumo de un conjunto de vehículos eléctricos: la movilidad y la batería. La movilidad determina en qué momento se recarga un automóvil y la distancia recorrida. Mientras que la batería hace referencia al consumo en cada instante en que un vehículo está conectado a la red.

Por lo tanto, el sistema energético se tiene que adaptar e intentar cubrir las necesidades de demanda y excedentes de energía eléctrica. Una solución es la implantación de instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo para la recarga del vehículo eléctrico.

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

2. OBJETO

En el presente Trabajo Fin de Máster se diseña una instalación fotovoltaica de autoconsumo, conectada a la red, con el objetivo de generar la energía necesaria para abastecer a seis estaciones de recarga de vehículos eléctricos situadas en un aparcamiento público. Los factores a destacar en este trabajo son la viabilidad técnica económica y financiera de la instalación fotovoltaica.

La energía generada por la instalación tendrá como principal objetivo la recarga de vehículos eléctricos en horas punta, haciendo uso de la red eléctrica cuando sea necesario, ya sea cuando la potencia demandada sea mayor que la generada por la instalación o para la evacuación de excedentes, siendo una instalación fotovoltaica en “Modalidad de autoconsumo con excedentes no acogidas a compensación” según el artículo 4 del Real Decreto 244/2019. En este escenario, se realiza el análisis de viabilidad económica teniendo en cuenta el precio de recarga del vehículo eléctrico, el precio de la electricidad en el mercado libre PVPC en la tarifa por defecto (peaje 2.0 A) y los excedentes evacuados a red.

La instalación fotovoltaica se plantea ubicada en el aparcamiento público del hospital neuro-traumatológico de Jaén, con módulos instalados en estructuras fijas sobre marquesinas de aparcamiento. La instalación se dividirá en tres campos generadores que alimentarán a los puntos de recarga del vehículo eléctrico, en adelante VE. Las principales características de esta instalación son:

- Potencia pico: 97,2 kWp
- Potencia en inversores: 81 kWn

Las principales características de las estaciones de recarga de VE son:

- Dos tomas por punto de recarga
- Modos de recarga: 1,2 y 3
- Alimentación: Monofásico 230 V
- Potencia máxima de entrada: 7,4 kW por toma

3. EMPLAZAMIENTO

La instalación fotovoltaica y las estaciones de recarga de VE se sitúan en un aparcamiento público existente dentro del recinto hospitalario neuro-traumatológico de Jaén, con dirección en Polígono de los Olivares, Avenida de Madrid, s/n, 23001 Jaén.



Figura 1. Emplazamiento de la instalación

Las coordenadas UTM 30N WGS84 del punto central de la ubicación son:

- X: 431693,9
- Y: 4183322,8

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

4. MARCO REGULADOR

La normativa que se debe cumplir en la instalación será:

1. Legislación Estatal (Leyes, Reales-Decretos, Órdenes, Reglamentos de Industria como el REBT)
2. De la Administración Autonómica.
3. De la Administración Local (ordenanzas municipales).

El presente trabajo recoge las nuevas regulaciones para autoconsumo y recarga de vehículos eléctricos, las características de los materiales y los cálculos que justifican su empleo, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- [Ley 24/2013](#), de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- [Real Decreto 1955/2000](#) de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- [Real Decreto 842/2002](#), de 2 de agosto. reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.
- [Real Decreto 1053/2014](#), de 12 de diciembre, se aprueba una nueva ITC BT 52 "instalaciones con fines especiales. infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos", del reglamento electrotécnico para BT, aprobado por RD 842/2002, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo.
- [Real Decreto 244/2019](#), de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- [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.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

- Normalización Nacional. Normas UNE del RBT.

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

- VE: Vehículo Eléctrico
- REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- ITC: Instrucción Técnica Complementaria
- BT: Baja Tensión
- RD: Real Decreto
- BEV: *Battery Electric Vehicle* - Vehículo Eléctrico de Batería
- REEV: *Range Extender EV* - Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida
- PHEV: *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* - Vehículo Híbrido Eléctrico Enchufable
- DGT: Dirección General de Tráfico
- IEA: International Energy Agency
- SAVE: Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico
- LCOE: *Levelized Cost of Energy* – Coste de la energía nivelado
- VAN: Valor Actual Neto
- TIR: Tasa Interna de Retorno
- kWh: kilovatio hora
- kWn: kilovatio nominal
- kWp: kilovatio pico

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

6. MERCADO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La difusión del vehículo eléctrico representa una gran oportunidad para combatir la contaminación atmosférica en las áreas urbanas, el efecto invernadero y el calentamiento global. La movilidad eléctrica reduce drásticamente las emisiones debidas al uso de combustibles fósiles.

Una visión de ciudad en la que circulan mayoritariamente coches eléctricos, ya no es una esperanza de futuro, sino una realidad. Con el desarrollo de soluciones de recarga de coches eléctricos tanto para zonas públicas como privadas, inducidas por la difusión de la movilidad eléctrica, son un elemento fundamental para guiar el desarrollo de las infraestructuras de recarga, asegurando el equilibrio del sistema eléctrico.

Según el parque de vehículos del año 2018 de la Dirección General de Tráfico, existen en España un total de 25738 turismos matriculados con distintivo CERO emisiones. En la provincia de Jaén hay 54 vehículos con distintivo CERO.

Los vehículos CERO emisiones son clasificados como vehículos de batería (BEV), vehículos eléctricos de autonomía extendida (REEV), vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV) con una autonomía de 40 kilómetros o vehículos de pila de combustible.

La etiqueta ambiental 0 azul es la siguiente:

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

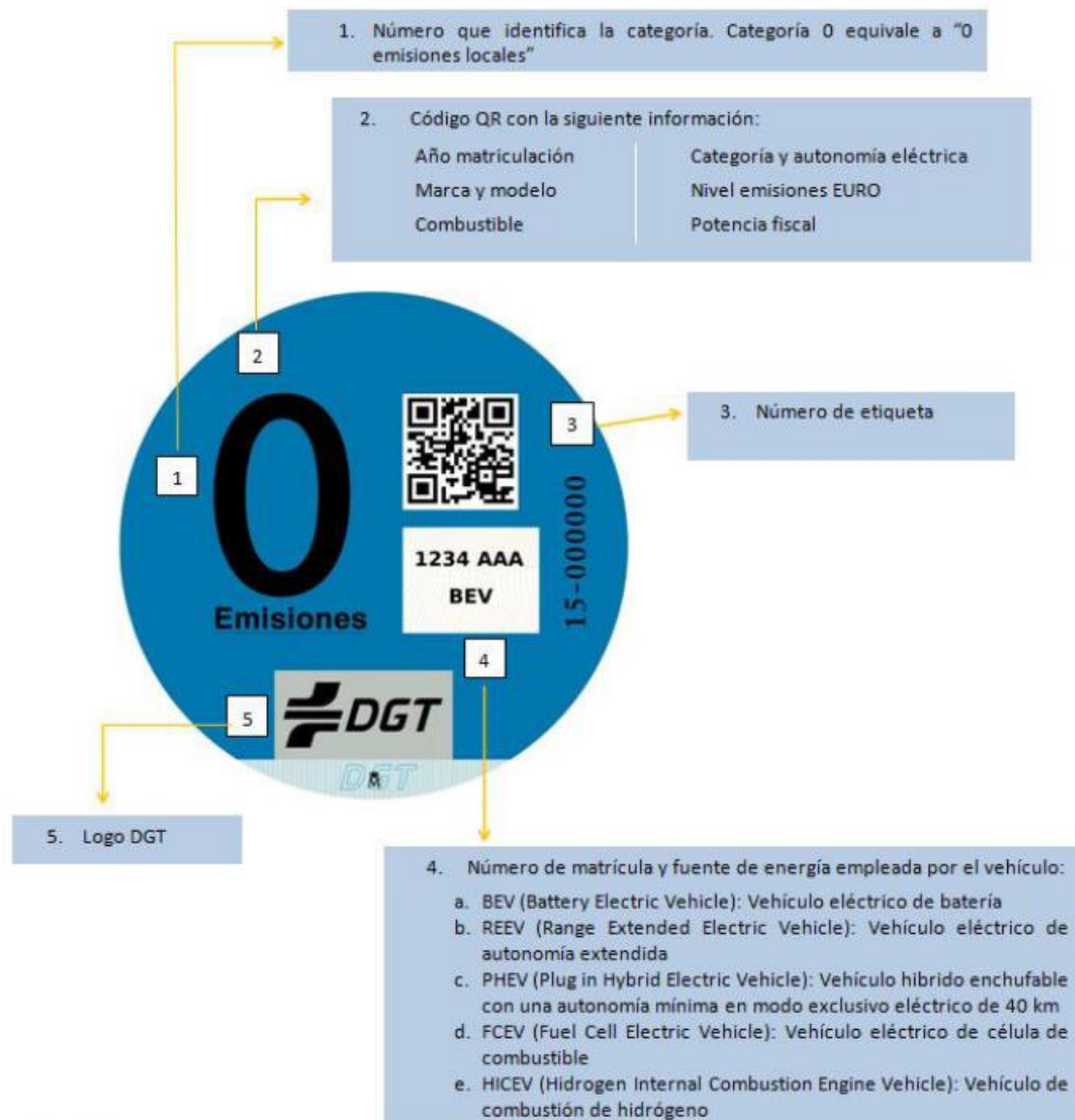


Figura 2. Etiqueta ambiental 0 azul. (DGT, 2019)

Según la Agencia Internacional de Energía se prevé una implantación masiva a nivel mundial de los vehículos eléctricos enchufables para el 2050:

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

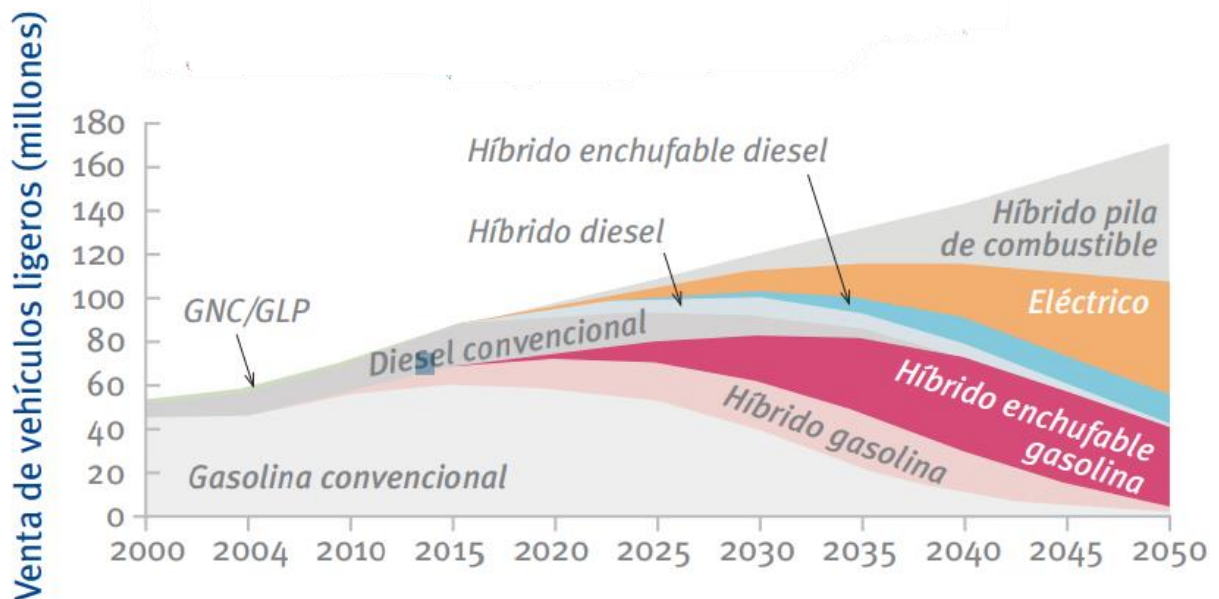


Figura 3. Ventas anuales de vehículos ligeros por tecnología. (Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléct., 2010)

Se puede observar que a partir del año 2030 aumentarán de forma considerable los vehículos eléctricos y los híbridos con pila de combustible, mientras que los vehículos diésel y gasolina desaparecerán.

Los vehículos eléctricos enchufables pueden ser una oportunidad para aumentar la eficiencia del sistema, siempre y cuando la recarga de estos vehículos se realice durante los periodos valle del sistema. Pero hay que tener en cuenta que la implantación masiva de dichos vehículos va acompañada de estaciones de recarga en estacionamientos públicos o estacionamientos de grandes empresas, donde el usuario recargará el vehículo eléctrico en horas punta.

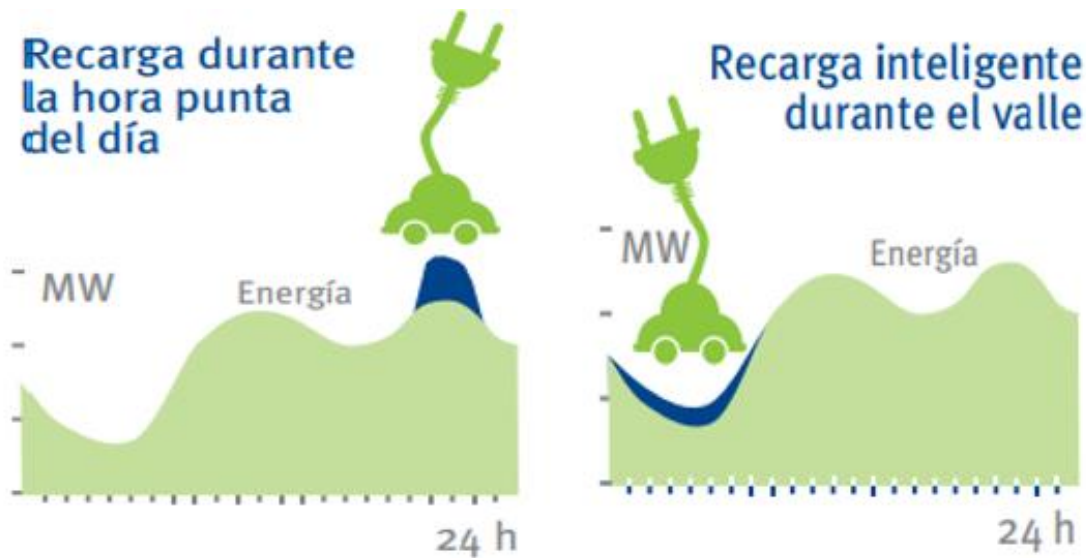


Figura 4. Recarga VE durante horas punta y valle. (Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléct., 2010)

La recarga de los vehículos eléctricos enchufables durante las horas punta originaría una menor eficiencia en el sistema eléctrico debido a la sobrecarga de las infraestructuras durante periodos muy breves de tiempo, la necesidad de aumentar la infraestructura de generación y transporte y el aumento de las emisiones de CO₂ mientras que la recarga gestionable de los vehículos durante las horas valle es una oportunidad para reducir el coste de la movilidad, incrementar la eficiencia del sistema y la integración de energías renovables. **Figura 4. Recarga VE durante horas punta y valle.**

Por ello, se deben adoptar ciertas soluciones que permitan el uso de las estaciones de recarga fuera de las horas valle. En el presente trabajo se evalúa la implantación de una instalación fotovoltaica en una zona de aparcamientos pública, en la que se instalarán puntos de recarga según la ITC-BT 52 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

7. RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Para comenzar el planteamiento de la instalación fotovoltaica, se estudia la ITC-BT-52: "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

vehículos eléctricos”, con el fin de conocer el marco regulador de la recarga del vehículo eléctrico.

La instrucción técnica complementaria comienza definiendo la metodología de instalación de las estaciones de recarga de VE:

“1. En edificios o estacionamientos de nueva construcción deberá incluirse la instalación eléctrica específica para la recarga de los vehículos eléctricos, ejecutada de acuerdo con lo establecido en la referida (ITC) BT 52, “Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos”, que se aprueba mediante este real decreto, con las siguientes dotaciones mínimas:

- a) en aparcamientos o estacionamientos colectivos en edificios de régimen de propiedad horizontal, se deberá ejecutar una conducción principal por zonas comunitarias (mediante, tubos, canales, bandejas, etc.), de modo que se posibilite la realización de derivaciones hasta las estaciones de recarga ubicada en las plazas de aparcamiento, tal y como se describe en el apartado 3.2 de la (ITC) BT 52,*
- b) en aparcamientos o estacionamientos de flotas privadas, cooperativas o de empresa, o los de oficinas, para su propio personal o asociados, o depósitos municipales de vehículos, las instalaciones necesarias para suministrar a una estación de recarga por cada 40 plazas y*
- c) en aparcamientos o estacionamientos públicos permanentes, las instalaciones necesarias para suministrar a una estación de recarga por cada 40 plazas.*

Se considera que un edificio o estacionamiento es de nueva construcción cuando el proyecto constructivo se presente a la Administración pública competente para su tramitación en fecha posterior a la entrada en vigor de este real decreto.

2. En la vía pública, deberán efectuarse las instalaciones necesarias para dar suministro a las estaciones de recarga ubicadas en las plazas destinadas a vehículos eléctricos que estén previstas en el Planes de Movilidad Sostenible supramunicipales o municipales.” (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ITC-BT-52).

El apartado 1. Objeto y ámbito de aplicación (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ITC-BT-52) muestra las disposiciones que se aplican a las instalaciones

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

eléctricas incluidas en el ámbito del Reglamento electrotécnico para baja tensión con independencia de si su titularidad es individual, colectiva o corresponde a un gestor de cargas, necesarias para la recarga de los vehículos eléctricos en lugares públicos o privados, tales como:

- a) Aparcamientos de viviendas unifamiliares o de una sola propiedad.
- b) Aparcamientos o estacionamientos colectivos en edificios o conjuntos inmobiliarios de régimen de propiedad horizontal.
- c) Aparcamientos o estacionamientos de flotas privadas, cooperativas o de empresa, o los de oficinas, para su propio personal o asociados, los de talleres, de concesionarios de automóviles o depósitos municipales de vehículos eléctricos y similares.
- d) Aparcamientos o estacionamientos públicos, gratuitos o de pago, sean de titularidad pública o privada.
- e) Vías de dominio público destinadas a la circulación de vehículos eléctricos, situadas en zonas urbanas y en áreas de servicio de las carreteras de titularidad del Estado previstas en el artículo 28 de la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras.

Esta instrucción técnica complementaria no es aplicable a sistemas de recarga por inducción, ni a las instalaciones para la recarga de baterías que produzcan desprendimiento de gases durante su recarga.

El presente documento se centra en el apartado d) Aparcamientos o estacionamientos públicos, gratuitos o de pago, sean de titularidad pública o privada, ya que se pretende evaluar la eficiencia de una instalación fotovoltaica para recargar un vehículo eléctrico. Se realiza un estudio de la energía consumida por diferentes modos de recarga y se plantea la solución más eficiente desde el punto de vista de generación de energía y de costes.

La descripción de “estación de recarga” es:

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

“Conjunto de elementos necesarios para efectuar la conexión del VEHÍCULO ELÉCTRICO a la instalación eléctrica fija necesaria para su recarga. Las estaciones de recarga se clasifican como:

1. *Punto de recarga simple, compuesto por las protecciones necesarias, una o varias bases de toma de corriente no específicas para el vehículo eléctrico y, en su caso, la envolvente.*
2. *Punto de recarga tipo SAVE (Sistema de alimentación específico del vehículo eléctrico).” (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ITC-BT-52)*

El reglamento también clasifica los modos de recarga del vehículo eléctrico en 4:

- *Modo de carga 1: Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna mediante tomas de corriente normalizadas, con una intensidad no superior a los 16A y tensión asignada en el lado de la alimentación no superior a 250V de corriente alterna en monofásico o 480V de corriente alterna en trifásico y utilizando los conductores activos y de protección.*
- *Modo de carga 2: Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna no excediendo de 32A y 250V en corriente alterna monofásica o 480V en trifásico, utilizando tomas de corriente normalizadas monofásicas o trifásicas y usando los conductores activos y de protección junto con una función de control piloto y un sistema de protección para las personas, contra el choque eléctrico (dispositivo de corriente diferencial), entre el vehículo eléctrico y la clavija o como parte de la caja de control situada en el cable.*
- *Modo de carga 3: Conexión directa del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna usando un SAVE, dónde la función de control piloto se amplía al sistema de control del SAVE, estando éste conectado permanentemente a la instalación de alimentación fija.*
- *Modo de carga 4: Conexión indirecta del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna usando un SAVE que incorpora un cargador*

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

externo en que la función de control piloto se extiende al equipo conectado permanentemente a la instalación de alimentación fija. (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ITC-BT-52).

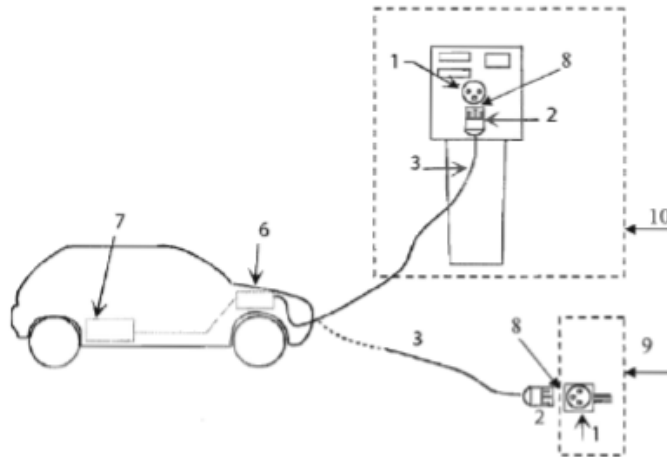
A partir de ahora, se define como Sistema de Alimentación específica del Vehículo Eléctrico (SAVE): *Conjunto de equipos montados con el fin de suministrar energía eléctrica para la recarga de un VEHÍCULO ELÉCTRICO, incluyendo protecciones de la estación de recarga, el cable de conexión, (con conductores de fase, neutro y protección) y la base de toma de corriente o el conector. Este sistema permitirá en su caso la comunicación entre el VEHÍCULO ELÉCTRICO y la instalación fija. En el modo de carga 4 el SAVE incluye también un convertidor alterna-continua.*

Nota: las definiciones de la función de control piloto, de los modos de carga y del sistema de alimentación específico del vehículo eléctrico (SAVE) están basadas en las normas internacionales aplicables. (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ITC-BT-52).

El tipo de conexión entre la estación de recarga y el vehículo eléctrico se puede realizar de las siguientes formas:

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

- Caso A: Conexión del vehículo eléctrico a la estación de recarga mediante un cable terminado en una clavija con el cable solidario al vehículo eléctrico.

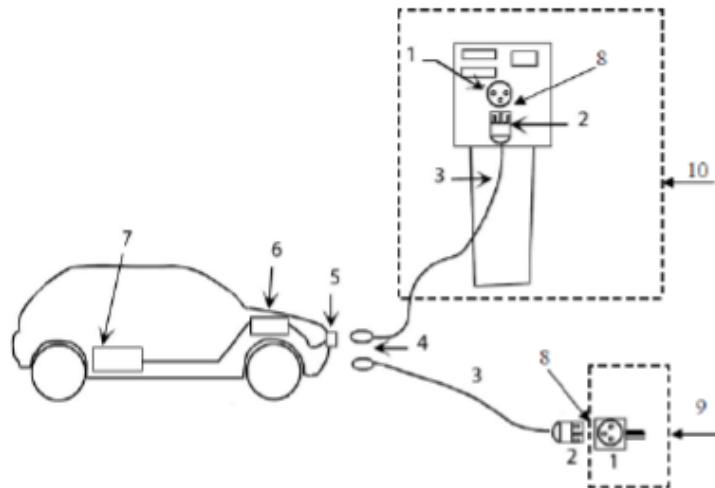


Leyenda:	
1	Base de toma de corriente
2	Clavija
3	Cable de conexión
6	Cargador incorporado al VEHICULO ELÉCTRICO
7	Batería de tracción
8	Punto de conexión
9	Punto de recarga simple
10	SAVE

Figura 5. Tipos de conexiones. Caso A.

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

- Caso B: Conexión del vehículo eléctrico a la estación de recarga mediante un cable terminado por un extremo en una clavija y por el otro en un conector, donde el cable es un accesorio del vehículo eléctrico.



Leyenda:	
1	Base de toma de corriente
2	Clavija
3	Cable de conexión
4	Conector
5	Entrada de alimentación al VEHÍCULO ELÉCTRICO
6	Cargador incorporado al VEHÍCULO ELÉCTRICO
7	Batería de tracción
8	Punto de conexión
9	Punto de recarga simple
10	SAVE

Figura 6. Tipos de conexiones. Caso B.

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

- Caso C: Conexión del vehículo eléctrico a la estación de recarga mediante un cable terminado en un conector: el cable forma parte de la instalación fija.

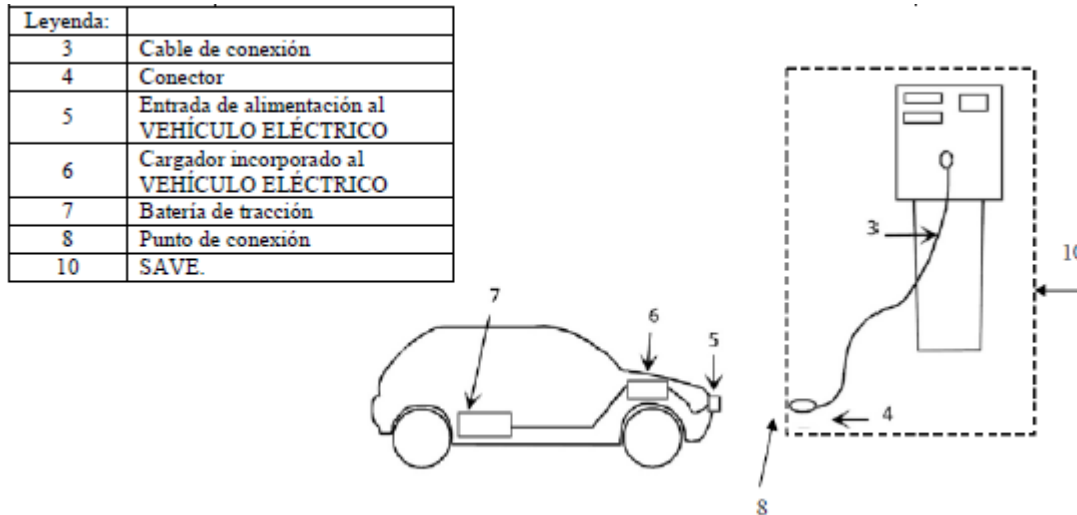


Figura 7. Tipos de conexiones. Caso C.

- Caso D: Conexión de un vehículo eléctrico ligero a la estación de recarga mediante un cable terminado en un conector: el cable incorpora el cargador.

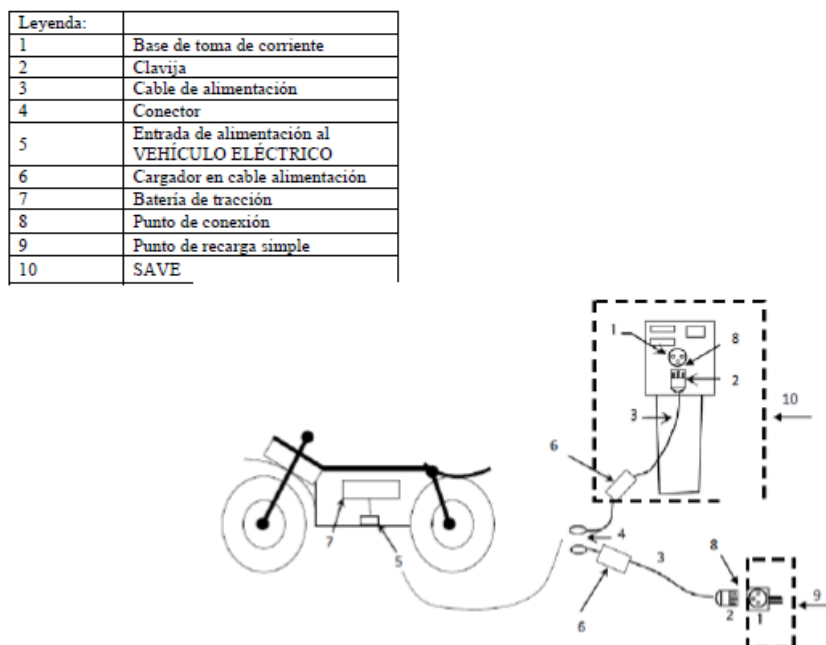


Figura 8. Tipos de conexiones. Caso D.

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Se propone utilizar estaciones de recarga de VE con opción a modo 1,2 y 3, debido a que podrán ser utilizadas tanto por personal interno del hospital durante la jornada laboral como personas externas en un periodo de tiempo menor. Por tanto, se propone el modelo INGEREV CITY DUO, con dos tomas de recarga de 7,4 kW de potencia máxima de entrada en cada una, y modos de recarga 1, 2 y 3. La hoja de características de la estación de recarga de INGEREV CITY DUO se muestra en el documento nº6: “*Hojas de Características*”.

7.1. DIMENSIONADO DE LAS ESTACIONES DE RECARGA

Para comenzar el planteamiento de la instalación fotovoltaica, se debe definir la potencia máxima a instalar según el número de estaciones de recarga que se pretenda implantar en el aparcamiento. Como se ha descrito en el apartado 7, el número de estaciones de recarga se calcula de la siguiente manera:

$$N^{\circ} \text{ estaciones de recarga} = \frac{N^{\circ} \text{ de plazas de aparcamiento}}{40}$$

$$N^{\circ} \text{ estaciones de recarga} = \frac{222}{40} = 5,55 \approx 6$$

Para calcular la potencia que demandan las estaciones de recarga se define el tipo de SAVE a utilizar. En este caso, se ha optado por el modelo INGEREV CITY DUO, con dos tomas de recarga de 7,4 kW de potencia máxima de entrada en cada una.

Por tanto, la potencia máxima de entrada a las estaciones de recarga elegida será:

$$P_{\text{mínima}} = P_{\text{SAVE}} \cdot N^{\circ} \text{ estaciones de recarga} = 7,4 \text{ kW} \cdot 6 = 44,4 \text{ kW}$$

8. GENERADOR FOTOVOLTAICO

El dimensionado del generador fotovoltaico se realiza en función del área útil disponible en el aparcamiento, siendo ésta la superficie superior de las marquesinas existentes orientadas al sur. Cada fila de marquesinas tiene un área útil de 169,2 m².

Se han escogido los siguientes modelos de inversor y módulo fotovoltaico:

- Inversor: FRONIUS ECO 27.0-3-S

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

- Módulo Fotovoltaico: JA SOLAR JAM72S20-450/MR

Las hojas de características se muestran en el documento nº6: *“Hojas de Características”*.

Con los equipos propuestos, teniendo en cuenta sus características eléctricas y la superficie útil de implantación, el generador fotovoltaico queda dimensionado de la siguiente forma:

- Número de módulos en serie: 18
- Número de strings: 12
- Módulos totales: 216
- Potencia pico: 97,2 kWp
- Potencia nominal: 81 kWn
- Número de inversores: 3

El generador fotovoltaico se dispone en agrupaciones de 2 strings por cada fila de marquesinas. Dichos strings son agrupados en una caja de conexiones situada en un lateral de la estructura portante de la marquesina y se conectan con los inversores mediante cables unipolares directamente enterrados. Se conectan 4 strings a cada inversor.

Los inversores son agrupados en una caja de conexión de alterna con un embarrado general interconectado con la red para, posteriormente, alimentar a cada estación de recarga. Las estaciones de recarga son monofásicas, por lo que se realiza un reparto de cargas balanceado entre fases.

Cumpliendo con el Real Decreto 244/2019, el sistema cuenta con un equipo de medida de generación en el lado de la instalación fotovoltaica y un equipo de medida bidireccional en el punto frontera para registrar los excedentes generados por la instalación.

“2. Con carácter general, los consumidores acogidos a cualquier modalidad de autoconsumo deberán disponer de un equipo de medida bidireccional en el punto

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

frontera o, en su caso, un equipo de medida en cada uno de los puntos frontera.” (Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, 2019).

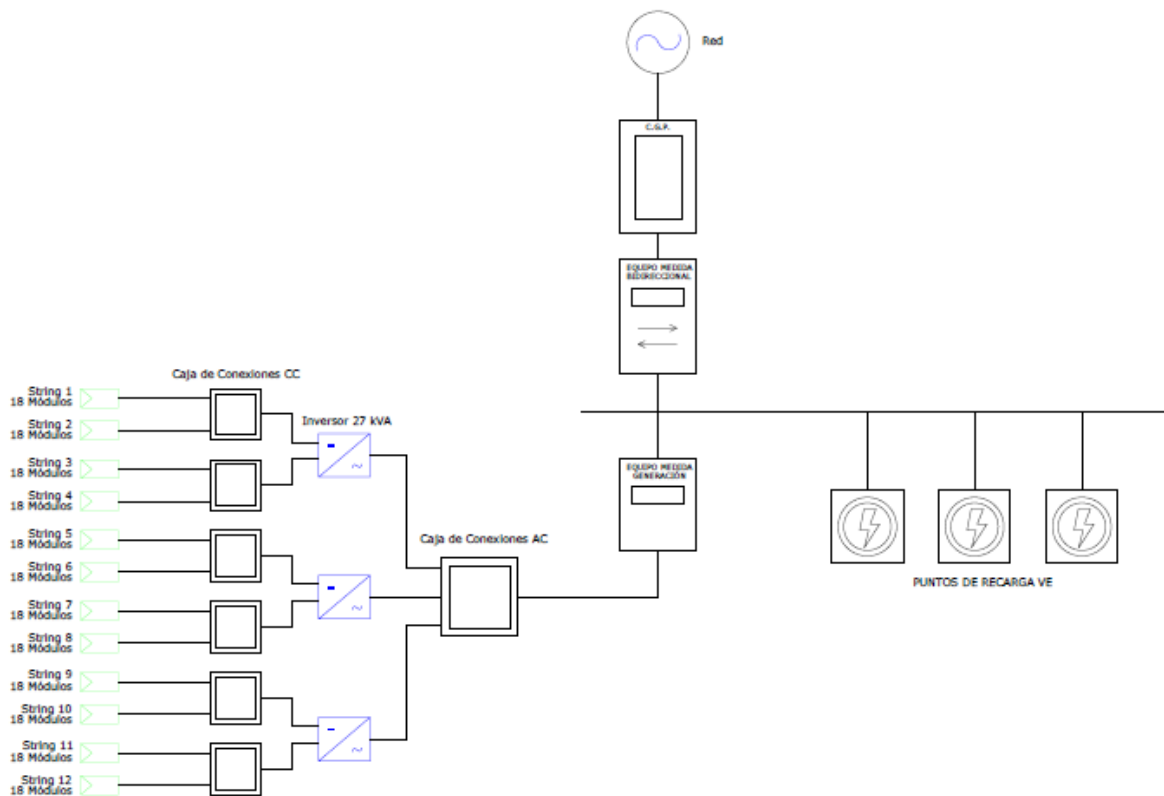


Figura 9. Esquema unifilar de conexión

La justificación y cálculo del generador fotovoltaico se muestran en el documento nº 2: “Cálculos eléctricos”.

En el documento nº 5: “Planos” se puede observar la disposición y los esquemas unifilares de la instalación.

8.1. PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA

Según el 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, se calculará la energía generada en cada hora multiplicando

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

la potencia instalada de la instalación por el factor de funcionamiento establecido en las tablas que se muestran para cada tecnología y mes.

La tabla utilizada para el cálculo de la generación fotovoltaica en el presente Trabajo Fin de Máster se ha calculado mediante una herramienta Excel del departamento de electrónica de la escuela politécnica superior de la Universidad de Jaén.

Los datos de partida de la radiación se han obtenido de la base de datos PVGIS y se muestran en la siguiente tabla:

LUGAR			
Latitud	37,789	Longitud	-3,778
	H _{dm} (0)	T max	T min
Enero	2500	14,00	1,40
Febrero	3380	18,10	2,42
Marzo	4570	24,40	5,05
Abril	5450	29,00	7,72
Mayo	6320	35,90	12,50
Junio	7330	44,10	18,30
Julio	7610	48,00	20,90
Agosto	6550	45,90	19,90
Septiembre	5070	38,10	16,30
Octubre	3520	28,40	11,70
Noviembre	2540	19,60	6,62
Diciembre	2100	14,70	3,27
Anual	4.745	30,0	10,5
ORIENTACIÓN (°)			
Acimut (E neg)	18	Pendiente	10

Tabla 1. Datos de radiación

La orientación e inclinación de la instalación dependen de las marquesinas existentes donde se instalarán los módulos fotovoltaicos. Se ha supuesto una inclinación de 10° y un azimut de 18°.

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Según el Código Técnico de la Edificación, la instalación fotovoltaica se sitúa en zona IV (**Figura 10**), por lo que el factor de funcionamiento de la instalación será el que se muestra en la **Tabla 2**.

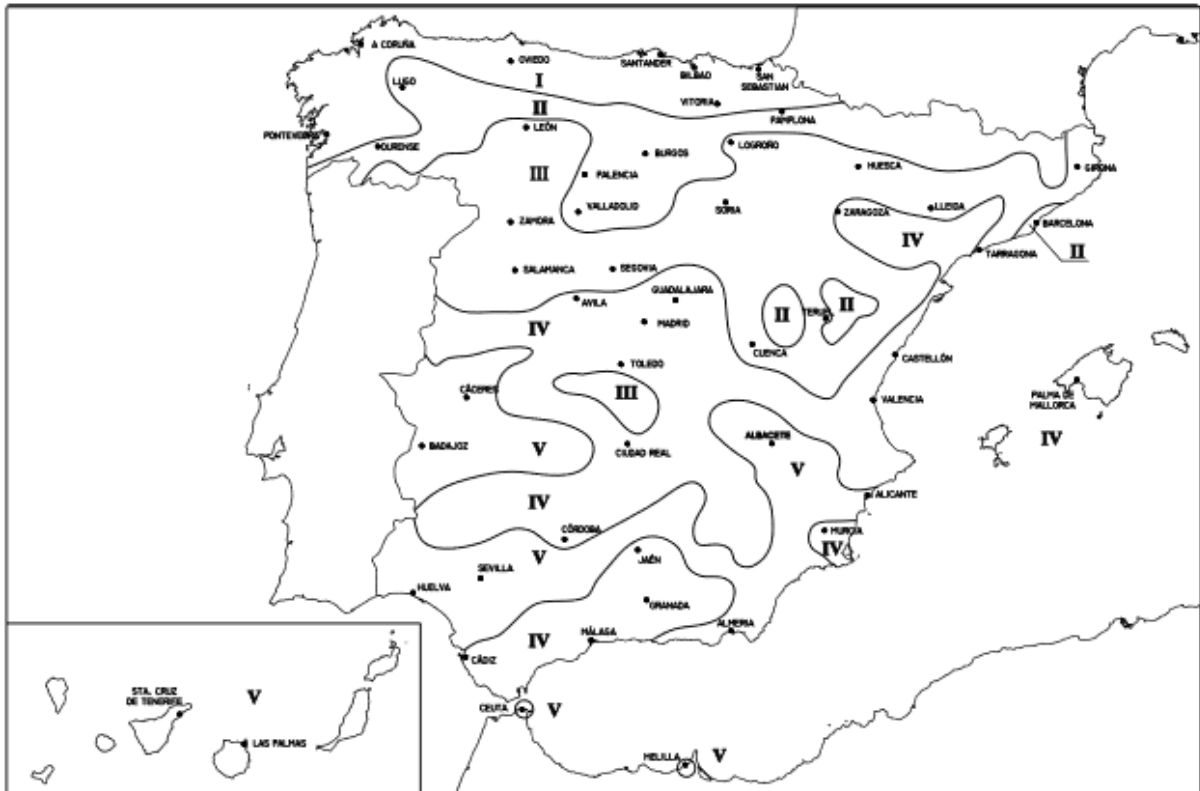


Figura 10. Zonas de operación de una instalación fotovoltaica

(Código Técnico de la Edificación)

Por tanto, según el emplazamiento y características de la instalación, se han calculado unas pérdidas, mediante la herramienta Excel, que se muestran a continuación:

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Perdidas DC	Mismatch	2,0%		
	Ohmicas DC	1,0%		
	Poivo y suciedad	2,0%	Incluidas en el modelo	
	Angulares y espectrales	1,0%	Incluidas en el modelo	
	Potencia Nominal	1,0%		
Total perdidas parte DC			4,0%	1454
Perdidas imputables al inversor	Rendimiento del seguimiento del PMP	98,0%		
	Rendimiento conversión DC/AC	96,0%		
				94%
Otras perdidas	ohmicas en AC	1,5%		
	sombreado	0,0%		
	otros (paradas, bajas irradiar	4,0%		
	Total otras perdidas			5,5%

Figura 11. Pérdidas del sistema en kWh

El factor de funcionamiento resultante para la instalación se muestra en la **Tabla 2** y tiene en cuenta todas las variables de radiación, orientación, inclinación y pérdidas descritas en este apartado:

ZONA IV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,18	0,29	0,36	0,38	0,35	0,28	0,17	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,12	0,25	0,36	0,44	0,46	0,43	0,35	0,23	0,11	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,18	0,33	0,44	0,51	0,53	0,50	0,42	0,30	0,17	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,11	0,23	0,36	0,46	0,52	0,53	0,51	0,44	0,34	0,21	0,10	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mayo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,15	0,28	0,40	0,49	0,54	0,55	0,52	0,46	0,37	0,25	0,13	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,18	0,32	0,46	0,55	0,60	0,61	0,58	0,52	0,42	0,29	0,16	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,18	0,34	0,49	0,60	0,66	0,67	0,64	0,57	0,46	0,32	0,17	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14	0,30	0,46	0,58	0,65	0,66	0,66	0,55	0,43	0,28	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,22	0,38	0,51	0,59	0,61	0,58	0,49	0,36	0,21	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14	0,27	0,39	0,47	0,49	0,46	0,38	0,26	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,19	0,31	0,39	0,42	0,39	0,31	0,19	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,14	0,23	0,29	0,31	0,28	0,22	0,14	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Media anual	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,20	0,33	0,44	0,50	0,52	0,49	0,42	0,31	0,18	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total anual	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,22	0,95	2,34	3,92	5,23	6,02	6,23	5,90	4,99	3,68	2,17	0,87	0,20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 2. Factor de funcionamiento en zona IV

(Real Decreto 413/2014, de 12 de diciembre, 2014)

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Por lo tanto, la energía generada en la instalación objeto del presente Trabajo Fin de Máster será:

$$E_G = P_{nominal} \cdot F_f$$

Siendo

E_G , la energía generada por la instalación fotovoltaica

$P_{nominal}$, la potencia nominal en la salida de los inversores

F_f , el factor de funcionamiento

A continuación, se muestra la energía media horaria generada por la instalación fotovoltaica en un día típico de cada mes:

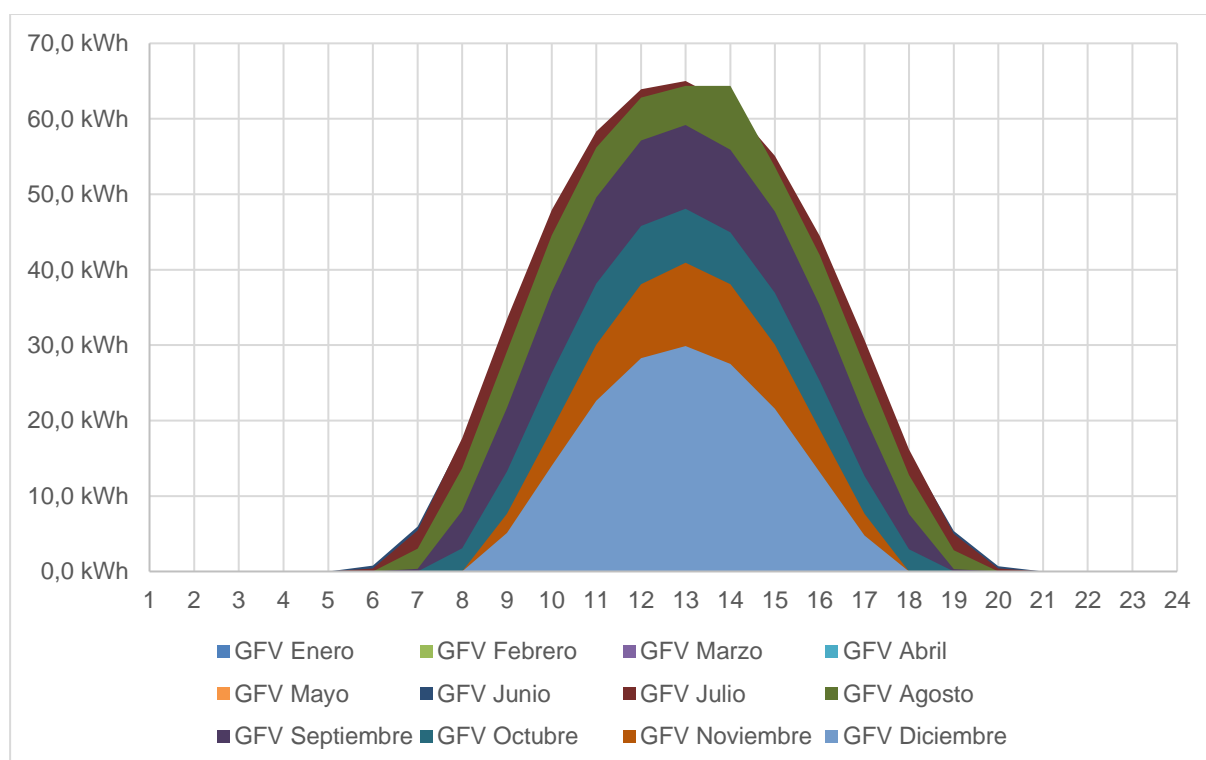


Figura 12. Energía media horaria generada por la instalación fotovoltaica

La instalación fotovoltaica genera una energía media diaria durante un año de **344 kWh** y una energía total anual de **125.679,6 kWh**.

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

En el siguiente apartado se realiza el balance energético, comparando la energía generada por la instalación fotovoltaica y el consumo de las estaciones de recarga del VE, suponiendo un determinado escenario.

8.2. BALANCE ENERGÉTICO

El balance energético de la instalación se realiza estimando un consumo diario de las estaciones de recarga durante la semana. Ya que la instalación se encuentra en el interior de un recinto hospitalario, se supone que los puntos de recarga funcionan a plena carga durante la jornada laboral diurna, lo que se traduce en un consumo diario de 355,2 kWh durante 8 horas.

La curva de consumo que se ha utilizado se muestra en la **Figura 13**:

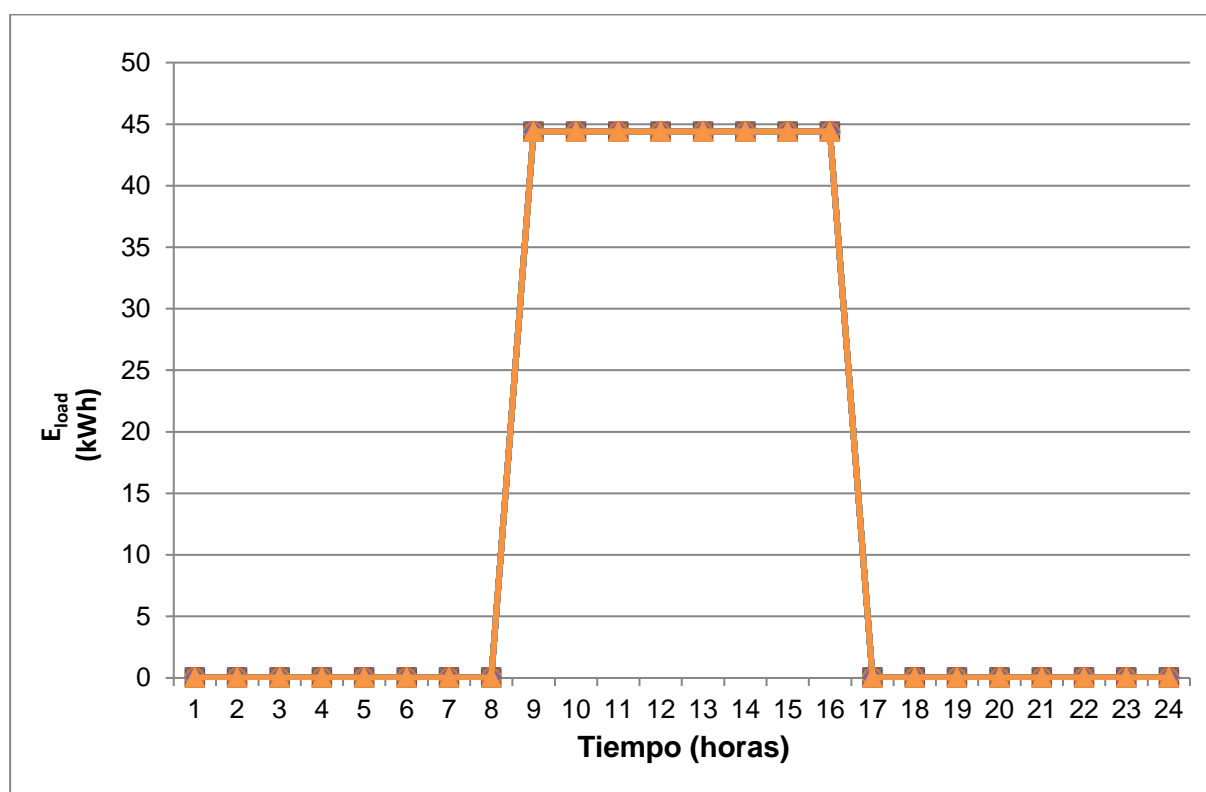


Figura 13. Curva de consumo

A continuación, se muestra la curva de generación-consumo:

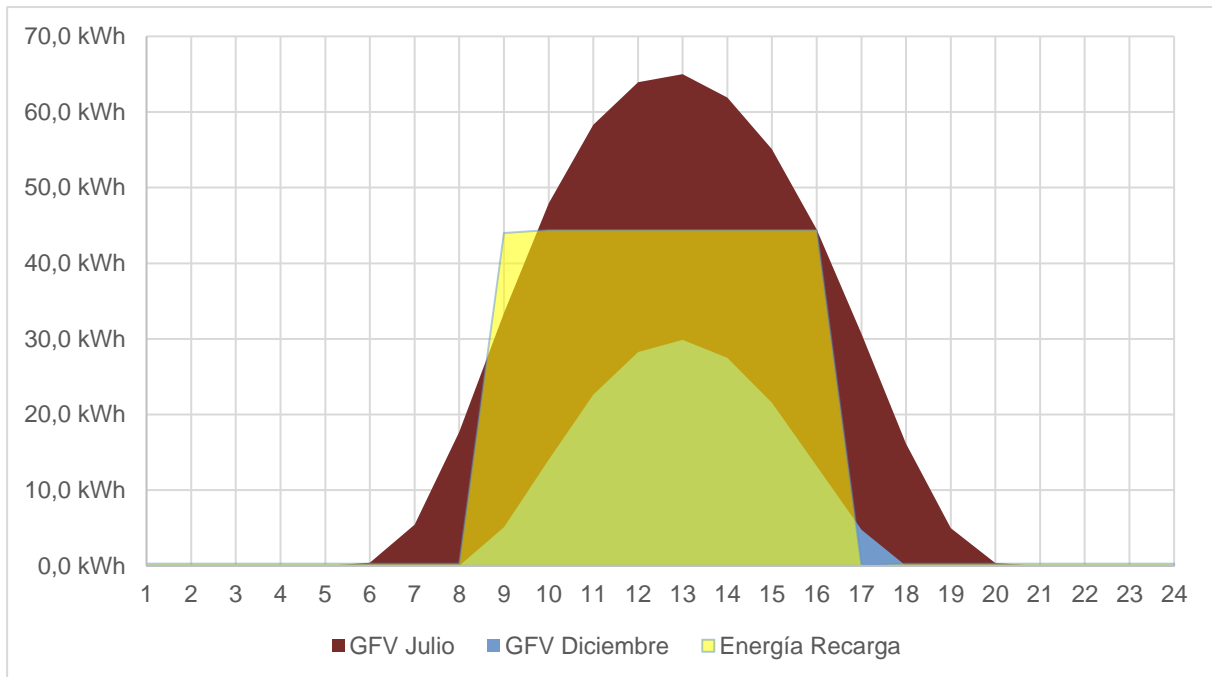
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Figura 14. Curva de generación-consumo

En este escenario se enfrenta el consumo de las estaciones de recarga definido anteriormente con la energía generada en los meses con mayor y menor producción.

De otra forma, si se resta la energía que consumen los puntos de recarga del VE a la energía generada por la instalación, el resultado que aparece en la **Figura 15** muestra el balance neto de energía.

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

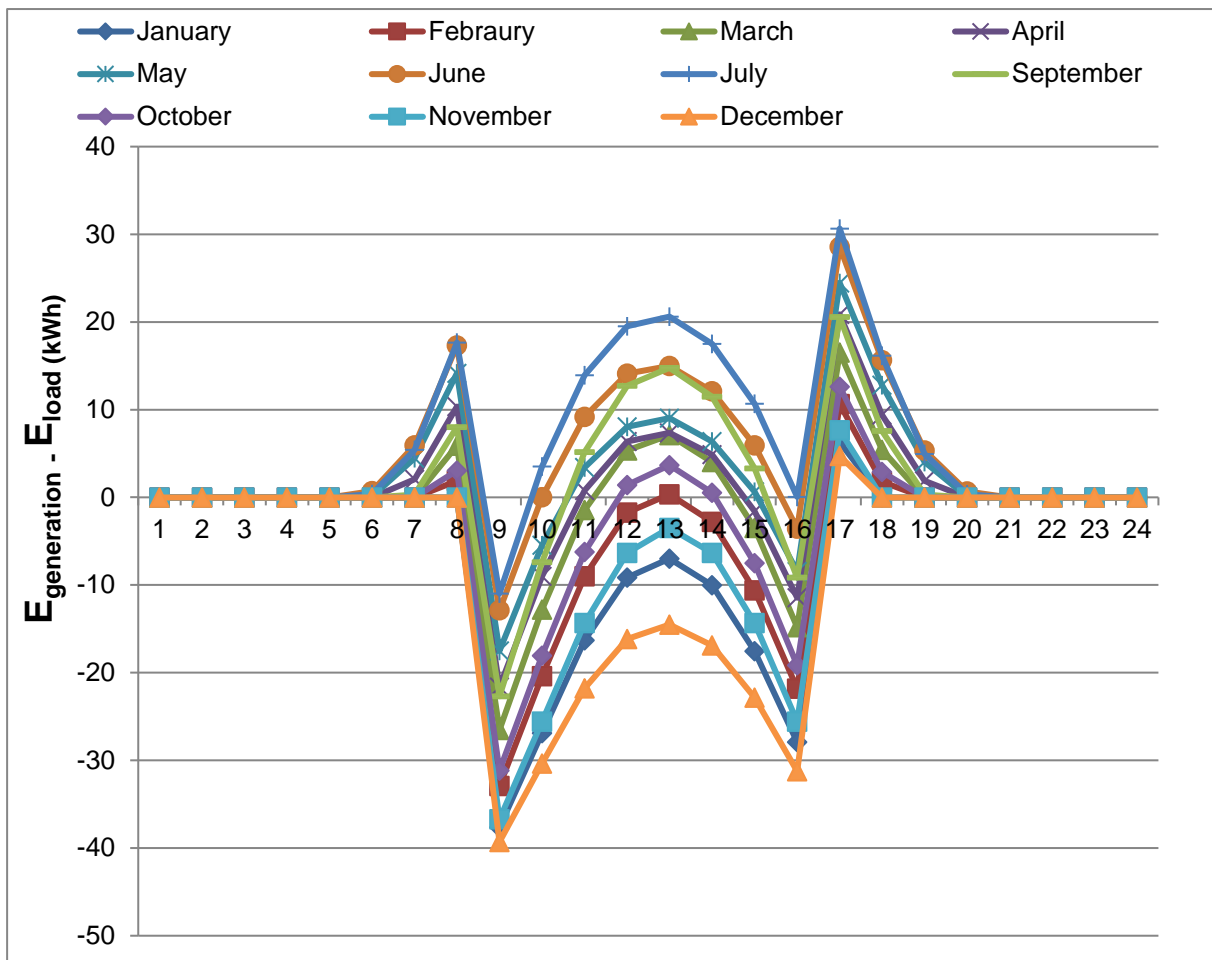


Figura 15. Balance Generación-Consumo

Como se puede observar, en los meses con menor irradiancia, el consumo de los puntos de recarga está por encima de la energía generada por la instalación, por lo que se necesitará apoyo de la red. Sin embargo, en los meses de verano en las horas con una alta irradiancia, la planta fotovoltaica es capaz de cubrir el consumo por completo, además de generar excedentes que se evacuarán a la red eléctrica.

A continuación, se muestra una tabla resumen de la energía media y total anual de consumos y excedentes:

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

	Energía media anual (kWh)	Energía total anual (kWh)
Consumo estaciones de recarga VE desde Generador FV	8.603,86	103.246,35
Consumo estaciones de recarga VE desde Red	2.234,99	26.819,93
Excedentes FV	1.869,44	22.433,25

Tabla 3. Resumen Energías Consumos-Excedentes

Por último, se compara la generación total anual del generador fotovoltaico con los excedentes totales anuales, y se puede concluir que la instalación tendrá un porcentaje de autoconsumo del **82,15%**, lo que se traduce en que la mayoría de energía generada por la instalación es consumida en las estaciones de recarga del VE.

9. ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado, primero se muestra el presupuesto de ejecución material (con IVA incluido), para estimar el precio del kWp de toda la instalación, incluyendo las estaciones de recarga, para posteriormente, realizar un análisis de viabilidad económica y financiera del trabajo.

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

9.1. PRESUPUESTO

TRABAJO FIN DE MÁSTER	DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	
Capítulo 1:	EQUIPOS	67.620,84 €
Capítulo 2:	PROTECCIONES	9.568,92 €
Capítulo 3:	CABLEADO	31.652,12 €
TOTAL PRESUPUESTO		108.841,88 €
TOTAL PRESUPUESTO (con IVA)		131.698,67 €

El presupuesto de ejecución material asciende a **CIENTO TREINTA Y UN MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS Y SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS. (131.698,67 €)** (IVA incluido).

El precio del kilovatio-pico será, por tanto, de:

$$P_{instalación} = \frac{131.698,67 \text{ €}}{97,2 \text{ kWp}} = 1.354,92 \text{ €/kWp}$$

9.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA

En este apartado se determina la factibilidad económica y financiera, además de los costes de generación eléctrica (LCOE), de la instalación objeto del presente Trabajo Fin de Máster.

A continuación, se definen los parámetros utilizados para la realización del análisis de viabilidad, entre ellos los datos de partida de la instalación, datos de explotación y la financiación a realizar.

En primer lugar, la planta producirá en el primer año 1.293 kWh/kWp aunque este valor se verá reducido por la tasa de pérdida de potencia de la instalación estimada en un 0,5% anual.

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

La instalación se supone financiada en un 80% por capitales ajenos, con una amortización en 20 años, y un 20% por capitales propios. La vida útil de la instalación será de 25 años y la instalación tendrá un valor residual del 10% llegando el final de su vida útil. Además, se tienen en cuenta los efectos de los impuestos en el estudio (impuesto de sociedades) con un valor del 23%.

El estudio se ha realizado mediante una herramienta Excel del departamento de electrónica de la escuela politécnica superior de la Universidad de Jaén.

9.2.1. Resumen de características de la instalación

En la siguiente tabla se recogen los datos generales de la planta de energía solar fotovoltaica.

Datos generales	
Potencia de la instalación (kWp)	97,20
Coste instalación (€/kWp)	1.354,92 €
Coste total de la inversión (€)	131.698,67 €
Recursos propios para la financiación del proyecto (% de la inversión inicial)	20,00%
Recursos ajenos para la financiación del proyecto (% de la inversión)	80,00%
Recursos procedentes de subvenciones para la financiación del proyecto(% de la inversión)	0,00%
Excedentes (kWh/kWp·año)	230,8
Recarga VE (kWh/kWp·año)	1.062,2
Energía generada (kWh/kWp·año)	1.293,0
Impuestos	23%
Vida util del proyecto en años	25
Coste de la financiación (coste de capital o pasivo)	3,89%
Valor Residual (€)	13.169,87 €

Tabla 4: Datos generales

Para los datos de explotación se ha utilizado un precio de venta a la red eléctrica de 0,089 € basado en la media del término de facturación de energía activa del PVPC –

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Tarifa por defecto (Peaje 2.0 A) extraído de REE entre el 1 de enero de 2019 hasta la actualidad.

La tarifa de recarga de VE se ha supuesto en una media de 0,50 €/kWh según la estimación de diversas fuentes relacionadas con la automoción. Las tarifas se sitúan entre los 0,20 y los 0,55 €/kWh.

Datos de explotación	
Tarifa de venta a la red eléctrica (€/kWh)	0,089 €
Tarifa de recarga del VE (€/kWh)	0,50 €
Tasa de variación interanual precio electricidad (%)	1,50%
Tasa de variación interanual de degradación o pérdida de potencia de la instalación (%)	0,50%
Gastos Operación y mantenimiento, seguros, gastos generales (% de la inversión inicial)	1,50%
Tasa de variación interanual de los gastos/costes: Operación y Mantenim., gastos generales.	2,00%

Tabla 5: Datos de explotación

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Financiación	
Préstamo	
Importe inicial de la deuda	105.358,94 €
Amortización en años	20
Tasa de interes	5,00%
Cuota amortización	5.267,95 €
Capitales propios	
Importe inicial de la deuda	26.339,73 €
Amortiz. al final de proyecto (años)	25
Dividendos sobre el CP	4,00%
Subvención	
Importe inicial de la deuda	
Periodo de amortización (años)	0
Cuota de amortización anual	
Amortización Activos	
Importe inicial	131.698,67 €
Periodo de amortización (años)	20
Cuota de amortización fiscal anual	6.585 €

Tabla 6: Datos de financiación

9.2.2. Análisis económico y financiero

El primer paso a seguir es realizar el análisis económico, después el coste de la financiación y finalmente, el análisis de la instalación teniendo en cuenta los datos iniciales. Los cálculos de estos análisis se recogen en el documento nº 4. “Análisis de viabilidad económico y financiero”.

9.2.1.1. Análisis Económico

Para el análisis económico se ha de tener en cuenta una tasa de variación interanual del precio de la electricidad del 1,50% y una tasa de variación interanual de degradación o pérdida de potencia de la instalación del 0,5%. El cálculo se ha realizado para una vida útil de 25 años. También se tiene en cuenta un coste anual de

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

gastos de operación y mantenimiento de un 1,50%, que sufrirá un incremento del 2% anualmente.

En la **Figura 16** se realiza una representación del análisis económico del proyecto, donde para cada año se ha representado el Cash – Flow de explotación después de impuestos. Este análisis incluye unos impuestos de un 23%.

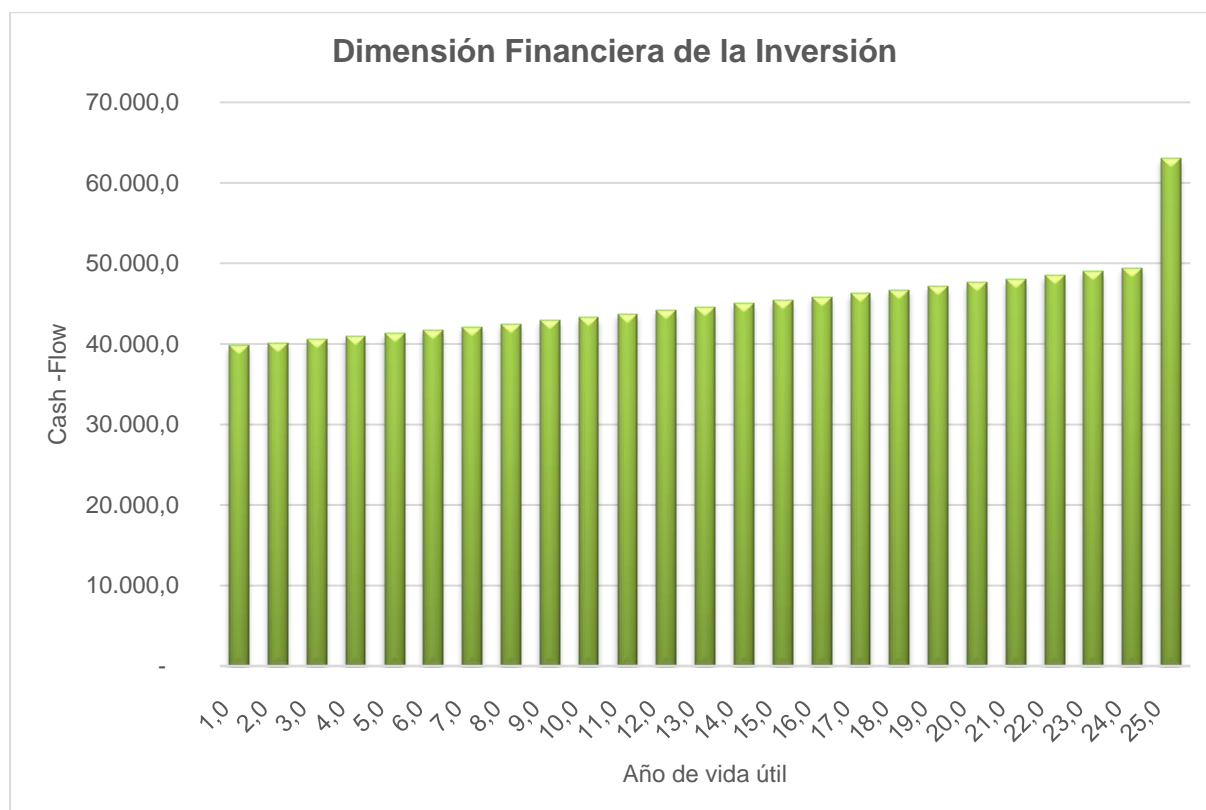


Figura 16. Dimensión Financiera de la Inversión

9.2.1.2. Análisis Financiero

Para el análisis financiero se ha calculado en primer lugar el coste de la financiación teniendo en cuenta que el coste de los capitales ajenos de 80% y de los capitales propios de 20%.

a) Capitales Ajenos (CA)

Los capitales ajenos tendrán un importe inicial de 105.358,94 € con una amortización en 20 años al 5% de intereses.

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

b) Capitales Propios (CP)

La planta fotovoltaica tendrá un valor residual de 13.169,87 €. Los capitales propios supondrán un total 26.339,73 € y tendrán un periodo de amortización de 25 años con unos dividendos del 4%.

En la **Figura 17** se muestra la evolución de la tesorería a lo largo de la vida útil y la tesorería acumulada de la planta FV.

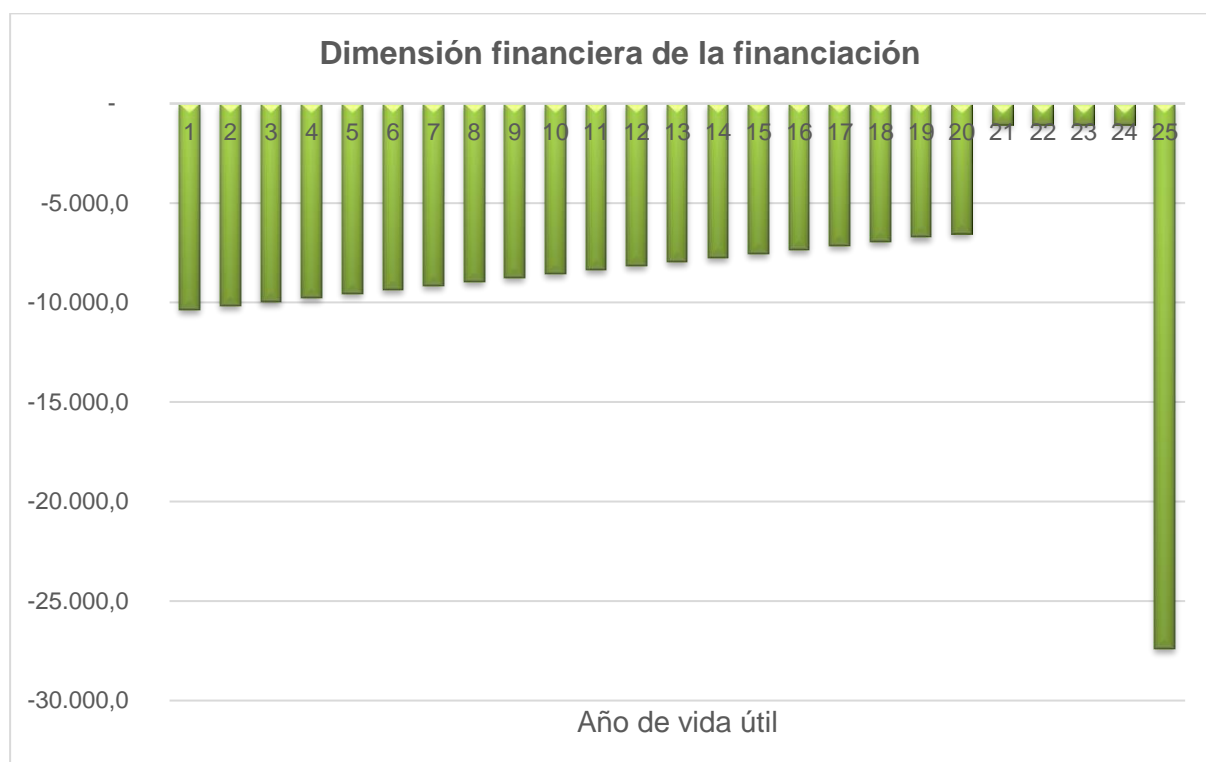


Figura 17. Dimensión Financiera de la Financiación

9.2.3. Factibilidad del proyecto

Para determinar la viabilidad económica del proyecto se debe aplicar los criterios de rentabilidad económica VAN y TIR a la dimensión financiera de la inversión. Para calcular, se utilizarán las ecuaciones financieras implementadas en Excel.

Coste del capital (CMPC) 2,73 %

Para poder realizar el cálculo del VAN, se necesita conocer el coste del capital o pasivo que en este caso es de 2,73%. A partir de este dato se obtiene un valor del VAN igual a 666.076,24 €. Este valor obtenido indica la rentabilidad neta del proyecto en unidades monetarias del período en el que se ha realizado la evaluación.

Tasa Interna de Retorno (TIR)	31,11%
Valor Actual Neto (VAN)	666.076,24 €
Tasa Interna de Retorno neta (TIRneta)	28,38 %
Discount Pay Back Time (DPBT) (según gráfico)	5

Tabla 7. Factibilidad económica

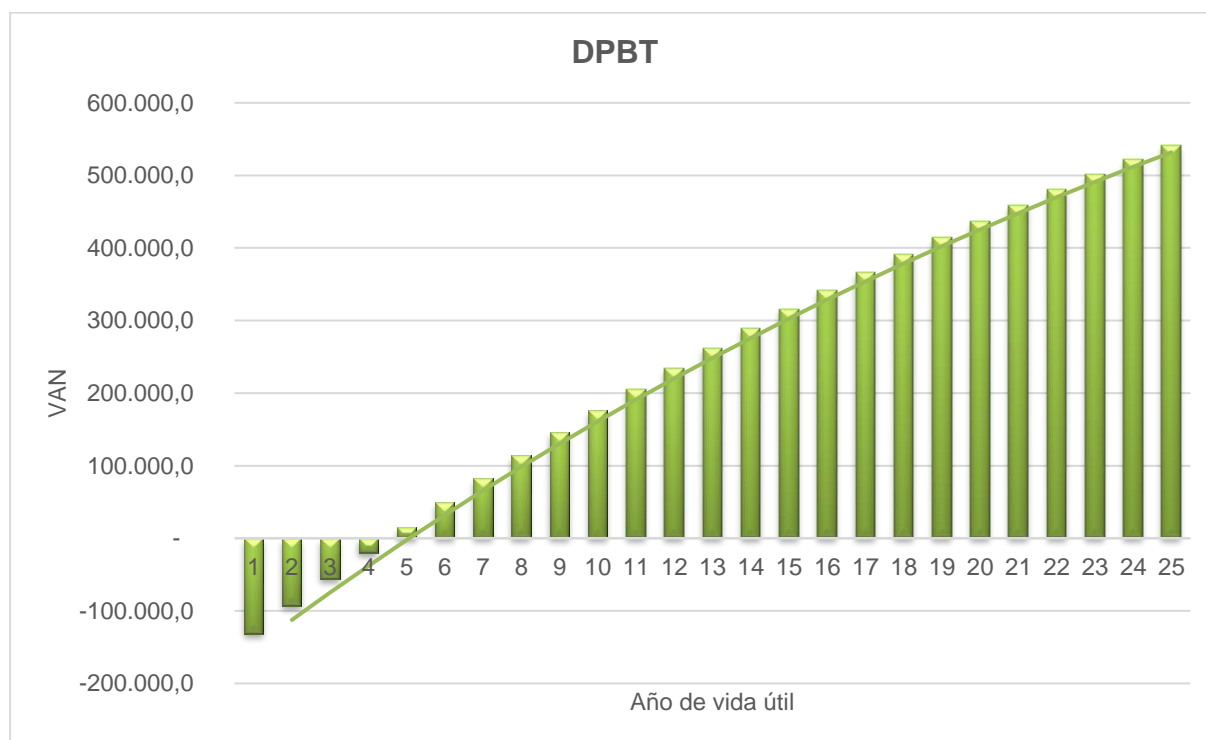


Figura 18. Análisis Económico del Proyecto

El plazo de recuperación con descuento de un proyecto de inversión (DPBT, Discount Pay Back Time) expresado en años, es el periodo de tiempo que necesita la inversión para que el valor actualizado de los flujos de caja generados hasta ese momento iguale el valor del capital invertido. Por tanto, para la instalación objeto se habrá recuperado el capital invertido en el año 5.

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Para la estimación del coste del capital, se aplica la ecuación de la TIR a la dimensión financiera de la inversión, obteniendo un resultado de 31,11%.

Para determinar la factibilidad financiera del proyecto, se debe restar la dimensión financiera de la inversión a la dimensión financiera de la financiación. De este modo, se conseguirá la tesorería de la instalación, que se traduce en las ganancias netas que genera el proyecto en cada uno de los 25 años de su vida útil. Se puede observar que en toda la vida útil del proyecto la tesorería neta es positiva y el proyecto tiene una tesorería acumulada final positiva.

Por lo tanto, se puede concluir que la instalación es **viable económica y financieramente**.

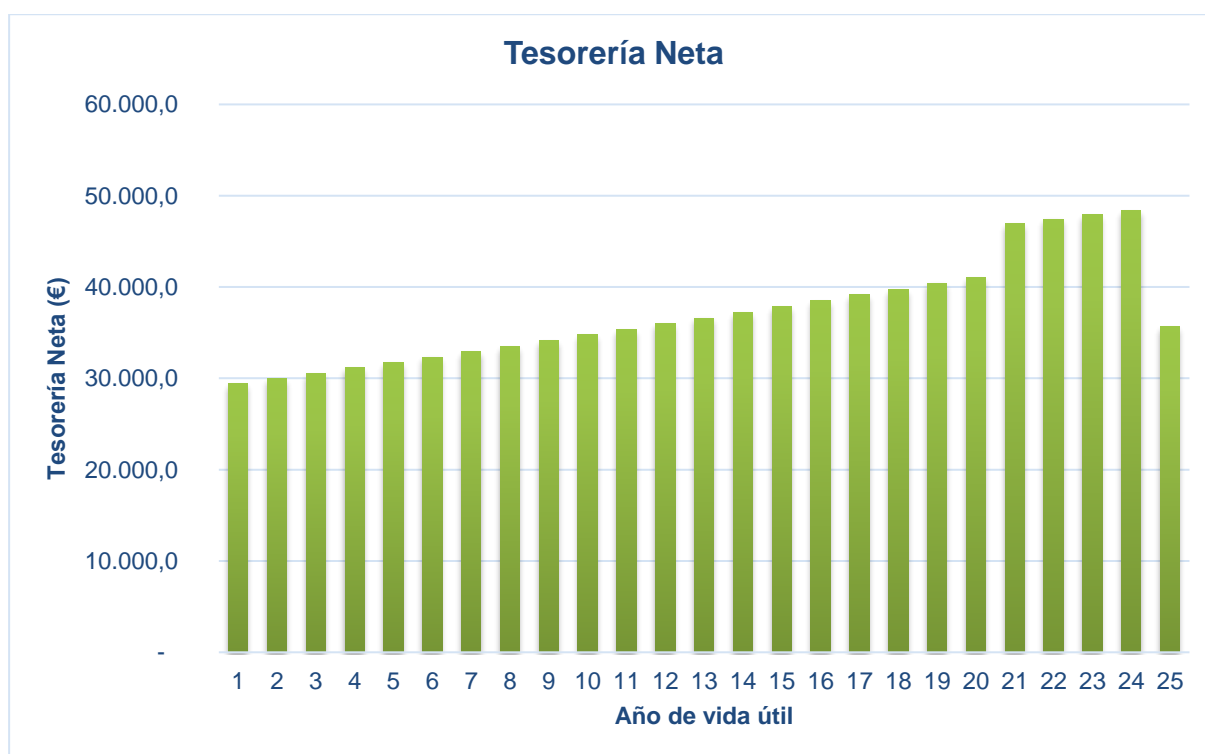


Figura 19. Tesorería Neta

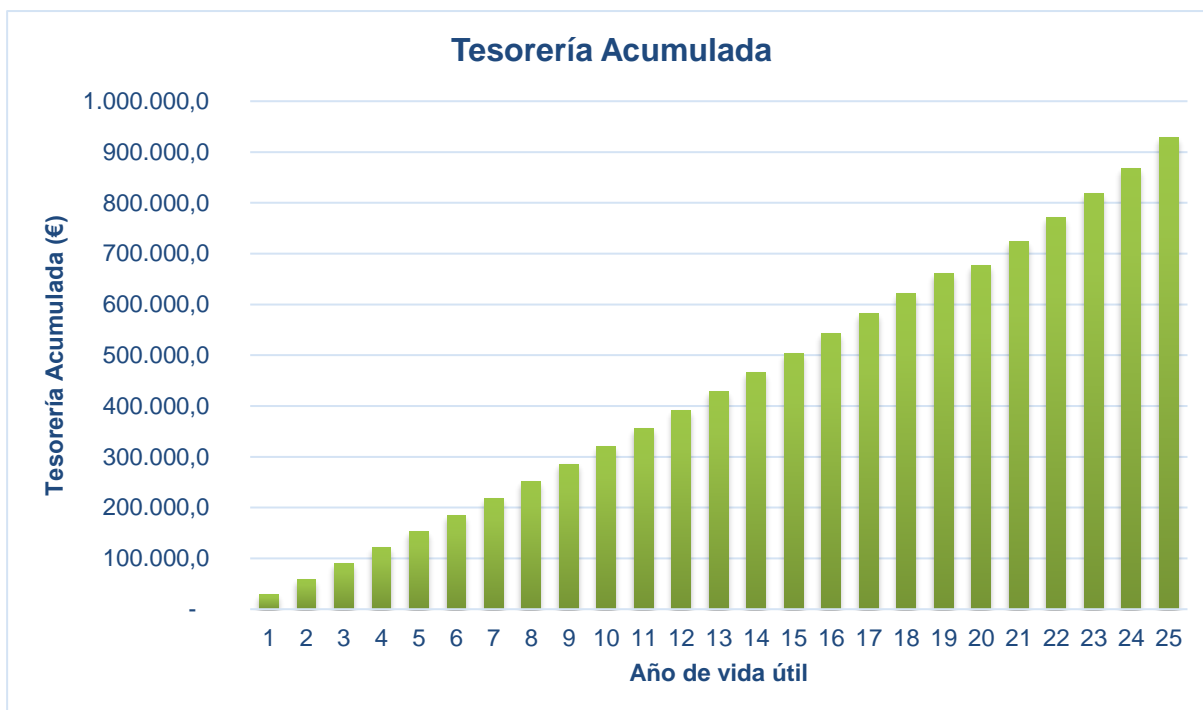


Figura 20. Tesorería Acumulada

9.2.4. Valor del LCOE

Tras calcular el LCOE (Levelized Cost of Energy) de la instalación se ha obtenido un valor de 0,0869 €/kWh. Teniendo en cuenta que el precio de venta de la electricidad fijado es de 0,089 €/kWh y el precio de la recarga del vehículo eléctrico es de 0,50 €/kWh, se obtienen el siguiente escenario:

- Gran beneficio entre el coste de generación de energía y el precio de recarga del VE. Este punto es muy favorable e influye en la viabilidad económica y financiera de la instalación.

En este caso el beneficio generado por la recarga del VE es mayor que las pérdidas por la venta de energía.

LCC	2.140.602,11
Energía gener. Actualizada	186.060,12 €
LCOE (€/kWh)	0,0869

Tabla 8. Valor del LCOE

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

10. CONCLUSIONES

Para concluir el Trabajo Fin de Máster se exponen las conclusiones generadas tras analizar el diseño y la viabilidad económica y financiera de la instalación:

- La instalación es viable desde el punto de vista económico debido a que se obtiene un VAN mayor que cero y una TIR neta de 2,73%. Desde el punto de vista financiero el proyecto es viable ya que la tesorería acumulada se mantiene positiva desde el año 1.
- Analizando el LCOE se concluye que la instalación obtiene grandes beneficios gracias a la recarga del vehículo eléctrico. Se ha escogido el precio de la recarga del VE en base a diversas fuentes de automoción, siendo un valor comprendido entre 0,20 y 0,55 €/kWh.
- El precio de la recarga del VE es un factor clave para la viabilidad del proyecto. Al definir el precio de la recarga en 0,50 €/kWh se generan unas ganancias elevadas en el escenario planteado.
- En general, la instalación es viable técnica, económica y financieramente.

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

11. LÍNEAS FUTURAS DEL TRABAJO

A continuación, se proponen diferentes líneas futuras de trabajo que podrían ser interesantes:

- Escenario con consumos separados y aleatorios durante las 24 horas de un día.
- Precio de recarga del VE mínimo para que la instalación sea viable económica y financieramente.
- Comparación entre modalidades de autoconsumo: análisis de viabilidad económica y financiera de la instalación en modalidad con excedentes acogida a compensación. ¿Sería factible económica y financieramente?
- Instalación con inversores con 2 MPPT para aprovechar las marquesinas orientadas al norte y aumentar la producción fotovoltaica. ¿Aumentaría la eficiencia y la viabilidad económica de la instalación?

Trabajo Fin de Máster	MEMORIA	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

12. BIBLIOGRAFÍA

Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléct. (Octubre de 2010). Obtenido de <https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/vlpgo.pdf>

Código Técnico de la Edificación. (s.f.).

DGT. (2019). *Etiqueta azul 0 emisiones*. Obtenido de http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/distintivo-ambiental/etiqueta_o_azul.shtml

Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre. (2014). En Ministerio de Industria, Energía y Turismo. BOE.

Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre. (27 de diciembre de 2000). En Ministerio de Ciencia. BOE.

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril. (2019). En Ministerio para la Transición Ecológica. BOE.

Real Decreto 413/2014, de 12 de diciembre. (2014). En Ministerio de Industria, Energía y Turismo. BOE.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. (2002). En Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. (2002). Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. ITC-BT-52. (s.f.). En Ministerio de industria, comercio y turismo, *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*.

Término de facturación de energía activa del PVPC. (s.f.). Obtenido de Red Eléctrica de España.



Trabajo Fin de Máster

**DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE
RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Alumno: Álvaro Montes Moreno

Tutor: D. Diego López Talavera

Fecha: Diciembre 2020

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ÍNDICE CÁLCULOS ELÉCTRICOS

1.	CORRIENTE CONTINUA.....	4
1.1.	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	4
1.2.	INVERSORES.....	4
1.3.	DISEÑO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.....	5
1.3.1.	Temperatura ambiente y de célula.....	5
1.3.2.	Compatibilidad eléctrica.....	6
1.3.3.	Factor de dimensionado.....	9
1.4.	SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES.....	10
1.4.1.	Cableado por string.....	10
1.4.2.	Cableado entre caja de conexiones e inversor.....	13
1.4.3.	Verificación por caída de tensión.....	17
1.5.	PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA.....	18
1.5.1.	Protecciones por string.....	18
1.5.2.	Protecciones entre caja de conexiones e inversor.....	19
2.	CORRIENTE ALTERNA.....	20
2.1.	SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES.....	20
2.2.	CABLEADO ENTRE INVERSOR Y CAJA DE PROTECCIONES DE CORRIENTE ALTERNA.....	21
2.2.1.	CRITERIO POR CORRIENTE ADMISIBLE.....	21
2.2.2.	Criterio por caída de tensión.....	23
2.2.3.	Criterio por corriente de cortocircuito.....	23
2.2.4.	Selección del cable.....	25
2.3.	CABLEADO ENTRE CAJA DE PROTECCIONES DE CORRIENTE ALTERNA Y LA RED.....	25
2.3.1.	CRITERIO POR CORRIENTE ADMISIBLE.....	25
2.3.2.	Criterio por caída de tensión.....	28
2.3.3.	Criterio por corriente de cortocircuito.....	28
2.3.4.	Elección del conductor.....	30
2.4.	CABLEADO ENTRE CAJA DE PROTECCIONES DE CORRIENTE ALTERNA Y PUNTO DE RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	30
2.4.1.	CRITERIO POR CORRIENTE ADMISIBLE.....	31
2.4.2.	Criterio por caída de tensión.....	33

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

2.4.3.	Criterio por corriente de cortocircuito.....	33
2.4.4.	Elección del conductor	35
2.5.	PROTECCIONES CORRIENTE ALTERNA	35
2.5.1.	Interruptor	35
2.5.2.	Interruptor diferencial	37

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1	– Intensidad máxima admisibles de cables fotovoltaicos	13
Figura 2	– Intensidad máxima admisibles de cables fotovoltaicos	16
Figura 3	– Capacidad en A para los diferentes métodos de instalación	22
Figura 4	– Capacidad en A para los diferentes métodos de instalación	27
Figura 5	– Capacidad en A para los diferentes métodos de instalación	32

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1	– Características eléctricas principales del módulo fotovoltaico	4
----------------	---	----------

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

1. CORRIENTE CONTINUA

1.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Los módulos que se han elegido para desarrollar la instalación fotovoltaica de recarga de vehículos eléctricos, son el modelo JA SOLAR JAM72S20-450M/R. Su potencia nominal es de 450 Wp. Las características principales se muestran en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor*
Potencia nominal	450 W
Tensión en el punto de máxima potencia	41,52 V
Corriente en el punto de máxima potencia	10,84 A
Tensión a circuito abierto	49,7 V
Corriente de cortocircuito	11,36 A

*Valores dados en condiciones STC

Tabla 1 – Características eléctricas principales del módulo fotovoltaico

Su hoja de características se encuentra en el documento nº6 “*Hojas de características*”

1.2. INVERSORES

El inversor que se ha escogido para realizar la instalación es el INVERSOR FRONIUS ECO 27.0-3-S.

Las características del lado de corriente alterna (CA), son

- Potencia nominal a la salida: 27 kW
- Tensión nominal: 400 V entre fases
- Corriente nominal: 39 A

Las características del lado de corriente continua (CC) son:

- Tensión máxima a la entrada: 1000 V
- Corriente máxima: 71,6 A
- Rango de tensión del punto de máxima potencia: 580 a 850 V
- El inversor cuenta con un seguidor del punto de máxima potencia y seis entradas disponibles en CC

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Su hoja de características se encuentra en el documento nº6 “*Hojas de CARACTERÍSTICAS*”.

1.3. DISEÑO DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO

Para realizar un correcto dimensionamiento del generador fotovoltaico, la configuración entre los módulos y el inversor debe tener compatibilidad eléctrica. Por tanto, se dispondrán tres inversores con la misma configuración de módulos.

En el presente apartado se analiza la compatibilidad de un grupo de módulos conectados a un inversor. El diseño final de la parte de corriente continua será el conjunto de tres generadores fotovoltaicos.

1.3.1. Temperatura ambiente y de célula

Para poder analizar la compatibilidad eléctrica, se debe considerar la temperatura máxima y mínima de operación de la célula, por lo tanto, se extraen de la base de datos PVGIS los valores máximos y mínimos de temperatura ambiente. La temperatura máxima es de 48 °C y la mínima de 1,4 °C.

Para calcular los valores de temperatura de célula de los módulos fotovoltaicos a partir de los valores de temperatura ambiente, se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_{C_i} = T_{A_i} + G_i \cdot \frac{T_{CTONC} - T_{ATONC}}{G_{TONC}}$$

Donde

G_i es la irradiancia incidente en las condiciones i

T_{C_i} es la temperatura de la célula en condiciones i

T_{A_i} es la temperatura ambiente en condiciones i

Los parámetros en condiciones de operación nominal de la célula “TONC” (T_{CTONC} , T_{ATONC} y G_{TONC}) están definidos para una irradiancia de 800 W/m², una temperatura ambiente de 20 °C, un espectro AM 1.5 y una velocidad de viento de 1 m/s.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Por lo tanto,

$$T_{A_{TONC}} = 20^{\circ}C$$

$$G_{TONC} = 800 \text{ W/m}^2$$

De la hoja de características del módulo, se sabe que

$$T_{C_{TONC}} = 45^{\circ}C$$

Para la temperatura mínima del módulo se supone que la irradiancia incidente es igual a cero, y, en consecuencia, la temperatura ambiente es igual que la de la célula:

$$T_{C_{MIN}} = T_{A_{MIN}} = 1,4^{\circ}C$$

Para calcular la temperatura máxima de célula, se supone una irradiancia incidente igual a 1000 W/m² debido a que, según los datos analizados de irradiancia, ésta se encuentra siempre por debajo de 1000 W/m²:

$$T_{C_{MAX}} = 48^{\circ}C + 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \frac{45^{\circ}C - 20^{\circ}C}{800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = 79,25^{\circ}C$$

Teniendo en cuenta estas temperaturas, en el próximo apartado, se calculan los valores máximos y mínimos de módulos en serie y el valor máximo de módulos en paralelo, válidos para el inversor y módulos escogidos.

1.3.2. Compatibilidad eléctrica

Para determinar la compatibilidad eléctrica de los módulos e inversores escogidos, es necesario que se cumplan las siguientes condiciones que determinan dicha compatibilidad:

1. Intensidad máxima a la entrada del inversor

$$I_{SC,GFV} = 1,25 \cdot I_{SC,MOD,STC} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100} \cdot (T_{MAX} - 25^{\circ}C)\right) \cdot N_{mp} \leq I_{INV,MAX,DC}$$

Dónde

$I_{SC,GFV}$ es la corriente de cortocircuito del Generador Fotovoltaico

$I_{SC,MOD,STC}$ es la corriente de cortocircuito del módulo fotovoltaico en condiciones STC

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

N_{mp} es la cantidad de módulos en paralelo

α es el coeficiente de variación de la corriente de cortocircuito con la temperatura en $\%/^{\circ}C$

T_{MAX} es la temperatura máxima a la que trabajará la célula

$I_{INV,MAX,DC}$ es la máxima corriente que soporta el inversor en su entrada (CC)

Por lo tanto,

$$I_{SC,GFV} = 1,25 \cdot 11,36 A + \frac{0,044 \%/^{\circ}C}{100} \cdot (79,25^{\circ}C - 25^{\circ}C) \cdot N_{mp}$$

$$14,54 \cdot N_{mp} \leq 71,6 A \Rightarrow N_{mp} \leq 4,9$$

2. Tensión máxima a la entrada

$$V_{OC,GFV (Tc \text{ mínima})} = (V_{OC,MOD,STC} \cdot N_{ms}) \cdot \left(1 + \frac{CVT_{VOC}}{100} \cdot (T_{MIN} - 25^{\circ}C)\right) \leq V_{INV,MAX,DC}$$

Dónde

$V_{OC,GFV (Tc \text{ mínima})}$ es la tensión a circuito abierto del generador considerando la temperatura mínima de la célula

$V_{OC,MOD,STC}$ es la tensión de circuito abierto del módulo en condiciones STC

N_{ms} es la cantidad de módulos en serie

CVT_{VOC} es el coeficiente de variación de la tensión de circuito abierto con la temperatura en $\%/^{\circ}C$

T_{MIN} es la temperatura mínima a la que trabajará la célula

$V_{INV,MAX,DC}$ es la máxima tensión que soporta el inversor en su entrada

Por lo tanto,

$$V_{OC,GFV (Tc \text{ mínima})} = (49,7 V \cdot N_{ms}) \cdot \left(1 + \frac{-0,272\%/^{\circ}C}{100} \cdot (1,4^{\circ}C - 25^{\circ}C)\right) \leq 1000 V$$

$$N_{ms} \leq 18,9$$

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

3. Límite inferior de tensión por ventana del punto de máxima potencia

$$V_{M,GFV} (Tc \text{ máxima}) = (V_{M,MOD,STC} \cdot N_{ms}) \cdot \left(1 + \frac{CVT_{PMP}}{100} \cdot (T_{MAX} - 25^{\circ}C)\right) \geq V_{INV,MIN,PMP}$$

Dónde

$V_{M,GFV} (Tc \text{ máxima})$ es la tensión en el PMP del generador considerando la temperatura máxima de la célula

$V_{M,MOD,STC}$ es la tensión en el punto de máxima potencia del módulo en condiciones STC

N_{ms} es la cantidad de módulos en serie

CVT_{PMP} es el coeficiente de variación de la tensión en el punto de máxima potencia con la temperatura en $\%/^{\circ}C$

T_{MAX} es la temperatura máxima a la que trabajará la célula

$V_{INV,MIN,PMP}$ es la mínima tensión con la que el inversor puede seguir el punto de máxima potencia

Por lo tanto,

$$V_{M,GFV} (Tc \text{ máxima}) = (41,52 V \cdot N_{ms}) \cdot \left(1 + \frac{-0,35\%/^{\circ}C}{100} \cdot (79,25^{\circ}C - 25^{\circ}C)\right) \geq 580 V$$

$$N_{ms} \geq 16,4$$

4. Límite superior de tensión por ventana del punto de máxima potencia

$$V_{M,GFV} (Tc \text{ mínima}) = (V_{M,MOD,STC} \cdot N_{ms}) \cdot \left(1 + \frac{CVT_{PMP}}{100} \cdot (T_{MIN} - 25^{\circ}C)\right) \leq V_{INV,MAX,PMP}$$

Dónde

$V_{M,GFV} (Tc \text{ mínima})$ es la máxima tensión en el PMP del generador considerando la temperatura mínima de la célula

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

$V_{M,MOD,STC}$ es la tensión en el punto de máxima potencia del módulo en condiciones STC

N_{ms} es la cantidad de módulos en serie

CVT_{PMP} es el coeficiente de variación de la tensión en el punto de máxima potencia con la temperatura en $\%/^{\circ}C$

T_{MIN} es la temperatura mínima a la que trabajará la célula

$V_{INV,MAX,PMP}$ es la máxima tensión con la que el inversor puede seguir el punto de máxima potencia

Por lo tanto,

$$V_{M,GFV (Tc\ mínima)} = (41,52\ V \cdot N_{ms}) \cdot \left(1 + \frac{-0,35\%/^{\circ}C}{100} \cdot (0\ ^{\circ}C - 25\ ^{\circ}C)\right) \leq 850\ V$$

$$N_{ms} \leq 18,9$$

De las condiciones descritas anteriormente, se concluye que,

$$17 < N_{ms} < 19$$

$$N_{mp} \leq 4$$

Para maximizar la potencia fotovoltaica se decide, por tanto, la siguiente configuración:

$$N_{ms} = 18$$

$$N_{mp} = 4$$

1.3.3. Factor de dimensionado

Para comprobar que el diseño de la instalación es adecuado, se debe verificar el factor de dimensionado, que relaciona la potencia del inversor en CA y la potencia pico del generador fotovoltaico, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P_{INV,AC} = FS \cdot P_{GFV}$$

Este factor tiene en cuenta la irradiancia que llega en el plano receptor, ya que, la potencia de los módulos está determinada en condiciones estándar, es decir, con una irradiancia perpendicular al plano receptor de $1000\ W/m^2$, una temperatura de célula de $25\ ^{\circ}C$ y un espectro AM 1.5.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Un rango típico para el factor de dimensionado para la zona donde se realiza la implantación del generador es:

$$0,8 < FS < 1$$

Se colocarán 72 módulos por inversor, que recogen una potencia pico de 32,4 kWp en condiciones STC.

El inversor elegido tiene una potencia nominal de 27 kWn en CA, por lo tanto, el valor de FS es aproximadamente de 0,83.

$$FS = \frac{27 \text{ kW}}{32,4 \text{ kWp}} = 0,83$$

Por lo tanto, el diseño del generador es válido.

1.4. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

Para calcular los cables de CC, se deben analizar los siguientes casos:

- Cable utilizado entre strings de módulos hasta las cajas de conexiones
- Cable utilizado entre la caja de conexiones e el inversor

Por lo tanto, se seleccionarán dos tipos de cables, ambos de cobre.

Para unificar cableado, se decide utilizar la misma sección de cable para las conexiones entre los módulos y las cajas de conexiones. A su vez, se decide utilizar la misma sección de cable para la interconexión entre las cajas de conexiones y los inversores.

1.4.1. Cableado por string

Para realizar la selección de este cable, se han tenido en cuenta dos criterios, el de corriente admisible y el de caída de tensión.

Según la norma UNE 60634-7-712, el cable de cada string, debe soportar 1,25 veces la intensidad de cortocircuito en condiciones STC del módulo.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Por otra parte, no existe ninguna normativa que demande una caída de tensión máxima en CC, aunque el Pliego de Condiciones Técnicas (en adelante PCT) de Instalaciones Conectadas al Red del IDAE, recomienda que esta no supere el 1,5% en la red de continua.

1.4.1.1. Criterio por corriente admisible

Tal como lo expresa la norma UNE 60634-7-712, el cable deberá soportar 1,25 la intensidad de cortocircuito en condiciones STC del módulo.

$$I_n > 1,25 \cdot I_{SC,MOD,STC} = 1,25 \cdot 11,36 = 14,2 \text{ A}$$

Por lo tanto, el cable debe tener una corriente nominal igual o superior a 14,2 A.

1.4.1.2. Criterio por caída de tensión

Se propone que la caída de tensión por string no supere el 1,5%, la misma se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$S_{min} = \frac{2 \cdot L_{rama} \cdot I_{MPP,MOD,STC}}{\Delta V_{max} \cdot N_{ms} \cdot V_{MPP,MOD,STC} \cdot \sigma}$$

Donde

S_{min} es la sección mínima para el conductor (mm²)

L_{rama} es la longitud máxima de la rama (m)

$I_{MPP,MOD,STC}$ es la corriente en el punto de máxima potencia del módulo en condiciones STC (A)

$V_{MPP,MOD,STC}$ es la tensión en el punto de máxima potencia del módulo en condiciones STC (V)

N_{ms} es la cantidad de módulos conectados en cada rama

σ es la conductividad del conductor

ΔV_{max} es la caída de tensión máxima en por unidad

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

La longitud máxima entre un string y su caja de conexiones es de 46 metros, por lo tanto, se analiza este caso ya que será el más restrictivo desde el punto de vista de la caída de tensión.

Por lo tanto, considerando que el conductor es de cobre, la sección mínima del conductor será:

$$S_{min} = \frac{2 \cdot 46 \text{ m} \cdot 10,84 \text{ A}}{0,015 \cdot 18 \cdot 41,52 \text{ V} \cdot 56 \frac{\text{m} \cdot S}{\text{mm}^2}} = 1,6 \text{ mm}^2$$

La sección mínima será 1,6 mm². La sección normalizada superior más cercana es de 2,5 mm².

1.4.1.3. Selección del cable

Teniendo en cuenta los dos criterios mencionados anteriormente, el conductor debe soportar una corriente de 14,2 A en régimen nominal, estando su sección mínima limitada a 2,5 mm² por la caída de tensión admisible.

Los cables irán dispuestos al aire sobre superficie, por lo tanto, en la siguiente tabla se puede apreciar que con una sección de 2,5 mm² es suficiente para cumplir con ambos criterios ya que soporta una corriente de 33 A en régimen nominal (dos cables cargados en contacto, sobre una superficie).

La siguiente tabla se ha extraído de la norma UNE 50618.

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Sección nominal mm ²	Intensidad máxima admisible de acuerdo con el método de instalación		
	Un único cable al aire libre A	Un único cable sobre una superficie A	Dos cables cargados en contacto, sobre una superficie A
1,5	30	29	24
2,5	41	39	33
4	55	52	44
6	70	67	57
10	98	93	79
16	132	125	107
25	176	167	142
35	218	207	176
50	276	262	221
70	347	330	278
95	416	395	333
120	488	464	390
150	566	538	453
185	644	612	515
240	775	736	620

Temperatura ambiente: 60 °C (Para otras temperaturas ambiente véase tabla A.4).
Temperatura máxima del conductor: 120 °C.

NOTA El periodo de utilización previsto a una temperatura máxima del conductor de 120 °C y una temperatura ambiente máxima de 90 °C es de 20 000 h.

Figura 1 – Intensidad máxima admisibles de cables fotovoltaicos

De todas formas, para asegurar la resistencia de los esfuerzos mecánicos a los que están expuestos los cables, se decide aumentar la sección a 4 mm².

Para realizar la selección del cable se ha utilizado la norma UNE 50618. Por lo tanto, el cable seleccionado es H1Z2Z2-K, tensión asignada de 1,8 kV, 4 mm² Cu.

1.4.2. Cableado entre caja de conexiones e inversor

Para el tramo de conductor que conecta cada caja de conexión con el inversor, se tienen en cuenta las mismas consideraciones que para el caso del cableado por string.

Según la norma UNE 60634-7-712, el cable entre la caja de conexiones y el inversor, debe soportar 1,25 veces la intensidad de cortocircuito en condiciones STC del módulo, multiplicado por la cantidad de strings en paralelo que llegan a la caja de conexiones.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Por otra parte, no existe ninguna normativa que demande una caída de tensión máxima en CC, aunque el PCT de Instalaciones Conectadas al Red del IDAE, recomienda que esta no supere el 1,5% en la red de continua.

1.4.2.1. Criterio por corriente admisible

Tal como lo expresa la norma IEC 60634-7-712, el cable deberá soportar 1,25 la intensidad de cortocircuito en condiciones STC del módulo, multiplicado por la cantidad de string en paralelo que llegan a la caja de conexiones.

$$I_n > 1,25 \cdot N_{STR,CAJA} \cdot I_{SC,MOD,STC} = 1,25 \cdot 2 \cdot 11,36 = 28,4 \text{ A}$$

Donde

$N_{STR,CAJA}$ es la cantidad de strings que confluyen en la caja de conexiones

Por lo tanto, el cable debe tener una corriente nominal igual o superior a 28,4 A.

1.4.2.2. Criterio por caída de tensión

Se propone que la caída de tensión no supere el 1,5%, la misma se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$S_{min} = \frac{2 \cdot L_{CAJA/INV} \cdot I_{MPP,MOD,STC} \cdot N_{STR,CAJA}}{\Delta V_{max} \cdot N_{ms} \cdot V_{MPP,MOD,STC} \cdot \sigma}$$

Donde

S_{min} es la sección mínima para el conductor (mm²)

$L_{CAJA/INV}$ es la longitud máxima entre la caja de conexiones y el inversor (m)

$I_{MPP,MOD,STC}$ es la corriente en el punto de máxima potencia del módulo en condiciones STC (A)

$V_{MPP,MOD,STC}$ es la tensión en el punto de máxima potencia del módulo en condiciones STC (V)

$N_{STR,CAJA}$ es la cantidad de strings que confluyen en la caja de conexiones

N_{ms} es la cantidad de módulos conectados en cada rama

σ es la conductividad del conductor

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ΔV_{max} es la caída de tensión máxima en por unidad

Debido a la ubicación de las cajas de conexiones, la longitud máxima de cableado necesario para una rama será de 95 metros.

Considerando que el conductor es de cobre, la sección mínima del conductor será:

$$S_{min} = \frac{2 \cdot 95 \text{ m} \cdot 11,36 \text{ A} \cdot 2}{0,015 \cdot 18 \cdot 41,52 \text{ V} \cdot 56 \frac{\text{m} \cdot \text{S}}{\text{mm}^2}} = 6,55 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la sección mínima será 6,55 mm². La sección normalizada inmediatamente superior es de 10 mm².








1.4.2.3. Selección del cable

Teniendo en cuenta los dos criterios mencionados anteriormente, el conductor debe soportar una corriente de 28,4 A en régimen nominal, estando su sección mínima limitada a 10 mm² por la caída de tensión admisible.

Los cables irán en canalizaciones subterráneas, directamente enterrados, por lo tanto, en la siguiente Tabla, extraída de la norma UNE-HD 60364-5-52, se puede apreciar que con una sección de 10 mm² es suficiente para cumplir con ambos criterios ya que soporta una corriente de 64 A en régimen nominal.

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Tabla B.52.3 – Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de instalación de la tabla B.52.1 – Cables aislados con XLPE/EPR, dos conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente: 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D1
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	19	18,5	23	22	24	25	27
2,5	26	25	31	30	33	33	35
4	35	33	42	40	45	43	46
6	45	42	54	51	58	53	58
10	61	57	75	69	80	71	77
16	81	76	100	91	107	91	100
25	106	99	133	119	138	116	129
35	131	121	164	146	171	139	155
50	158	145	198	175	209	164	183
70	200	183	253	221	269	203	225
95	241	220	306	265	328	239	270
120	278	253	354	305	382	271	306
150	318	290	393	334	441	306	343
185	362	329	449	384	506	343	387
240	424	386	528	459	599	395	448
300	486	442	603	532	693	446	502
Aluminio							
2,5	20	19,5	25	23	26	26	
4	27	26	33	31	35	33	
6	35	33	43	40	45	42	
10	48	45	59	54	62	55	
16	64	60	79	72	84	71	76
25	84	78	105	94	101	90	98
35	103	96	130	115	126	108	117
50	125	115	157	138	154	128	139
70	158	145	200	175	198	158	170
95	191	175	242	210	241	186	204
120	220	201	281	242	280	211	233
150	253	230	307	261	324	238	261
185	288	262	351	300	371	267	296
240	338	307	412	358	439	307	343
300	387	352	471	415	508	346	386

NOTA. En las columnas 3, 5, 6, 7 y 8, se supone que los conductores son circulares para un tamaño de hasta 16 mm² inclusive. Los valores indicados para mayores tamaños se refieren a conductores perfilados y pueden ser aplicados con seguridad a los conductores circulares.

Figura 2 - Intensidad máxima admisibles de cables fotovoltaicos

Para realizar la selección del cable se ha utilizado la norma UNE 50618. Por lo tanto, el cable seleccionado es H1Z2Z2-K, tensión asignada de 1,8 kV, 10 mm² Cu.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

1.4.3. Verificación por caída de tensión

En apartados anteriores se ha comprobado que la caída de tensión entre los módulos fotovoltaicos y las cajas de conexiones es menor al 1,5% y que la caída de tensión entre las cajas de conexiones y el inversor es menor al 1,5%.

El PCT del IDAE recomienda que la caída de tensión en toda la red de corriente continua sea menor a 1,5%, por lo tanto, en el presente apartado se calculará la caída de tensión total en la red de corriente continua.

Tal como recomienda el IDAE, se propone que la caída de tensión no supere el 1,5% en la red de corriente continua, la misma se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta V_{DC} = \frac{2 \cdot L_{rama} \cdot I_{MPP,MOD,STC}}{S_{STR/CAJ} \cdot N_{ms} \cdot V_{MPP,MOD,STC} \cdot \sigma} + \frac{2 \cdot L_{CAJA/INV} \cdot I_{MPP,MOD,STC} \cdot N_{CAD,CAJA}}{S_{STR/INV} \cdot N_{ms} \cdot V_{MPP,MOD,STC} \cdot \sigma}$$

Donde

$S_{STR/CAJ}$ es la sección de cable entre los strings de módulos y las cajas de conexiones (4mm²)

$S_{CAJA/INV}$ es la sección de cable entre la caja de conexiones y el inversor (10 mm²)

L_{rama} es la longitud máxima de la rama (m)

$L_{CAJA/INV}$ es la longitud máxima entre la caja de conexiones y el inversor (m)

$I_{MPP,MOD,STC}$ es la corriente en el punto de máxima potencia del módulo en condiciones STC (A)

$V_{MPP,MOD,STC}$ es la tensión en el punto de máxima potencia del módulo en condiciones STC (V)

N_{ms} es la cantidad de módulos conectados en cada rama

σ es la conductividad del conductor

ΔV_{DC} es la caída de tensión máxima en por unidad en la red CC

Por lo tanto, la caída de tensión máxima en la red de corriente continua será:

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

$$\Delta V_{DC} = \frac{2 \cdot 46 \text{ m} \cdot 10,84 \text{ A}}{4 \text{ mm}^2 \cdot 18 \cdot 41,52 \text{ V} \cdot 56 \frac{\text{m} \cdot \text{S}}{\text{mm}^2}} + \frac{2 \cdot 95 \text{ m} \cdot 10,84 \text{ A} \cdot 2}{10 \text{ mm}^2 \cdot 18 \cdot 41,52 \text{ V} \cdot 56 \frac{\text{m} \cdot \text{S}}{\text{mm}^2}} = 0,0108$$

$$\Delta V_{DC} = 1,08\% < 1,5\%$$

Por lo tanto, el dimensionamiento de los cables en la red de continua es válido.

1.5. PROTECCIONES CORRIENTE CONTINUA

En este apartado se justifica y seleccionan las protecciones en la red de continua.

1.5.1. Protecciones por string

Se instalarán fusibles en cada una de los string con el fin de asegurar la desconexión automática de las mismas en caso que se produzcan sobreintensidades.

Se instalará un juego de fusibles (uno en cada polo) en serie con cada string. Físicamente se encontrarán en las cajas de conexiones.

Los fusibles a instalar deben cumplir con los siguientes requisitos:

$$V_n \geq 1,1 V_{OC,GFV} (T_c \text{ mínima})$$

$$1,5 I_{SCMOD} \leq I_n \leq 2 I_{SCMOD}$$

Por lo tanto

$$V_n \geq 1,1 \cdot 952 = 1047 \text{ V}$$

$$1,5 I_{SCMOD} = 17,04 \text{ A} \leq I_n \leq 22,72 \text{ A} = 2 I_{SCMOD}$$

El interruptor escogido tendrá las siguientes características:

- $I_n = 16 \text{ A}$
- $V_n = 1200 \text{ V}$
- N° de polos: 2

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

1.5.2. Protecciones entre caja de conexiones e inversor

Entre cada caja de conexiones y el inversor se instalará un seccionador de corte en carga y descargadores de sobretensión.

1.5.2.1. Seccionador de corte en carga

Con el propósito de aislar el sistema para realizar tareas de mantenimiento, se propone instalar un seccionador a la salida de cada caja de conexiones.

Los requisitos mínimos que debe cumplir el seccionador son:

$$V_n \geq 1,1 V_{OC,GFV} \text{ (Tc mínima)}$$

$$1,25 I_{SCMOD} \cdot N_{STR/CAJ} \leq I_n$$

Por lo tanto,

$$V_n \geq 1047 \text{ V}$$

$$1,25 \cdot 11,36 \cdot 2 = 28,4 \text{ A} \leq I_n$$

Las características del seccionador elegido son las siguientes:

- $I_n = 40 \text{ A}$
- $V_n = 1200 \text{ V}$
- N° de polos: 2

1.5.2.2. Descargadores de sobretensión

Los sistemas fotovoltaicos deben protegerse frente a sobretensiones. Para evitar problemas, es aconsejable instalar descargadores de sobretensiones en cada polaridad hacia tierra en las cajas de conexiones. La impedancia de estos dispositivos varía en función de la tensión aplicada. Durante régimen nominal, su impedancia es extremadamente alta y se reduce en caso de sobretensión descargando la intensidad asociada a tierra.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Los requisitos mínimos que se exigen para estos dispositivos son:

$$V_C \geq 1,25 V_{OC,GFV} (T_c \text{ mínima})$$

A su vez es necesario definir I_n

Donde V_C es la máxima tensión de servicio e I_n es la corriente nominal de descarga.

Por lo tanto

$$V_C \geq 1190 V$$

El descargador elegido tendrá las siguientes características:

- $V_C = 1200 V$
- $I_n = 10 kA$

Se han escogido el valor de I_n en función de los valores normalizados que se encuentran en el mercado para estos dispositivos.

2. CORRIENTE ALTERNA

2.1. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

Para realizar el cableado de corriente alterna se han tomado como referencia tres criterios: corriente admisible, caída de tensión y corriente de cortocircuito.

Se seleccionarán tres tipos de cables:

- Cableado entre inversor y caja de protecciones de CA
- Cableado entre caja de protecciones de CA y la red
- Cableado entre caja de protecciones de CA y puntos de recarga de vehículos eléctricos

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

2.2. CABLEADO ENTRE INVERSOR Y CAJA DE PROTECCIONES DE CORRIENTE ALTERNA

En este apartado se calculan y justifican los cables para el conexionado entre los inversores y las cajas de protección de corriente alterna.

2.2.1. CRITERIO POR CORRIENTE ADMISIBLE

La corriente máxima que circulará por el cable (a la salida del inversor) en régimen permanente será la máxima corriente que pueda entregar el inversor en CA. La misma se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos(\varphi)}$$

Donde

P_n es la potencia máxima del inversor

U_L es la tensión de línea de la red

$\cos(\varphi)$ es el factor de potencia (1 para el caso de máxima corriente)

Por lo tanto

$$I_n = \frac{27 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV} \cdot 1} = 39 \text{ A}$$

La corriente nominal admisible, en régimen permanente, por un cable de determinada sección, material y asilamiento se especifica en la norma UNE 60364-5-52.

En la siguiente figura se muestran las corrientes admisibles para cables de baja tensión, con aislamiento XLPE o EPR.

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Tabla B.52.5 – Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de la tabla B.52.1 – Cables aislados con XLPE/EPR, tres conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D2
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	17	16,5	20	19,5	22	21	23
2,5	23	22	28	26	30	28	30
4	31	30	37	35	40	36	39
6	40	38	48	44	52	44	49
10	54	51	66	60	71	58	65
16	73	68	88	80	96	75	84
25	95	89	117	105	119	96	107
35	117	109	144	128	147	115	129
50	141	130	175	154	179	135	153
70	179	164	222	194	229	167	188
95	216	197	269	233	278	197	226
120	249	227	312	268	322	223	257
150	285	259	342	300	371	251	287
185	324	295	384	340	424	281	324
240	380	346	450	398	500	324	375
300	435	396	514	455	576	365	419
Aluminio							
2,5	19	18	22	21	24	22	
4	25	24	29	28	32	28	
6	32	31	38	35	41	35	
10	44	41	52	48	57	46	
16	58	55	71	64	76	59	64
25	76	71	93	84	90	75	82
35	94	87	116	103	112	90	98
50	113	104	140	124	136	106	117
70	142	131	179	156	174	130	144
95	171	157	217	188	211	154	172
120	197	180	251	216	245	174	197
150	226	206	267	240	283	197	220
185	256	233	300	272	323	220	250
240	300	273	351	318	382	253	290
300	344	313	402	364	440	286	326

NOTA: En las columnas 3, 5, 6, 7 y 8, se supone que los conductores son circulares para un tamaño de hasta 16 mm² inclusive. Los valores indicados para mayores tamaños se refieren a conductores perfilados y pueden ser aplicados con seguridad a los conductores circulares.

Figura 3 – Capacidad en A para los diferentes métodos de instalación

Se propone la utilización de un cable tetrapolar en un ducto para conectar la salida de cada inversor con la caja de protecciones.

Considerando que la corriente máxima del inversor en CA es 39 A en régimen permanente, se escoge una sección de 6 mm² de cobre. Esta sección soporta una intensidad de 44 A en régimen permanente.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

2.2.2. Criterio por caída de tensión

Se propone que la caída de tensión no supere el 1,5%, la misma se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \cdot L_{AC} \cdot I_n \cdot \cos(\varphi)}{\Delta V_{max} \cdot V_{INV,AC} \cdot \sigma}$$

Donde

S_{min} es la sección mínima para el conductor (mm^2)

L_{AC} es la longitud entre el inversor y la caja de protecciones (m)

I_n es la corriente nominal del inversor en AC

$V_{INV,AC}$ es la tensión del inversor en AC

$\cos(\varphi)$ es el factor de potencia

σ es la conductividad del conductor

ΔV_{max} es la caída de tensión máxima en por unidad

La longitud del cableado de CA será de 5 metros. Considerando que el conductor es de cobre, y un factor de potencia igual a 1, la sección mínima del conductor será:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \cdot 5 \text{ m} \cdot 39 \text{ A} \cdot 1}{0,015 \cdot 400 \text{ V} \cdot 56 \frac{\text{m} \cdot \text{S}}{\text{mm}^2}} = 1 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la sección mínima será 1 mm^2 . La sección normalizada superior más cercana es de 1,5 mm^2 .

2.2.3. Criterio por corriente de cortocircuito

La selección del conductor elegido debe tener en cuenta la corriente de cortocircuito que puede circular por él, durante un tiempo breve.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

La corriente de cortocircuito máxima que podrá circular por el cable, está dada por el aporte de la red durante el cortocircuito, ya que el inversor se desconecta automáticamente ante un evento de este tipo.

Como se desconoce el aporte de cortocircuito de la red, se supone una corriente de cortocircuito en el punto de interconexión igual a 4,5 kA.

$$I_{CC,RED} = 4500 \text{ A}$$

Por lo tanto, se debe dimensionar el cable frente a una corriente de 4500 A

Según la norma UNE 21192, la corriente de cortocircuito que puede circular por un cable de determinada sección por un determinado tiempo está dada por la siguiente ecuación:

$$I_{AD} = \sqrt{\frac{K^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_F + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{t}}$$

Donde

I_{AD} es la corriente admisible por el conductor en (A)

K es la constante que depende del material del conductor $A \cdot s^{\frac{1}{2}}/mm^2$ (226 para cobre)

S es la sección del conductor en mm^2

θ_F es la temperatura final del conductor en $^{\circ}C$ (200)

θ_i es la temperatura inicial del conductor en $^{\circ}C$ (90)

β es la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura en K (234,5 para cobre)

t la duración de la falla en segundos (1)

Por lo tanto, considerando una sección de 50 mm^2 , la máxima admisible de cortocircuito por el cable será:

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

$$I_{AD} = \sqrt{\frac{226^2 \cdot 50^2 \cdot \ln\left(\frac{200 + 234,5}{90 + 234,5}\right)}{1}} = 6,1 \text{ kA}$$

$$I_{AD} = 6,1 \text{ kA} > 4,5 \text{ kA} = I_{CC}$$

Por lo tanto, dimensionar el cable con una sección de 50 mm² es válido para cumplir con el criterio de cortocircuito.

2.2.4. Selección del cable

Luego de haber analizado los tres criterios, se puede concluir que es necesario una sección mínima de 50 mm² (por el criterio de cortocircuito) para poder cumplir con todos los requisitos exigidos.

Según la ITC BT 08, la sección mínima de neutro para un conductor de potencia de 50 mm², es de 25 mm².

El cable elegido será tetrapolar de cobre con una sección de 50 mm² para los conductores de potencia, con aislamiento XLPE e irá en tubo de PVC, sobre pared. Por lo tanto, el cable será RZ1-K (AS), 0,6/1 kV, 1x(3x50+25) mm².

2.3. CABLEADO ENTRE CAJA DE PROTECCIONES DE CORRIENTE ALTERNA Y LA RED

En este apartado se calculan y justifican los cables para el conexionado entre las cajas de protección de corriente alterna y la red.

2.3.1. CRITERIO POR CORRIENTE ADMISIBLE

La corriente máxima que circulará por este cable será la máxima corriente que puedan entregar los tres inversores en CA, dado que se supone el caso que, a plena generación, se inyecte toda la energía hacia la red. La misma se calcula a través de la siguiente ecuación:

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

$$\sum I_n = \frac{\sum P_n}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos(\varphi)}$$

Donde

$\sum P_n$ es la suma de las potencias máxima de los tres inversores

U_L es la tensión de línea de la red

$\cos(\varphi)$ es el factor de potencia (1 para el caso de máxima corriente)

Por lo tanto

$$\sum I_n = \frac{3 \cdot 27 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV} \cdot 1} = 117 \text{ A}$$

Entonces

$$I_{MAX} = 117 \text{ A}$$

La corriente nominal admisible, en régimen permanente, por un cable de determinada sección, material y asilamiento se especifica en la norma UNE 60364-5-52.

En la siguiente Tabla se muestran las corrientes admisibles para cables de baja tensión, con aislamiento XLPE o EPR.

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Tabla B.52.5 – Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de la tabla B.52.1 – Cables aislados con XLPE/EPR, tres conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D2
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	17	16,5	20	19,5	22	21	23
2,5	23	22	28	26	30	28	30
4	31	30	37	35	40	36	39
6	40	38	48	44	52	44	49
10	54	51	66	60	71	58	65
16	73	68	88	80	96	75	84
25	95	89	117	105	119	96	107
35	117	109	144	128	147	115	129
50	141	130	175	154	179	135	153
70	179	164	222	194	229	167	188
95	216	197	269	233	278	197	226
120	249	227	312	268	322	223	257
150	285	259	342	300	371	251	287
185	324	295	384	340	424	281	324
240	380	346	450	398	500	324	375
300	435	396	514	455	576	365	419
Aluminio							
2,5	19	18	22	21	24	22	
4	25	24	29	28	32	28	
6	32	31	38	35	41	35	
10	44	41	52	48	57	46	
16	58	55	71	64	76	59	64
25	76	71	93	84	90	75	82
35	94	87	116	103	112	90	98
50	113	104	140	124	136	106	117
70	142	131	179	156	174	130	144
95	171	157	217	188	211	154	172
120	197	180	251	216	245	174	197
150	226	206	267	240	283	197	220
185	256	233	300	272	323	220	250
240	300	273	351	318	382	253	290
300	344	313	402	364	440	286	326

NOTA: En las columnas 3, 5, 6, 7 y 8, se supone que los conductores son circulares para un tamaño de hasta 16 mm² inclusive. Los valores indicados para mayores tamaños se refieren a conductores perfilados y pueden ser aplicados con seguridad a los conductores circulares.

Figura 4 – Capacidad en A para los diferentes métodos de instalación

Se propone la utilización de un cable tetrapolar enterrado en un tubo para conectar la caja de protecciones con la red.

Teniendo en cuenta que la corriente máxima es de 117 A en régimen permanente, se escoge una sección de 50 mm² de cobre. Esta sección soporta una intensidad de 135 A en régimen permanente.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

2.3.2. Criterio por caída de tensión

Se propone que la caída de tensión no supere el 1,5%, la misma se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \cdot L_{AC} \cdot I_n \cdot \cos(\varphi)}{\Delta V_{max} \cdot V_{INV,AC} \cdot \sigma}$$

Donde

S_{min} es la sección mínima para el conductor (mm^2)

L_{AC} es la longitud entre la caja de protecciones y la red (m)

I_{MAX} es la suma de las corrientes nominales a la salida de los tres inversores en AC

$V_{INV,AC}$ es la tensión del inversor en AC

$\cos(\varphi)$ es el factor de potencia

σ es la conductividad del conductor

ΔV_{max} es la caída de tensión máxima en por unidad

La longitud del cableado de CA será de 300 metros. Considerando que el conductor es de cobre, y un factor de potencia igual a 1, la sección mínima del conductor será:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \cdot 300 \text{ m} \cdot 117 \text{ A} \cdot 1}{0,015 \cdot 400 \text{ V} \cdot 56 \frac{\text{m} \cdot \text{S}}{\text{mm}^2}} = 181 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la sección mínima será 181 mm^2 . La sección normalizada superior más cercana es de 185 mm^2 .

2.3.3. Criterio por corriente de cortocircuito

La selección del conductor elegido debe tener en cuenta la corriente de cortocircuito que puede circular por él, durante un tiempo breve.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

La corriente de cortocircuito máxima que podrá circular por el cable, está dada por el aporte de la red durante el cortocircuito, ya que el inversor se desconecta automáticamente ante un evento de este tipo.

Como se desconoce el aporte de cortocircuito de la red, se supone una corriente de cortocircuito en el punto de interconexión igual a 4,5 kA.

$$I_{SC,RED} = 4500 \text{ A}$$

Por lo tanto, se debe dimensionar el cable frente a una corriente de 4500 A

Según la norma UNE 21192, la corriente de cortocircuito que puede circular por un cable de determinada sección por un determinado tiempo está dada por la siguiente ecuación:

$$I_{AD} = \sqrt{\frac{K^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_F + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{t}}$$

Donde

I_{AD} es la corriente admisible por el conductor en (A)

K es la constante que depende del material del conductor $A \cdot s^{\frac{1}{2}}/mm^2$ (226 para cobre)

S es la sección del conductor en mm^2

θ_F es la temperatura final del conductor en °C (200)

θ_i es la temperatura inicial del conductor en °C (90)

β es la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura en K (234,5 para cobre)

t la duración de la falla en segundos (1)

Por lo tanto, considerando una sección de 50 mm^2 , la máxima admisible de cortocircuito por el cable será:

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

$$I_{AD} = \sqrt{\frac{226^2 \cdot 50^2 \cdot \ln\left(\frac{200 + 234,5}{90 + 234,5}\right)}{1}} = 6,1 \text{ kA}$$

$$I_{AD} = 6,1 \text{ kA} > 4,5 \text{ kA} = I_{CC}$$

Por lo tanto, dimensionar el cable con una sección de 50 mm² es válido para cumplir con el criterio de cortocircuito.

2.3.4. Elección del conductor

Luego de haber analizado los tres criterios, se puede ver que es necesario una sección mínima de 185 mm² (por el criterio de caída de tensión) para poder cumplir con todos los requisitos exigidos.

Según la ITC BT 08, la sección mínima de neutro para un conductor de potencia de 50 mm², es de 25 mm².

El cable elegido será tetrapolar de cobre con una sección de 185 mm² para los conductores de potencia, con aislamiento XLPE e irá en tubo de PVC, enterrado. Por lo tanto, el cable será RZ1-K (AS), 0,6/1 kV, 1x(3x185+25) mm².

2.4. CABLEADO ENTRE CAJA DE PROTECCIONES DE CORRIENTE ALTERNA Y PUNTO DE RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO

En este apartado se calculan y justifican los cables para el conexionado entre las cajas de protección de corriente alterna y los puntos de recarga.

Como se tienen varios puntos de recarga, se analiza el caso más restrictivo. Dados que todos los puntos de recarga consumen la misma corriente nominal, el caso más restrictivo será el de mayor longitud.

Es importante destacar que los puntos de recarga son monofásicos.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

2.4.1. CRITERIO POR CORRIENTE ADMISIBLE

La corriente máxima que circulará por el cable en régimen permanente será la máxima corriente que puede soportar el punto de recarga INGEREV CITY Duo, la cual se especifica en la ficha técnica del fabricante. Esta corriente es de 32 A.

Entonces








$$I_{MAX} = 32 A$$

La corriente nominal admisible, en régimen permanente, por un cable de determinada sección, material y aislamiento se especifica en la norma UNE 60364-5-52.

En la siguiente figura se muestran las corrientes admisibles para cables de baja tensión, con aislamiento XLPE o EPR.

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Tabla B.52.3 – Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de instalación de la tabla B.52.1 – Cables aislados con XLPE/EPR, dos conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 90 °C, temperatura ambiente: 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Sección nominal del conductor mm ²	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D	D1
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	19	18,5	23	22	24	25	27
2,5	26	25	31	30	33	33	35
4	35	33	42	40	45	43	46
6	45	42	54	51	58	53	58
10	61	57	75	69	80	71	77
16	81	76	100	91	107	91	100
25	106	99	133	119	138	116	129
35	131	121	164	146	171	139	155
50	158	145	198	175	209	164	183
70	200	183	253	221	269	203	225
95	241	220	306	265	328	239	270
120	278	253	354	305	382	271	306
150	318	290	393	334	441	306	343
185	362	329	449	384	506	343	387
240	424	386	528	459	599	395	448
300	486	442	603	532	693	446	502
Aluminio							
2,5	20	19,5	25	23	26	26	
4	27	26	33	31	35	33	
6	35	33	43	40	45	42	
10	48	45	59	54	62	55	
16	64	60	79	72	84	71	76
25	84	78	105	94	101	90	98
35	103	96	130	115	126	108	117
50	125	115	157	138	154	128	139
70	158	145	200	175	198	158	170
95	191	175	242	210	241	186	204
120	220	201	281	242	280	211	233
150	253	230	307	261	324	238	261
185	288	262	351	300	371	267	296
240	338	307	412	358	439	307	343
300	387	352	471	415	508	346	386

NOTA En las columnas 3, 5, 6, 7 y 8, se supone que los conductores son circulares para un tamaño de hasta 16 mm² inclusive. Los valores indicados para mayores tamaños se refieren a conductores perfilados y pueden ser aplicados con seguridad a los conductores circulares.

Figura 5 – Capacidad en A para los diferentes métodos de instalación

Se propone la utilización de un cable bipolar (fase y neutro) enterrado en un ducto para conectar la caja de protecciones con cada punto de recarga.

Teniendo en cuenta que la corriente máxima es de 32 A en régimen permanente, se escoge una sección de 2,5 mm² de cobre. Esta sección soporta una intensidad de 33 A en régimen permanente.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

2.4.2. Criterio por caída de tensión

Se propone que la caída de tensión no supere el 1,5%, la misma se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$S_{min} = \frac{2 \cdot L_{AC} \cdot I_n \cdot \cos(\varphi)}{\Delta V_{max} \cdot V_{INV,AC} \cdot \sigma}$$

Donde

S_{min} es la sección mínima para el conductor (mm²)

L_{AC} es la longitud entre la caja de protecciones y los puntos de recarga de vehículos eléctricos (m)

I_n es la corriente nominal que demanda cada punto de recarga

$V_{INV,AC}$ es la tensión del inversor en AC

$\cos(\varphi)$ es el factor de potencia

σ es la conductividad del conductor

ΔV_{max} es la caída de tensión máxima en por unidad

La longitud del cableado de CA será de 52 metros. Considerando que el conductor es de cobre, y un factor de potencia igual a 1, la sección mínima del conductor será:

$$S_{min} = \frac{2 \cdot 52 \text{ m} \cdot 32 \text{ A} \cdot 1}{0,015 \cdot 400 \text{ V} \cdot 56 \frac{\text{m} \cdot \text{S}}{\text{mm}^2}} = 9,9 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la sección mínima será 9,9 mm². La sección normalizada superior más cercana es de 10 mm².

2.4.3. Criterio por corriente de cortocircuito

La selección del conductor elegido debe tener en cuenta la corriente de cortocircuito que puede circular por él, durante un tiempo breve.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

La corriente de cortocircuito máxima que podrá circular por el cable, está dada por el aporte de la red durante el cortocircuito, ya que el inversor se desconecta automáticamente ante un evento de este tipo.

Como se desconoce el aporte de cortocircuito de la red, se supone una corriente de cortocircuito en el punto de interconexión igual a 4,5 kA.

$$I_{CC,RED} = 4500 \text{ A}$$

Por lo tanto, se debe dimensionar el cable frente a una corriente de 4500 A

Según la norma UNE 21192, la corriente de cortocircuito que puede circular por un cable de determinada sección por un determinado tiempo está dada por la siguiente ecuación:

$$I_{AD} = \sqrt{\frac{K^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_F + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{t}}$$

Donde

I_{AD} es la corriente admisible por el conductor en (A)

K es la constante que depende del material del conductor $A \cdot s^{\frac{1}{2}}/mm^2$ (226 para cobre)

S es la sección del conductor en mm^2

θ_F es la temperatura final del conductor en $^{\circ}C$ (200)

θ_i es la temperatura inicial del conductor en $^{\circ}C$ (90)

β es la inversa del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura en K (234,5 para cobre)

t la duración de la falla en segundos (1)

Por lo tanto, considerando una sección de 50 mm^2 , la máxima admisible de cortocircuito por el cable será:

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

$$I_{AD} = \sqrt{\frac{226^2 \cdot 50^2 \cdot \ln\left(\frac{200 + 234,5}{90 + 234,5}\right)}{1}} = 6,1 \text{ kA}$$

$$I_{AD} = 6,1 \text{ kA} > 4,5 \text{ kA} = I_{CC}$$

Por lo tanto, dimensionar el cable con una sección de 50 mm² es válido para cumplir con el criterio de cortocircuito.

2.4.4. Elección del conductor

Luego de haber analizado los tres criterios, se puede ver que es necesario una sección mínima de 50 mm² (por el criterio de cortocircuito) para poder cumplir con todos los requisitos exigidos.

El cable elegido será bipolar de cobre con una sección de 50 mm² para los con aislamiento XLPE e irá en tubo de PVC, sobre pared. Por lo tanto, el cable será RZ1-K (AS), 0,6/1 kV.

2.5. PROTECCIONES CORRIENTE ALTERNA

En este apartado se detalla la selección de las protecciones en la red de corriente alterna.

2.5.1. Interruptor

Con el fin de proteger al sistema de corriente alterna contra sobreintensidades y cortocircuitos se propone instalar interruptores. Se instalarán:

- A la salida (AC) de cada inversor
- En la entrada de los puntos de recarga de vehículos eléctricos
- En la caja de protecciones de corriente alterna, para posterior conexión con la red

Además, estará incorporado un interruptor en el cuadro general de protecciones, que interconectará el sistema con la red.

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Los requisitos mínimos que debe cumplir son:

$$V_n \geq 1,1 V_L$$

$$I_{MAX} \leq I_n$$

$$I_{cc} \leq I_{cu}$$

Donde

V_L es la tensión entre fases (400 V)

I_{cu} es el poder de corte del interruptor

I_{cc} es la corriente esperada de cortocircuito en AC

I_{MAX} es la corriente máxima

Para la salida del inversor en AC

$$I_{MAX} = 39 A$$

Para la entrada de los puntos de recarga de vehículos eléctricos

$$I_{MAX} = 32 A$$

Para la caja de protecciones de corriente alterna

$$I_{MAX} = 117 A$$

Por lo tanto

$$V_n \geq 440 V$$

$$4,5 kA \leq I_{cu}$$

Las características del interruptor para las salidas de los inversores serán:

- $I_n = 40 A$
- $V_n = 440 V$
- $I_{cu} = 10 kA$
- *Tipo: Trifásico*

Trabajo Fin de Máster	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Las características del interruptor para los puntos de recarga de vehículo eléctrico serán:

- $I_n = 40 A$
- $V_n = 440 V$
- $I_{cu} = 10 \text{ kA}$
- *Tipo: Monofásico*

Las características del interruptor para el conexionado con la red serán:

- $I_n = 160 A$
- $V_n = 440 V$
- $I_{cu} = 10 \text{ kA}$
- *Tipo: Trifásico*

2.5.2. Interruptor diferencial

Para proteger a las personas frente a contactos directos e indirectos, se instalarán interruptores diferenciales a salida de los inversores (AC) y en la entrada de los puntos de recarga de vehículos eléctricos.

Los criterios son los mismos que los detallados en el apartado anterior, con la diferencia, que se agrega el parámetro S_n , que es la sensibilidad nominal. Este valor se selecciona 30 mA, ya que es un valor típico para este tipo de instalaciones.

El interruptor diferencial a la salida de los inversores tendrá las siguientes características:

- *Tipo: instantáneo y trifásico*
- $I_n = 40 A$
- $S_n = 30 \text{ mA}$
- $V_n = 440 V$

El interruptor diferencial a la entrada de los puntos de recarga de vehículos eléctricos tendrá las siguientes características:

- *Tipo: instantáneo y monofásico*
- $I_n = 40 A$
- $S_n = 30 \text{ mA}$
- $V_n = 440 V$

Donde S_n es la sensibilidad nominal.



Trabajo Fin de Máster

**DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE
RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

3. PRESUPUESTO

Alumno: Álvaro Montes Moreno

Tutor: D. Diego López Talavera

Fecha: Diciembre 2020

Trabajo Fin de Máster	PRESUPUESTO	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ÍNDICE PRESUPUESTO


1. PRESUPUESTO	3
1.1. EQUIPOS.....	3
1.2. PROTECCIONES	4
1.3. CABLEADO	5
1.4. TOTAL PRESUPUESTO.....	7

Trabajo Fin de Máster	PRESUPUESTO	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

1. PRESUPUESTO


En el presente documento se muestra el presupuesto de ejecución material de la instalación objeto del presente Trabajo Fin de Máster.

1.1. EQUIPOS

TRABAJO FIN DE MÁSTER		DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS			
Capítulo 1:		EQUIPOS		(€)	67.620,84 €
Partida	Cantidad	Descripción	Ud.	Precio Unitario	Precio Total (sin IVA)
1.1	3	Inversor FRONIUS ECO 27.0-3-S	ud.	3.776,93 €	11.330,79 €
1.2	216	Módulo Ja Solar JAM72S20-450M/R	ud.	176,38 €	38.098,08 €
1.3	3	Estación de recarga INGEREV CITY DUO CD132, incluyendo protecciones y montaje	ud.	3.720,00 €	11.160,00 €
1.4	1	Caseta Prefabricada hormigón	ud.	826,45 €	826,45 €
1.5	6	Caja de distribución modular en superficie 5 módulos	ud.	22,02 €	132,12 €
1.6	1	Caja de distribución modular empotrada 8 módulos	ud.	17,80 €	17,80 €
1.7	12	Estructura Cubierta Metálica 18 paneles	ud.	459,80 €	5.517,60 €
1.8	1	Equipo de medida bidireccional	ud.	269,00 €	269,00 €
1.9	1	Equipo de medida generación	ud.	269,00 €	269,00 €


Trabajo Fin de Máster	PRESUPUESTO	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

1.2. PROTECCIONES


TRABAJO FIN DE MÁSTER		DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS			
Capítulo 2:		PROTECCIONES		(€)	9.568,92 €
Partida	Cantidad	Descripción	Ud.	Precio Unitario	Precio Total (sin IVA)
2.1	24	Conjunto fusible formado por fusible de cuchillas, tipo gG, intensidad nominal 20 A, poder de corte 120 kA, tamaño T00 y base para fusible de cuchillas, unipolar (1P), intensidad nominal 160 A.	ud.	16,73 €	401,52 €
2.2	6	Protector contra sobretensiones transitorias, de 2 módulos, bipolar (2P), tipo 2 (onda 8/20 µs), nivel de protección 1,2 kV, intensidad máxima de descarga 10 kA.	ud.	206,39 €	1.238,34 €
2.3	6	Interruptor en carga, bipolar (2P), intensidad nominal 40 A, tensión de aislamiento (Ui) 500 V, impulso de tensión máximo (Uimp) 6 kV, intensidad de cortocircuito (Icw) 10 kA durante 1 s.	ud.	63,75 €	382,50 €
2.4	3	Interruptor automático magnetotérmico, tetrapolar (3P+N), intensidad nominal 40 A, poder de corte 10 kA, curva C, modelo iK60N A9K24750 "SCHNEIDER ELECTRIC" o similar	ud.	320,01 €	960,03 €
2.5	3	Interruptor diferencial instantáneo, 4P/ 40A/300mA.	ud.	354,84 €	1.064,52 €
2.6	1	Interruptor automático en caja moldeada, con bloque diferencial, tripolar (3P), intensidad nominal 160 A, poder de corte 10 kA a 400 V, ajuste de la intensidad de disparo térmico entre 0,7 y 1 x In, ajuste de la intensidad de disparo de 0,03 a 10 A, ajuste del tiempo de disparo de 0 a 310 ms, modelo Vigicompact NSX160F LV430940, "SCHNEIDER ELECTRIC", unidad de control magnetotérmica TM-D.	ud.	2.604,17 €	2.604,17 €
2.7	1	Suministro e Instalación de Caja general de protección, equipada con protecciones	ud.	2.917,84 €	2.917,84 €

Trabajo Fin de Máster	PRESUPUESTO	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

1.3. CABLEADO


TRABAJO FIN DE MÁSTER		DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS			
Capítulo 2:		PROTECCIONES		(€)	9.568,92 €
Partida	Cantidad	Descripción	Ud.	Precio Unitario	Precio Total (sin IVA)
3.1	1111,2	Suministro, etiquetado, conexionado, identificación y tendido de Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V).	m	0,94 €	1.044,53 €
3.2	201,08	Suministro, etiquetado, conexionado, identificación y tendido de Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V).	m	11,10 €	2.231,99 €
3.3	926,26	Suministro, etiquetado, conexionado, identificación y tendido de Cable unipolar RV-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de PVC (V).	m	2,92 €	2.704,68 €
3.4	15	Suministro, etiquetado, conexionado, identificación y tendido de Cable eléctrico unipolar, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN" o similar, de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 1x50 mm ² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde.	m	6,18 €	92,70 €
3.5	300	Suministro, etiquetado, conexionado, identificación y tendido de Cable eléctrico multiconductor, Afumex Class 1000 V (AS) "PRYSMIAN" o similar, de fácil pelado y tendido (ahorro del 30% del tiempo de mano de obra), tipo RZ1-K (AS), tensión nominal 0,6/1 kV, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductores de cobre recocido, flexible (clase 5), de 4x185 mm ² de sección, aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), de tipo DIX3, cubierta de poliolefina termoplástica, de tipo Afumex Z1, de color verde.	m	80,16 €	24.048,00 €

Trabajo Fin de Máster	PRESUPUESTO	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

TRABAJO FIN DE MÁSTER		DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS			
Capítulo 2:		PROTECCIONES		(€)	9.568,92 €
Partida	Cantidad	Descripción	Ud.	Precio Unitario	Precio Total (sin IVA)
3.6	65,36	Excavación de zanjas para instalaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.	m3	12,97 €	847,72 €
3.7	104,84	Suministro e instalación enterrada de canalización de tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 40 mm de diámetro nominal, resistencia a la compresión 250 N, colocado sobre solera de hormigón no estructural HNE-15/B/20 de 5 cm de espesor y posterior relleno con el mismo hormigón hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería. Incluso cinta de señalización. El precio incluye los equipos y la maquinaria necesarios para el desplazamiento y la disposición en obra de los elementos, pero no incluye la excavación ni el relleno principal.	m	6,51 €	682,51 €

Trabajo Fin de Máster	PRESUPUESTO	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

1.4. TOTAL PRESUPUESTO

TRABAJO FIN DE MÁSTER	DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	
Capítulo 1:	EQUIPOS	67.620,84 €
Capítulo 2:	PROTECCIONES	9.568,92 €
Capítulo 3:	CABLEADO	31.652,12 €
TOTAL PRESUPUESTO		108.841,88 €
TOTAL PRESUPUESTO (con IVA)		131.698,67 €

El presupuesto de ejecución material asciende a **CIENTO TREINTA Y UN MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y OCHO EUROS Y SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS. (131.698,67 €)** (IVA incluido).



Trabajo Fin de Máster

**DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE
RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

4. ANALISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA

Alumno: Álvaro Montes Moreno

Tutor: D. Diego López Talavera

Fecha: Diciembre 2020

Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ÍNDICE ANÁLISIS DE VIABILIDAD

1. DATOS	2
2. ANÁLISIS ECONÓMICO	4
2.1. CASH-FLOW DE EXPLOTACIÓN	4
2.2. DIMENSIÓN FINANCIERA DE LA INVERSIÓN	6
3. COSTE FINANCIACIÓN	9
3.1. PRÉSTAMO	9
3.2. CAPITAL PROPIO	10
3.3. DIMENSIÓN FINANCIERA DE LA FINANCIACIÓN	11
4. ANÁLISIS FINANCIERO	12
4.1. TESORERÍA	12
5. LCOE	15

Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

1. DATOS

Datos generales	
Potencia de la instalación (kWp)	97,20
Coste instalación (€/kWp)	1.354,92 €
Coste total de la inversión (€)	131.698,67 €
Recursos propios para la financiación del proyecto (% de la inversión inicial)	20,00%
Recursos ajenos para la financiación del proyecto (% de la inversión)	80,00%
Recursos procedentes de subvenciones para la financiación del proyecto(% de la inversión)	0,00%
Excedentes (kWh/kWp·año)	230,8
Recarga VE (kWh/kWp·año)	1.062,2
Energía generada (kWh/kWp·año)	1.293,0
Impuestos	23%
Vida útil del proyecto en años	25
Coste de la financiación (coste de capital o pasivo)	3,89%
Valor Residual (€)	13.169,87 €

Datos de explotación	
Tarifa de venta a la red eléctrica (€/kWh)	0,089 €
Tarifa de recarga del VE (€/kWh)	0,50 €
Tasa de variación interanual precio electricidad (%)	1,50%
Tasa de variación interanual de degradación o pérdida de potencia de la instalación (%)	0,50%
Gastos Operación y mantenimiento, seguros, gastos generales (% de la inversión inicial)	1,50%
Tasa de variación interanual de los gastos/costes: Operación y Mantenim., gastos generales.	2,00%

Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Financiación	
Préstamo	
Importe inicial de la deuda	105.358,94 €
Amortización en años	20
Tasa de interés	5,00%
Cuota amortización	5.267,95 €
Capitales propios	
Importe inicial de la deuda	26.339,73 €
Amortiz. al final de proyecto (años)	25
Dividendos sobre el CP	4,00%
Subvención	
Importe inicial de la deuda	
Periodo de amortización (años)	0
Cuota de amortización anual	
Amortización Activos	
Importe inicial	131.698,67 €
Periodo de amortización (años)	20
Cuota de amortización fiscal anual	6.585 €

Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

2. ANÁLISIS ECONÓMICO

2.1. CASH-FLOW DE EXPLOTACIÓN

Cash-Flow de Explotación													
Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos explotación		53.619,7	54.151,9	54.689,4	55.232,2	55.780,3	56.334,0	56.893,1	57.457,7	58.028,0	58.603,9	59.185,6	59.773,0
VR de la inversión al final de su vida útil													
-Gastos Explotación		1.975,5	2.015,0	2.055,3	2.096,4	2.138,3	2.181,1	2.224,7	2.269,2	2.314,6	2.360,9	2.408,1	2.456,3
Cash-Flow Explotación(antes de impuestos)		51.644,3	52.136,9	52.634,1	53.135,8	53.642,0	54.152,9	54.668,4	55.188,5	55.713,4	56.243,1	56.777,5	57.316,7
Cash-Flow Explotación(después de impuestos)		39.766,1	40.145,4	40.528,2	40.914,5	41.304,4	41.697,7	42.094,6	42.495,2	42.899,3	43.307,1	43.718,7	44.133,9

Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

Cash-Flow de Explotación													
Periodo	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Ingresos explotación	60.366,2	60.965,4	61.570,5	62.181,5	62.798,7	63.422,0	64.051,4	64.687,1	65.329,2	65.977,6	66.632,4	67.293,7	67.961,6
VR de la inversión al final de su vida útil													13.169,9
-Gastos Explotación	2.505,4	2.555,5	2.606,6	2.658,7	2.711,9	2.766,1	2.821,5	2.877,9	2.935,5	2.994,2	3.054,1	3.115,1	3.177,4
Cash-Flow Explotación(antes de impuestos)	57.860,9	58.409,9	58.963,9	59.522,8	60.086,8	60.655,8	61.230,0	61.809,2	62.393,7	62.983,4	63.578,3	64.178,6	64.784,2
Cash-Flow Explotación(después de impuestos)	44.552,9	44.975,6	45.402,2	45.832,6	46.266,8	46.705,0	47.147,1	47.593,1	48.043,2	48.497,2	48.955,3	49.417,5	63.053,7

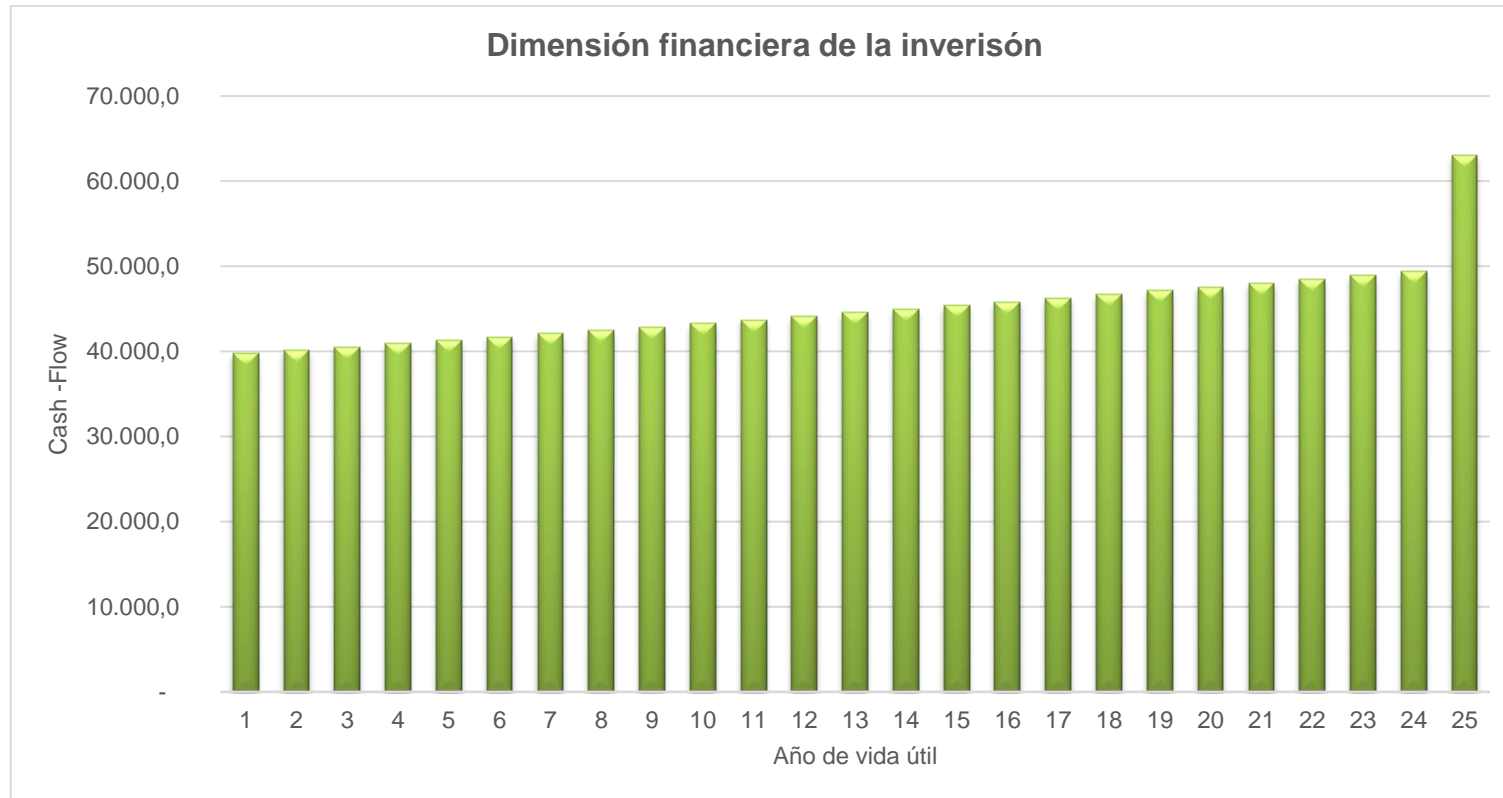
Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

2.2. DIMENSIÓN FINANCIERA DE LA INVERSIÓN

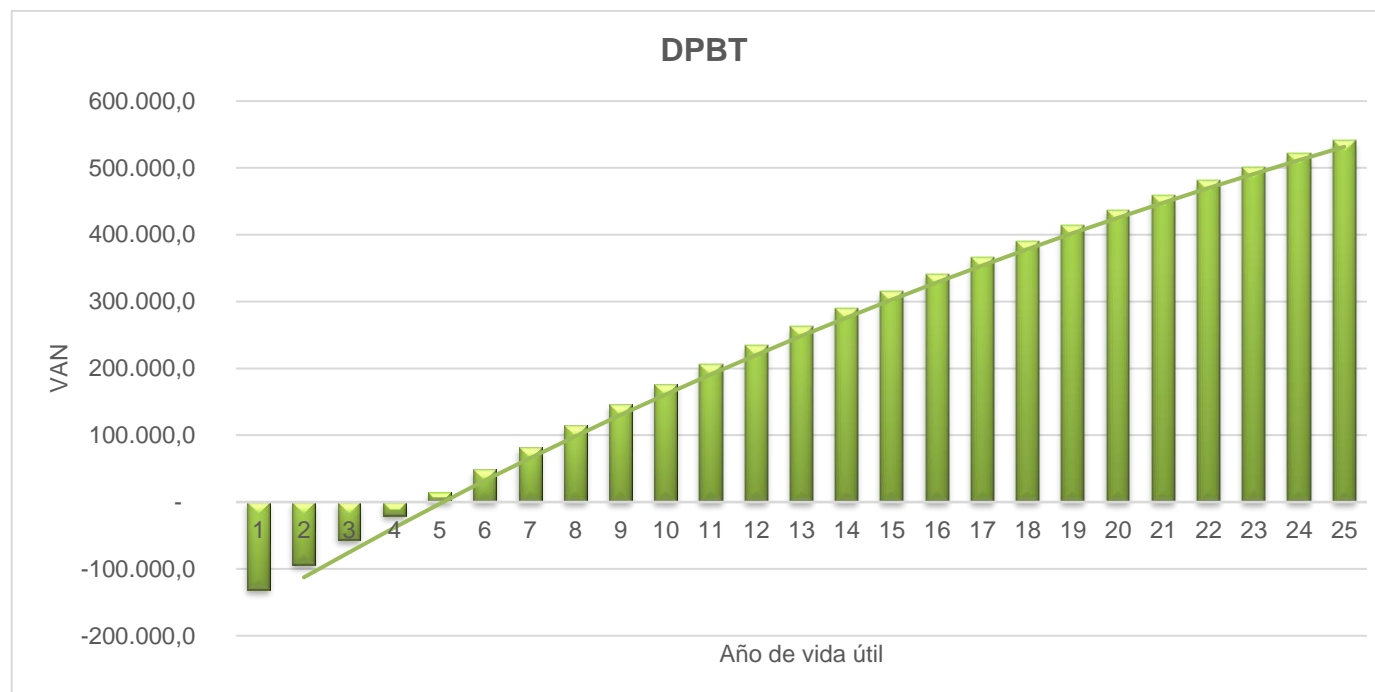
Dimensión Financiera de la inversión												
-A (Inversión)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12
-131.698,7	39.766,1	40.145,4	40.528,2	40.914,5	41.304,4	41.697,7	42.094,6	42.495,2	42.899,3	43.307,1	43.718,7	44.133,9
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Dimensión Financiera de la inversión												
Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25
44.552,9	44.975,6	45.402,2	45.832,6	46.266,8	46.705,0	47.147,1	47.593,1	48.043,2	48.497,2	48.955,3	49.417,5	63.053,7
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



Tasa Interna de Retorno (TIR)	31,11%
Valor Actual Neto (VAN)	666.076,24 €
Tasa Interna de Retorno neta (TIR_{neto})	28,38%
Discount Pay Back Time (DPBT)	5

Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

3. COSTE FINANCIACIÓN

3.1. PRÉSTAMO

Préstamo									
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Saldo Inicial (1/1)	105.358,9	100.091,0	94.823,0	89.555,1	84.287,1	79.019,2	73.751,3	68.483,3	63.215,4
Intereses	4.056,3	3.853,5	3.650,7	3.447,9	3.245,1	3.042,2	2.839,4	2.636,6	2.433,8
Amortización Financiera	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9
Saldo Final (31/12)	100.091,0	94.823,0	89.555,1	84.287,1	79.019,2	73.751,3	68.483,3	63.215,4	57.947,4

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
57.947,4	52.679,5	47.411,5	42.143,6	36.875,6	31.607,7	26.339,7	21.071,8	15.803,8	10.535,9	5.267,9
2.231,0	2.028,2	1.825,3	1.622,5	1.419,7	1.216,9	1.014,1	811,3	608,4	405,6	202,8
5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9	5.267,9
52.679,5	47.411,5	42.143,6	36.875,6	31.607,7	26.339,7	21.071,8	15.803,8	10.535,9	5.267,9	-0,0

Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

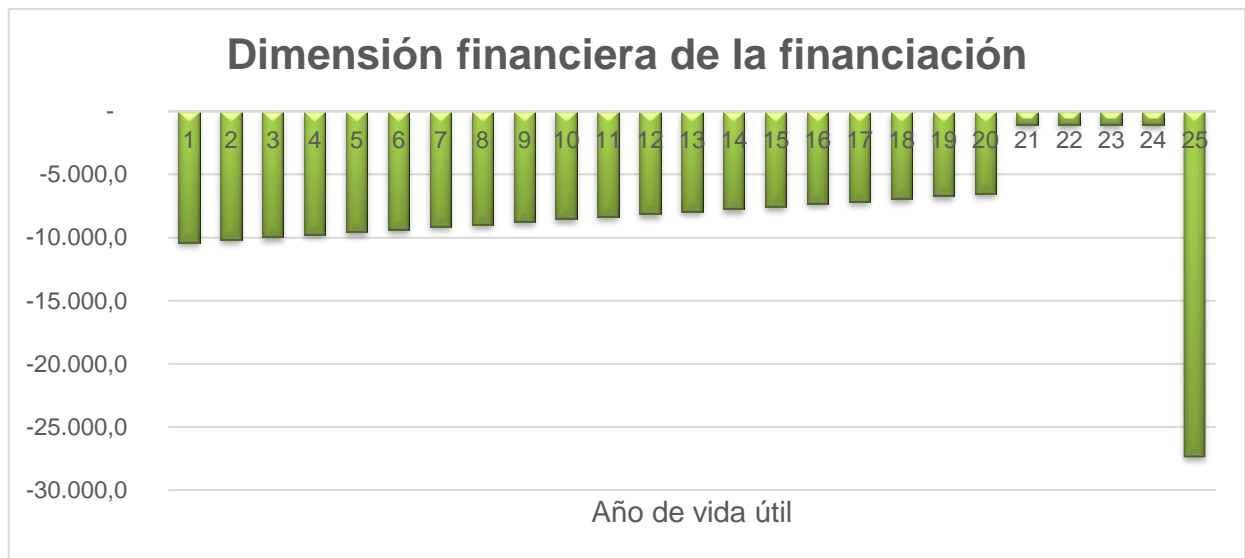
3.2. CAPITAL PROPIO

Capital Propio												
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Importe deuda	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7
Dividendos	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6
Amortización deuda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saldo deuda	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7
1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6	1.053,6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.339,7
26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	26.339,7	-

3.3. DIMENSIÓN FINANCIERA DE LA FINANCIACIÓN

Dimensión financiera de la financiación (pasivo)												
- Inversión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-131.698,7	10.377,86	10.175,04	9.972,22	9.769,41	9.566,59	9.363,78	9.160,96	8.958,14	8.755,33	8.552,51	8.349,70	8.146,88
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
7.944,06	7.741,25	7.538,43	7.335,62	7.132,80	6.929,98	6.727,17	6.524,35	1.053,59	1.053,59	1.053,59	1.053,59	27.393,32



Coste del capital (pasivo) 2,73 %

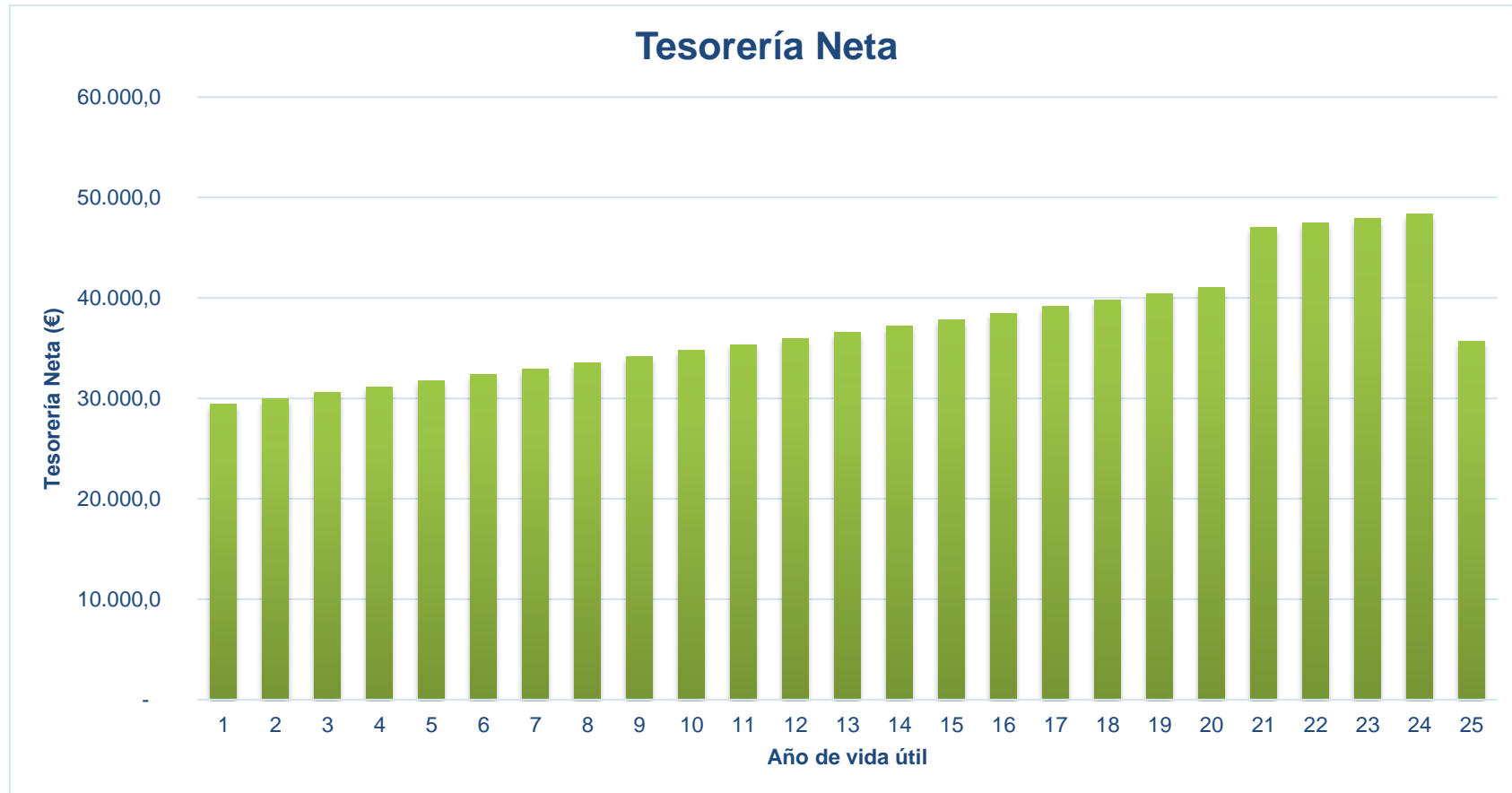
Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

4. ANÁLISIS FINANCIERO

4.1. TESORERÍA

Tesorería												
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tesorería Neta	29.388,2	29.970,4	30.556,0	31.145,1	31.737,8	32.333,9	32.933,7	33.537,0	34.144,0	34.754,6	35.369,0	35.987,0
Tesorería Acumulada	29.388,2	59.358,6	89.914,6	121.059,8	152.797,5	185.131,5	218.065,1	251.602,2	285.746,2	320.500,8	355.869,8	391.856,8

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
36.608,8	37.234,4	37.863,7	38.496,9	39.134,0	39.775,0	40.419,9	41.068,8	46.989,6	47.443,6	47.901,7	48.363,9	35.660,4
428.465,6	465.699,9	503.563,7	542.060,6	581.194,6	620.969,6	661.389,5	702.458,3	749.447,9	796.891,5	844.793,2	893.157,1	928.817,5

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Trabajo Fin de Máster	ANÁLISIS DE VIABILIDAD	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

5. LCOE

LEC												
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Electricidad generada (kWh)	125.679,6	125.051,2	124.425,9	123.803,8	123.184,8	122.568,9	121.956,0	121.346,2	120.739,5	120.135,8	119.535,1	118.937,5
Costes de explotación	2.429,8	2.478,4	2.528,0	2.578,6	2.630,1	2.682,7	2.736,4	2.791,1	2.846,9	2.903,9	2.962,0	3.021,2

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
118.342,8	117.751,1	117.162,3	116.576,5	115.993,6	115.413,6	114.836,6	114.262,4	113.691,1	113.122,6	112.557,0	111.994,2	111.434,3
3.081,6	3.143,3	3.206,1	3.270,2	3.335,7	3.402,4	3.470,4	3.539,8	3.610,6	3.682,8	3.756,5	3.831,6	3.908,2

Coste ciclo de vida útil (LCC)	186.060,12 €
Actualización Energía generada	2.140.602,11
LCOE (€/kWh)	0,0869



Trabajo Fin de Máster

**DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE
RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

5. PLANOS

Alumno: Álvaro Montes Moreno

Tutor: D. Diego López Talavera

Fecha: Diciembre 2020

Trabajo Fin de Máster	PLANOS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ÍNDICE PLANOS

- 1. SITUACIÓN**

- 2. EMPLAZAMIENTO**

- 3. IMPLANTACIÓN INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA**

- 4. IMPLANTACIÓN ESTACIONES DE RECARGA VE**

- 5. EDIFICIO. DISPOSICIÓN DE EQUIPOS**

- 6. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL**
 - 7.1. ESQUEMA UNIFILAR CC: GENERADOR FV 1**

 - 7.2. ESQUEMA UNIFILAR CC: GENERADOR FV 2**

 - 7.3. ESQUEMA UNIFILAR CC: GENERADOR FV 3**

- 8. ESQUEMA UNIFILAR AC**



Nº plazas estacionamiento: 222

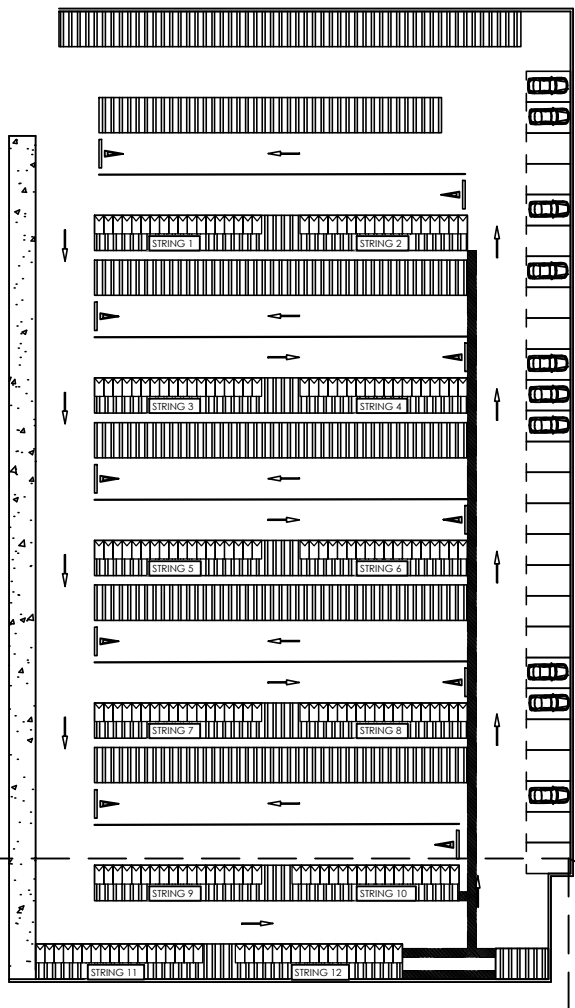
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

DIRECCIÓN	Polígono de los Olivares, Avenida de Madrid, s/n, 23001 Jaén		
DESIGNACIÓN	Emplazamiento	PLANO Nº	02
FECHA	Jaén, diciembre 2020	ESCALA	S/E



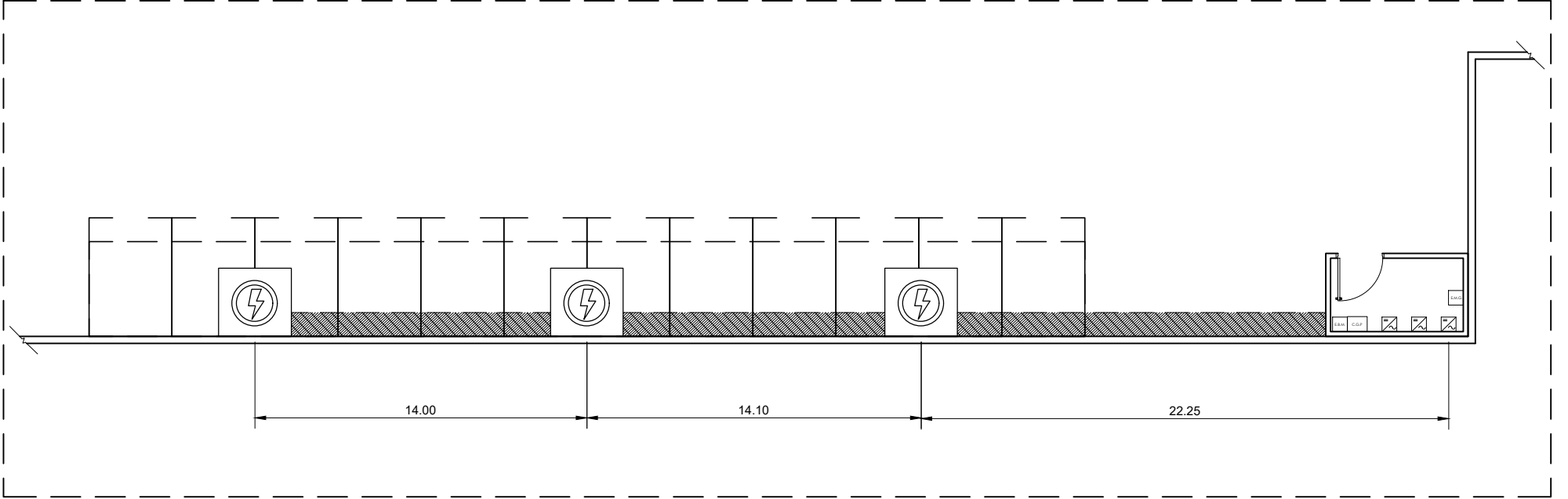
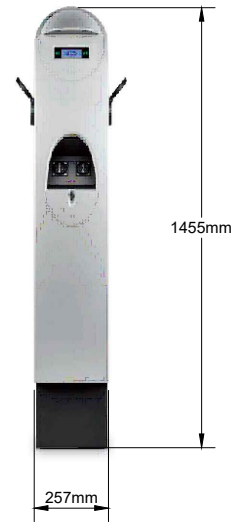
TRABAJO DE FIN DE MÁSTER. ENERGÍAS RENOVABLES

ALUMNO	TUTOR
Álvaro Montes Moreno	D. Diego López Talavera



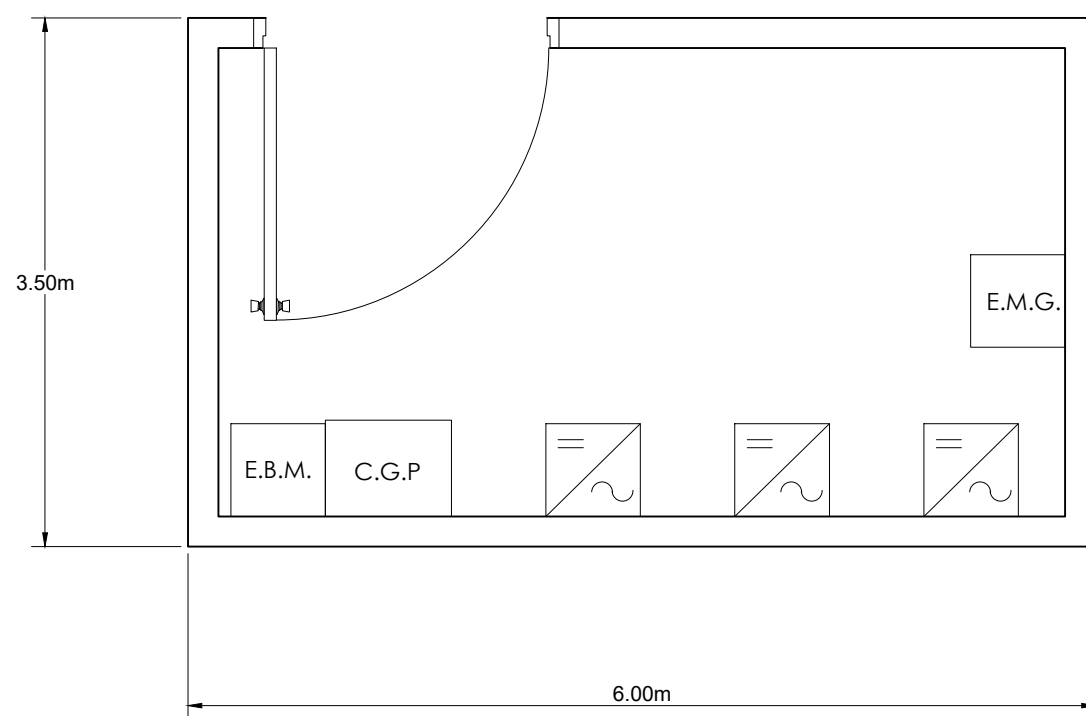
DETALLE INVERSOR
FRONIUS ECO 27.0-3-S

DETALLE ESTACIÓN DE RECARGA
INGEREV CITY DUO



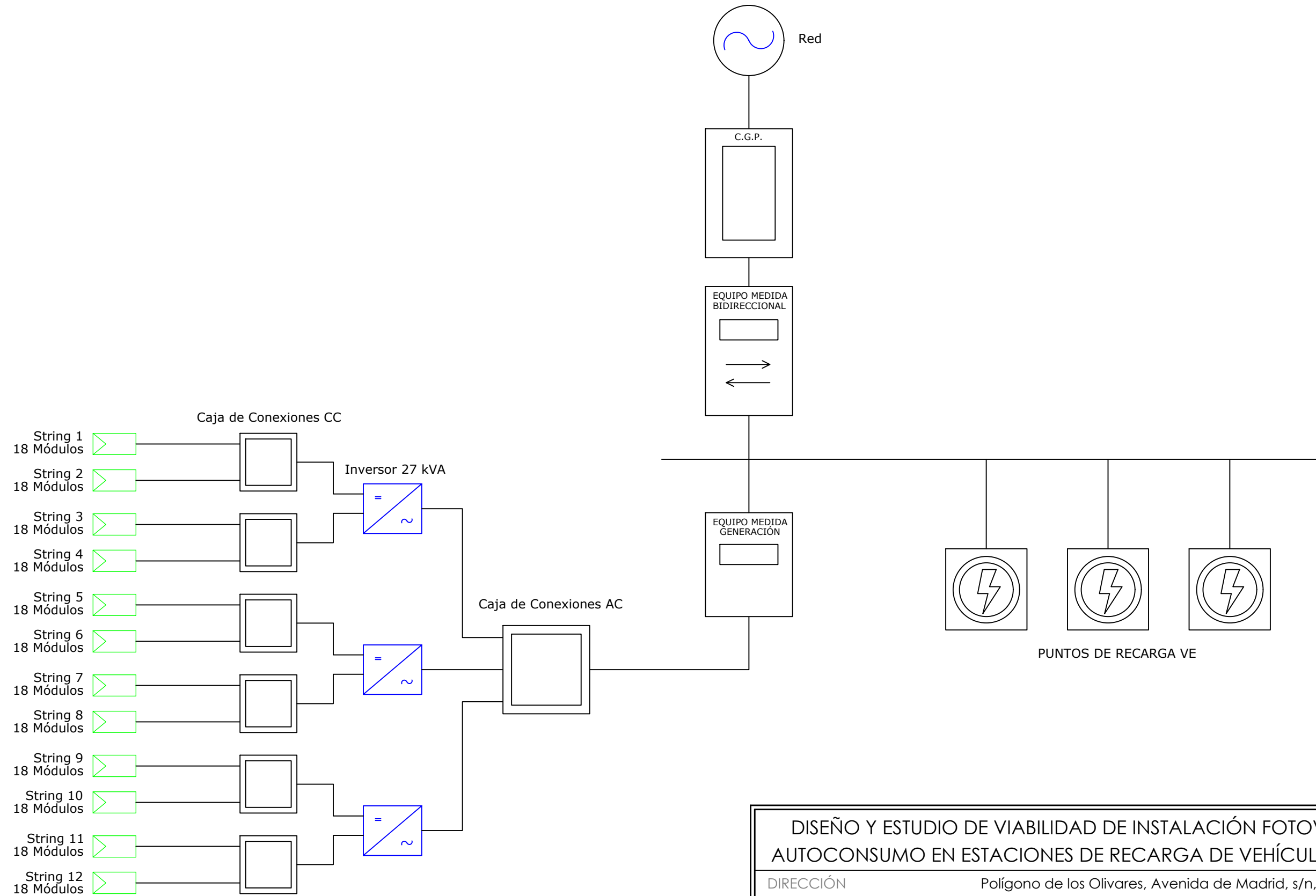
LEYENDA	
	Módulo Fotovoltaico Ja Solar 450W
	Tramo Conductores Subterráneos
	Estación de Recarga del VE
	Inversor Fotovoltaico

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS			
DIRECCIÓN		Polígono de los Olivares, Avenida de Madrid, s/n, 23001 Jaén	
DESIGNACIÓN	Estaciones de Recarga del VE	PLANO Nº	04
FECHA	Jaén, diciembre 2020	ESCALA	1/400
UJa Universidad de Jaén	TRABAJO DE FIN DE MÁSTER. ENERGÍAS RENOVABLES		
	ALUMNO	TUTOR	
	Álvaro Montes Moreno	D. Diego López Talavera	



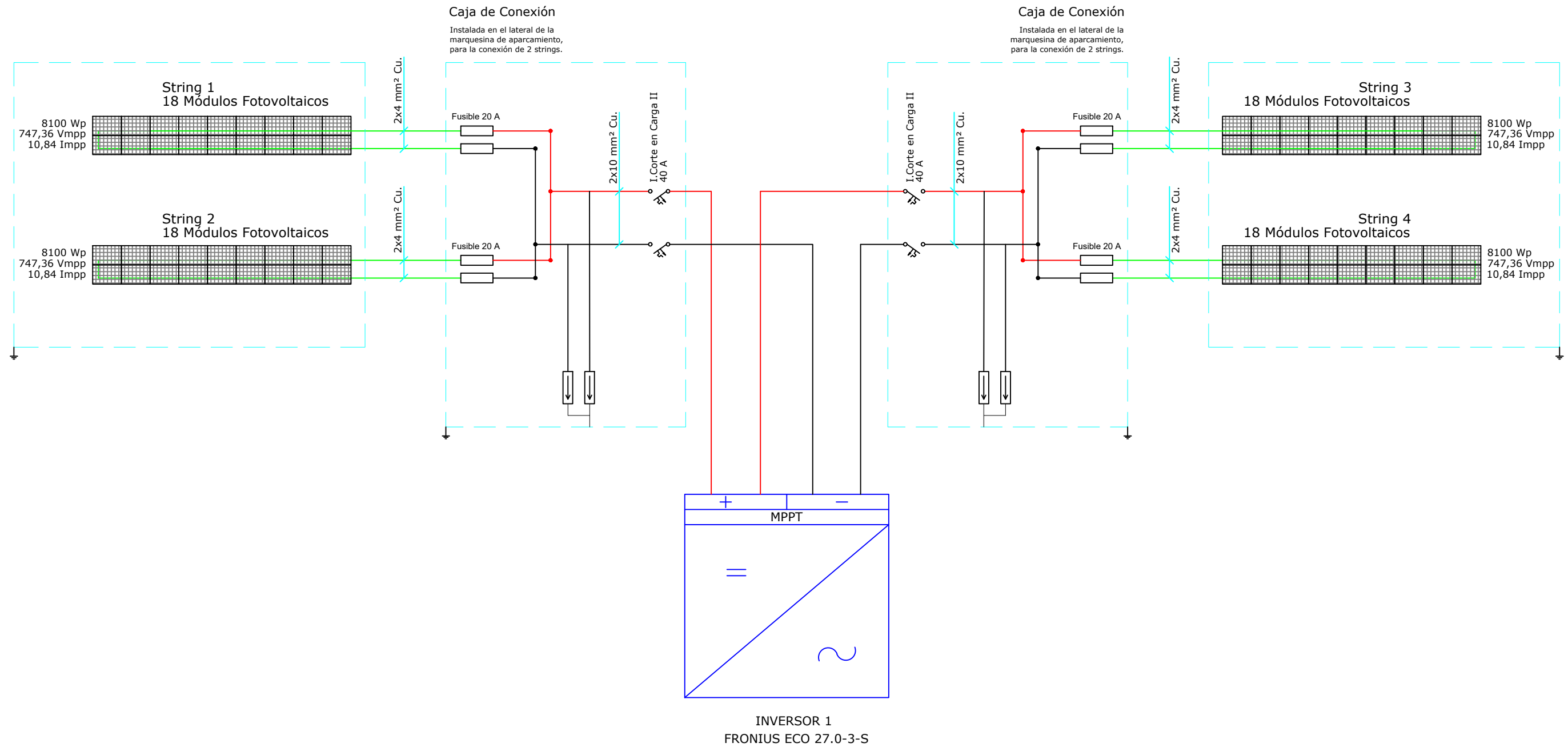
LEYENDA	
	Equipo de Medida de Generación
	Cuadro General de Protección
	Equipo Bidireccional de Medida
	Inversor Fotovoltaico

DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS			
DIRECCIÓN		Polígono de los Olivares, Avenida de Madrid, s/n, 23001 Jaén	
DESIGNACIÓN	Edificio. Disposición de Equipos	PLANO Nº	05
FECHA	Jaén, diciembre 2020	ESCALA	1/2000
UJa Universidad de Jaén		TRABAJO DE FIN DE MÁSTER. ENERGÍAS RENOVABLES	
		ALUMNO Álvaro Montes Moreno	TUTOR D. Diego López Talavera



DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS			
DIRECCIÓN		Polígono de los Olivares, Avenida de Madrid, s/n, 23001 Jaén	
DESIGNACIÓN	Esquema Unifilar General	PLANO N°	06
FECHA	Jaén, diciembre 2020	ESCALA	S/E
UJa Universidad de Jaén	TRABAJO DE FIN DE MÁSTER. ENERGÍAS RENOVABLES		
	ALUMNO	TUTOR	
Álvaro Montes Moreno		D. Diego López Talavera	

GENERADOR FOTOVOLTAICO 1



DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

DIRECCIÓN Polígono de los Olivares, Avenida de Madrid, s/n, 23001 Jaén

DESIGNACIÓN Esquema Unifilar CC: Generador FV 1 PLANO N° 07.1

FECHA Jaén, diciembre 2020 ESCALA S/E

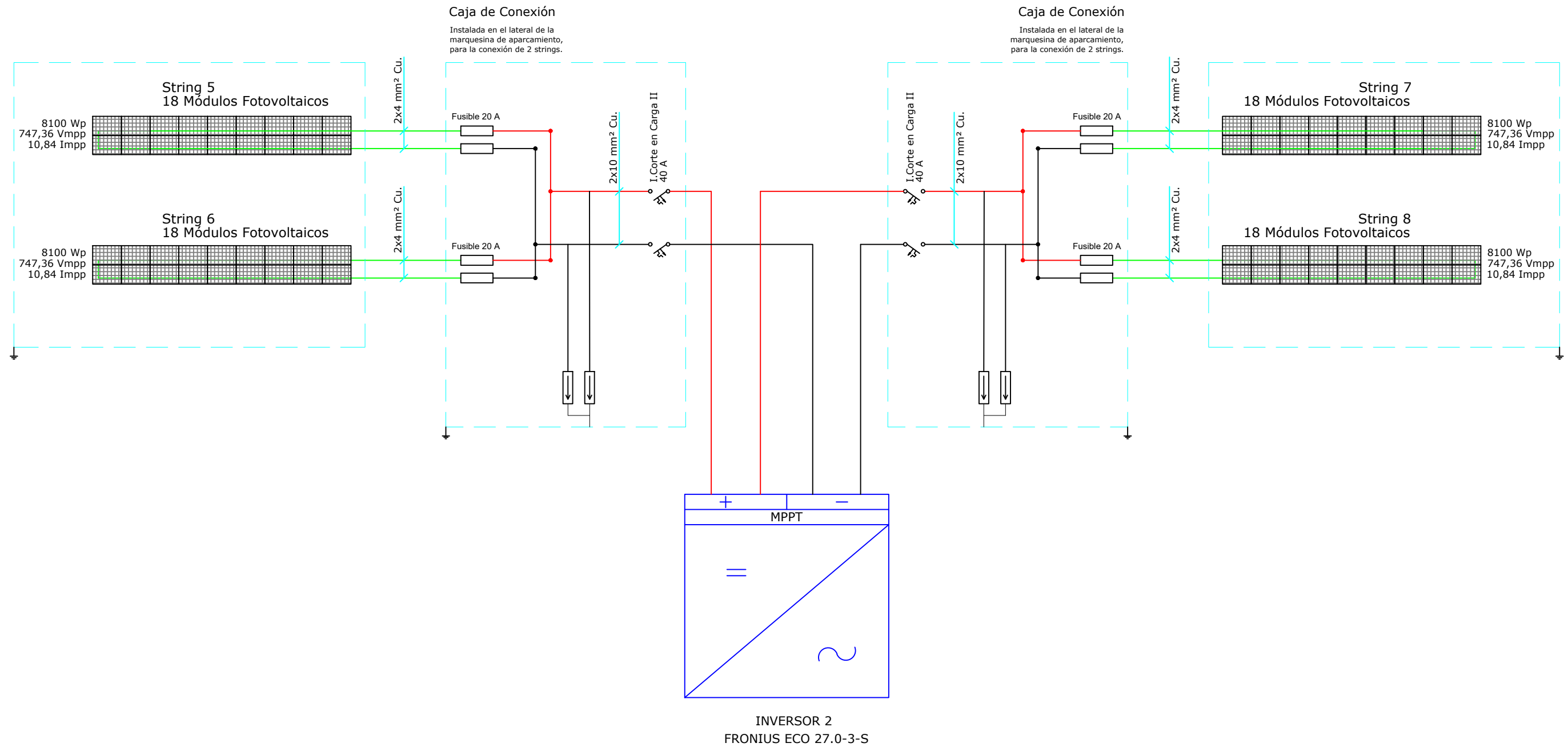
UJa Universidad de Jaén

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER. ENERGÍAS RENOVABLES

ALUMNO
Álvaro Montes Moreno

TUTOR
D. Diego López Talavera

GENERADOR FOTOVOLTAICO 2



DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

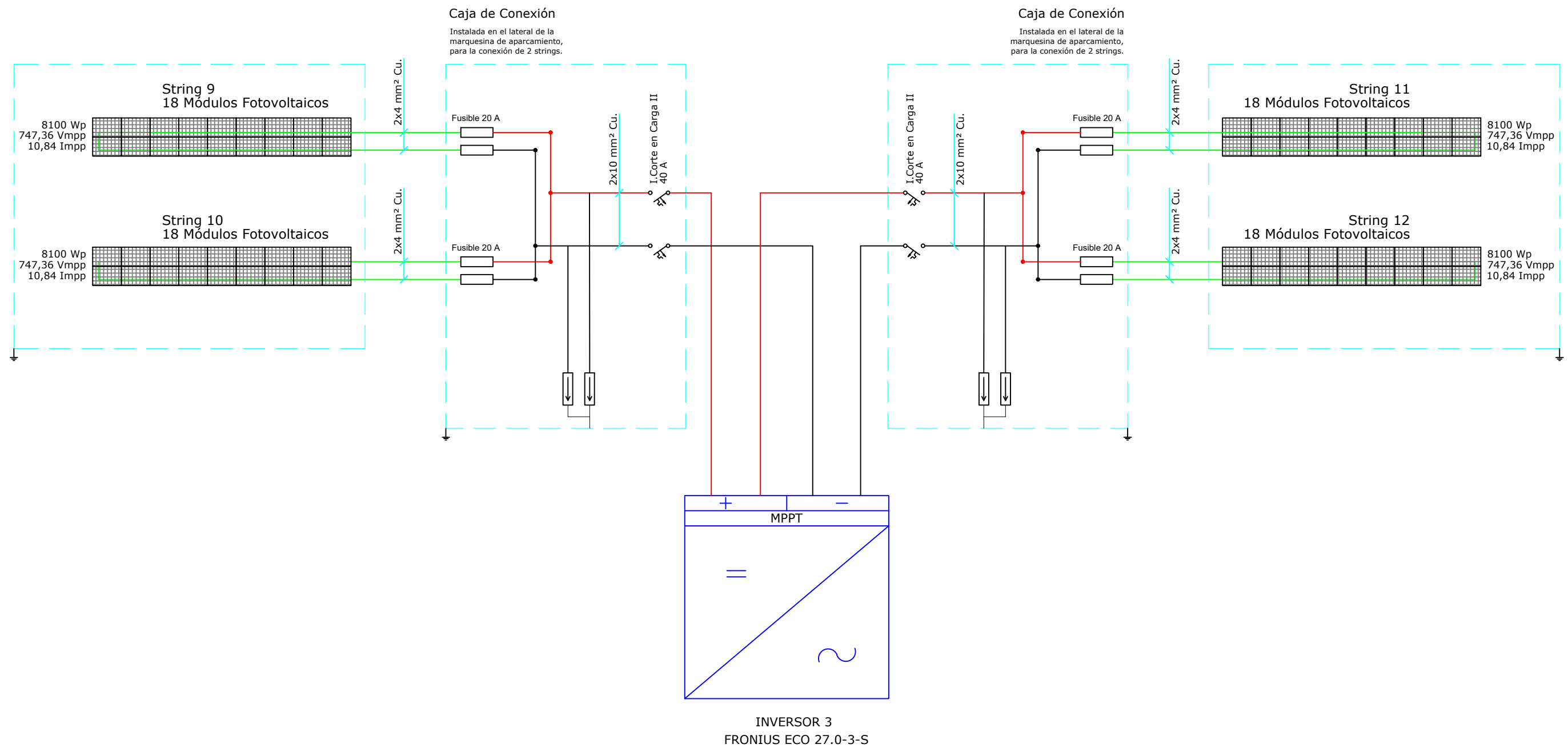
DIRECCIÓN	Polígono de los Olivares, Avenida de Madrid, s/n, 23001 Jaén		
DESIGNACIÓN	Esquema Unifilar CC: Generador FV 2	PLANO N°	07.2
FECHA	Jaén, diciembre 2020	ESCALA	S/E

UJa Universidad de Jaén

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER. ENERGÍAS RENOVABLES

ALUMNO	TUTOR
Álvaro Montes Moreno	D. Diego López Talavera

GENERADOR FOTOVOLTAICO 3



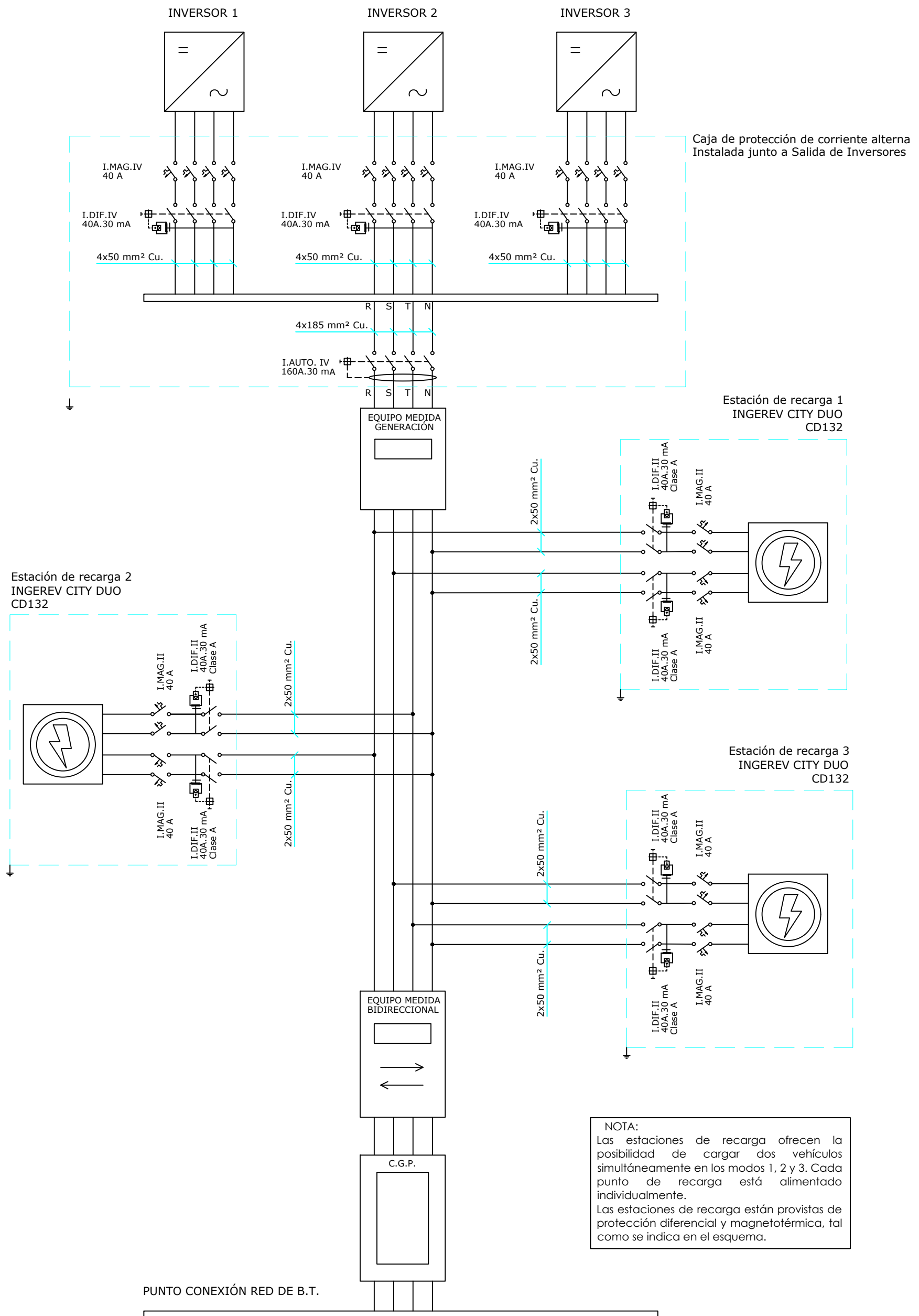
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

DIRECCIÓN	Polígono de los Olivares, Avenida de Madrid, s/n, 23001 Jaén		
DESIGNACIÓN	Esquema Unifilar DC: Generador FV 3	PLANO N°	07.3
FECHA	Jaén, diciembre 2020	ESCALA	S/E

UJa Universidad de Jaén

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER. ENERGÍAS RENOVABLES

ALUMNO	TUTOR
Álvaro Montes Moreno	D. Diego López Talavera



DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

DIRECCIÓN Polígono de los Olivares, Avenida de Madrid, s/n, 23001 Jaén

DESIGNACIÓN Esquema Unifilar AC

PLANO Nº

08

FECHA Jaén, diciembre 2020

ESCALA

S/E

UJa Universidad de Jaén

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER. ENERGÍAS RENOVABLES

ALUMNO

TUTOR

Álvaro Montes Moreno

D. Diego López Talavera



Trabajo Fin de Máster

**DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE
RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

6. HOJAS DE CARACTERÍSTICAS

Alumno: Álvaro Montes Moreno

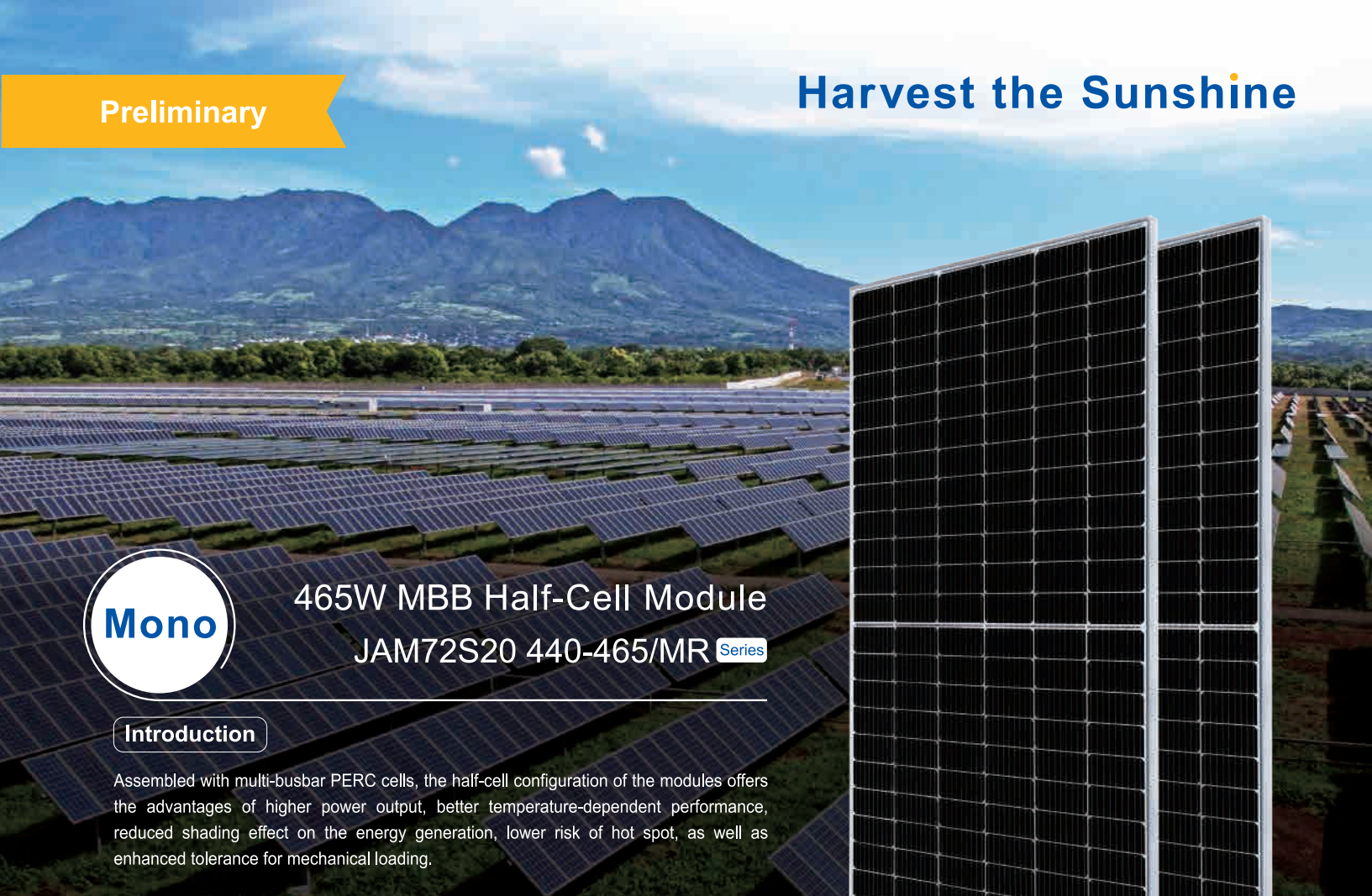
Tutor: D. Diego López Talavera

Fecha: Diciembre 2020

Trabajo Fin de Máster	HOJAS DE CARACTERÍSTICAS	Diciembre, 2020
DISEÑO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO EN ESTACIONES DE RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS		

ÍNDICE HOJAS DE CARACTERÍSTICAS

- 1. MÓDULOS FOTOVOLTÁICOS**
- 2. INVERSORES**
- 3. PUNTOS DE RECARGA DE VE**



465W MBB Half-Cell Module JAM72S20 440-465/MR Series

Introduction

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



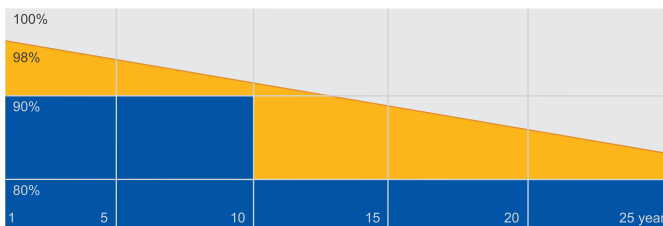
Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



■ JA Linear Power Warranty ■ Industry Warranty

Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



FRONIUS ECO

/ El inversor compacto para proyectos con el máximo rendimiento



/ Tecnología SnapINverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Smart Grid Ready



/ Seguimiento inteligente GMPP



/ Inyección cero



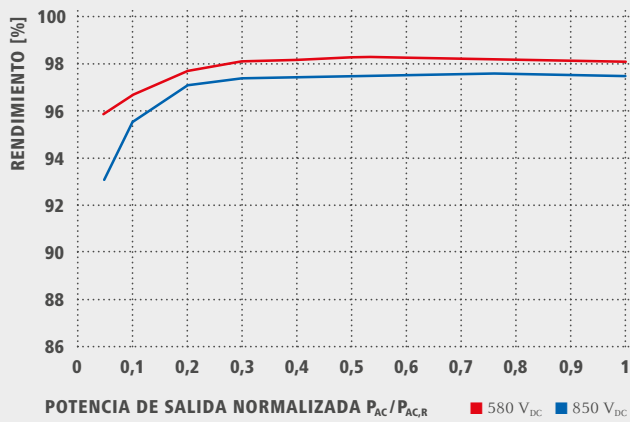
/ El inversor trifásico Fronius Eco con las categorías de potencia entre 25,0 y 27,0 kW, ha sido especialmente diseñado para instalaciones de gran potencia. Este inversor sin transformador, con un peso muy ligero y sistema de montaje SnapINverter, permite una instalación muy rápida y sencilla tanto Indoor como Outdoor. Además, presume de un tipo de protección IP 66. Gracias al portafusibles y a la protección contra sobretensiones (opcional) integrados, no se necesitan cajas de conexión CC o de concentración.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO

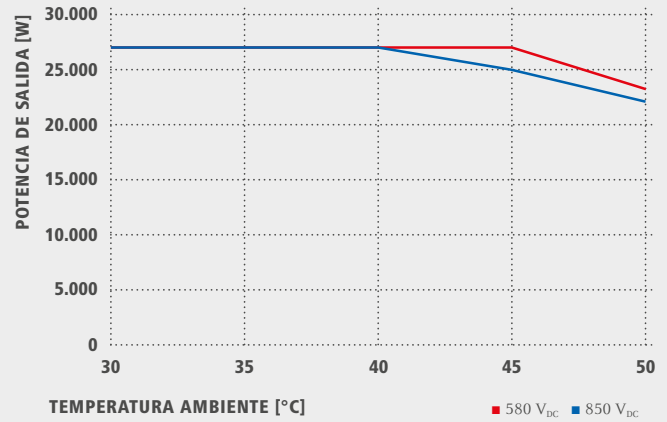
DATOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.}$)	44,2 A	47,7 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV		71,6 A
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)		580 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)		650 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)		580 V
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		580 - 850 V
Número de seguidores MPP		1
Número de entradas CC		6
Máx. salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)		37,8 kW _{pico}
DATOS DE SALIDA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	25.000 W	27.000 W
Máxima potencia de salida	25.000 VA	27.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	36,1 A	39,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 380 V / 220 V o 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / - 30 %)	
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal	< 2,0 %	
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.	
DATOS GENERALES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm	
Peso	35,7 kg	
Tipo de protección	IP 66	
Clase de protección	1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) ¹⁾	1 + 2 / 3	
Consumo nocturno	< 1 W	
Concepto de inversor	Sin transformador	
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada	
Instalación	Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C	
Humedad de aire admisible	0 a 100 %	
Máxima altitud	2.000 m	
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes roscados 2,5 mm ² - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	

¹⁾De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS ECO 27.0.3-S



REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS ECO 27.0.3-S



DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO

RENDIMIENTO	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máximo rendimiento	98,2 %	98,3 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	98,0 %	98,0 %
η con 5 % $P_{AC,r}^{1)}$	95,1 / 91,5 %	95,9 / 93,1 %
η con 10 % $P_{AC,r}^{1)}$	97,0 / 95,2 %	96,8 / 95,7 %
η con 20 % $P_{AC,r}^{1)}$	97,8 / 96,9 %	97,7 / 97,1 %
η con 25 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,0 / 97,0 %	98,1 / 97,3 %
η con 30 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,1 / 97,2 %	98,1 / 97,4 %
η con 50 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,2 / 97,5 %	98,3 / 97,5 %
η con 75 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,2 / 97,5 %	98,2 / 97,6 %
η con 100 % $P_{AC,r}^{1)}$	98,2 / 97,5 %	98,1 / 97,5 %
Rendimiento de adaptación MPP		> 99,9 %

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Medición del aislamiento CC		Si
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC		Si
Portafusibles integrado para string ²⁾		Si
Protección contra polaridad inversa		Si

INTERFACES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)	
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda	
USB (Conector A) ³⁾	Datalogging, actualización de inversores vía USB	
2 conectores RJ 45 (RS422) ³⁾	Fronius Solar Net	
Salida de aviso ³⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)	
Datalogger y Servidor web	Incluido	
Input externo ³⁾	Conexión SO-Meter / Evaluación para la protección contra sobretensión	
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador	

¹⁾ Y con $U_{mpp\ min} = U_{dc,r} / U_{mpp\ máx.}$ ²⁾ Opcionalmente equipado con 6 fusibles 15 A / 1.000 V en el lado positivo. ³⁾ También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

EL PUNTO DE RECARGA DOBLE PARA ENTORNO URBANO

La línea de producto INGEREV® CITY Duo ha sido concebida con un atractivo diseño para formar parte del mobiliario urbano y cuenta con el grado de protección antivandálico y de intemperie necesario para ello.

Estos puntos de recarga han sido diseñados respetando las directrices de la norma internacional IEC 61851, ofreciendo la posibilidad de cargar dos vehículos simultáneamente en los modos 1, 2 y 3 de dicha norma.

La posibilidad de recargar dos vehículos a la vez desde un único equipo permite minimizar los costes de instalación y el impacto estético de estas infraestructuras en la vía pública.

Los puntos de recarga de la gama CITY Duo están disponibles en versión monofásica o trifásica y con potencias comprendidas entre los 7,4 y los 22 kilovatios.

Cada punto INGEREV® CITY Duo está provisto de un robusto sistema de retención y bloqueo de cables para evitar su sustracción por parte de usuarios no autorizados.

En casos de corte de suministro, los puntos de recarga INGEREV® CITY Duo disponen de una batería que les proporciona una autonomía mínima de una hora, garantizando durante ese tiempo la retención del cable.



FUNCIONALIDAD

- Recarga simultánea de dos vehículos en modos 1, 2 y 3 según norma IEC 61851.
- Identificación mediante tarjeta RFID.
- Medida de potencia y de energía (MID).
- Restricción de acceso a usuarios no autorizados.
- Autonomía de funcionamiento en caso de fallo de suministro eléctrico.
- Indicación de estado por señalización LED.
- Display LCD multi-idioma personalizable.
- Potencia de carga regulable.
- Posibilidad de carga diferida.
- Control y configuración local vía RS-485 y USB.
- Control y configuración remota vía Ethernet y 3G (accesorio opcional).
- Compatible con protocolo OCPP (accesorio opcional).
- Pintura con acabado antigrafiti.

INSTALACIÓN

- Instalación sencilla sin necesidad de apertura de mecánica. Compuerta trasera para instalación y mantenimiento, acceso fácil a bornas de acometidas y protecciones.

INGEREV® CITY Duo				
Modos de carga IEC 61851				
Modo 1 y 2	✓			
Modo 3	✓			
Modelo	CD132		CD332	
Alimentación				
Monofásico 230 V / 50 Hz (2P+T)	✓		✓	
Trifásico 400 V / 50 Hz (3P+N+T)	✗		✓	
Corriente máxima por fase (A)	32		32	
Potencia máxima de entrada (kW)	7,4 ⁽¹⁾	14,8 ⁽²⁾	22 ⁽¹⁾	44 ⁽²⁾
Tomas de corriente				
Schuko CEE 7/4 Tipo E/F (opcional)	2 x 10 A		2 x 10 A	
IEC 62196-2 Tipo 2	2 x 32 A		2 x 32 A	
Potencia máxima de salida en Modo 3 (kW) ⁽³⁾	3,7 / 7,4	7,4 / 7,4	11 / 22	22 / 22
Tipo de conexión IEC 61851	Caso Conexión B			
Temperatura de funcionamiento	-25 °C a +50 °C			
Humedad relativa	<95%			
Datos Generales				
Protección diferencial y magnetotérmica	Diferencial 30 mA Clase A + Magnetotérmico Curva C (autorearmable opcional) ⁽⁴⁾			
Detector fugas DC (equivalente diferencial Tipo B)	Opcional			
Medida de energía	2 x Contador MID			
Lector RFID	ISO 14443A / Mifare / Desfire - 13,56 MHz			
Comunicaciones locales	RS-485 / USB			
Comunicaciones remotas	Ethernet / 3G (accesorio opcional)			
OCPP	Open Charging Point Protocol (precisa accesorio opcional comunicaciones remotas)			
Grado de protección ambiental	IP54			
Grado de protección anti-vandálica	IK10			
Directivas	Baja Tensión: 2014/35/EU EMC: 2014/30/EU			
Autonomía de funcionamiento (sin alimentación AC)	1 hora modo batería			
Carcasa	Poliuretano - Antigrafitti			
Dimensiones (alto x ancho x fondo)	1.455 x 257 x 254 mm			
Peso	40 kg			

Notas: ⁽¹⁾ La potencia de entrada se reparte entre las tomas Modo 3 en uso ⁽²⁾ Cada toma Modo 3 tiene disponible su potencia máxima ⁽³⁾ Máxima potencia por toma Modo 3 con ambas tomas en uso / Máxima potencia por toma Modo 3 con una sola toma en uso ⁽⁴⁾ Consultar opciones según modelo.

