



MASTER EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE MASTER

Estudio de viabilidad de proyecto fotovoltaico y biomasa de
una finca agraria

Autor: **Ignacio Conradi Fajardo**

Director: **María del Mar Cledera Castro**

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Estudio de viabilidad de proyecto fotovoltaico y biomasa de una finca agraria en la ETS de
Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2023/24es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Ignacio Conradi Fajardo Fecha: 01/ 03/2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: María del Mar Cledera Castro

Fecha: 08. 07. 2024
...../...../.....



MASTER EN INGENIERÍA DE LAS TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Estudio de viabilidad de proyecto fotovoltaico y biomasa de
una finca agraria

Autor: Ignacio Conradi Fajardo

Director: María del Mar Cledera Castro

Madrid

Agradecimientos

A toda mis familiares y amigos que me han apoyado durante todos mis años de formación académica.

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE PROYECTO FOTOVOLTAICO Y BIOMASA DE UNA FINCA AGRARIA

Autor: Conradi Fajardo, Ignacio.

Director: Cledera Castro, María del Mar

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El Proyecto se centra en la implementación de una planta fotovoltaica en una finca agraria y el uso de la poda de los olivos para su venta como biomasa. Se ha realizado el dimensionamiento y diseño de la planta, posteriormente realizando una simulación en el software PVsyst para obtener la producción energética. También se ha calculado las toneladas de biomasa producida. Finalmente se ha realizado un estudio económico para sacar las conclusiones.

1. Introducción

El presente trabajo se centra en evaluar la viabilidad técnica y financiera de un proyecto de energías renovables que combina tecnología fotovoltaica y de biomasa. En un contexto de creciente preocupación por el cambio climático y la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, la implementación de fuentes de energía sostenibles se ha vuelto esencial. Este proyecto no solo busca contribuir a la generación de energía limpia, sino también ofrecer una solución económicamente rentable y tecnológicamente avanzada para enfrentar los desafíos energéticos actuales.

2. Definición del proyecto

El proyecto contempla la instalación de una planta híbrida que combina un sistema fotovoltaico para la generación de electricidad y la utilización de la poda de los olivos de la finca para su conversión en biomasa. La capacidad instalada de la planta fotovoltaica se basa en paneles solares de alta eficiencia, mientras que la biomasa obtenida se venderá a una planta de Andalucía para producir energía mediante un proceso de combustión controlada. La finalidad es maximizar la producción de energía y asegurar una operación continua y sostenible de una forma rentable.

Para la definición de la planta fotovoltaica se han elegido primero los elementos fotovoltaicos. Se utilizarán entre otros componentes fotovoltaicos paneles solares tipo Tiger Neo N-type 72HL4-(V), conocidos por su alta eficiencia y durabilidad. A través de la herramienta PVGIS de la Unión Europea se ha determinado según las coordenadas de la finca y el tipo de placa una inclinación de 34 grados y un Angulo de Azimut de 0 grados (orientación al sur) para la producción óptima de energía. Se calculan las distancias mínimas entre filas de paneles de 13,8 metros para que no se produzcan sombras entre ellos. También se define una distancia lateral de 4 metros para facilitar el paso entre ellos y poder realizar tareas de seguimiento y mantenimiento.

En cuanto al tipo de montaje, se ha realizado un estudio entre las diferentes alternativas actuales, siendo seleccionada la fija. Esta elección se debe a que es la de menor coste tanto en su inversión inicial como en el mantenimiento, y menos compleja.

Se realiza también un estudio de las diferentes parcelas disponibles para construir la planta, teniendo en cuenta como criterios la inclinación, el tipo de terreno y el área total disponible para construir las placas. Finalmente se elige la subparcela 34, que cuenta con un total de 42 hectáreas que cumplen con los criterios exigidos para un proyecto de estas dimensiones.

Utilizando la herramienta AUTOCAD, se ha diseñado la planta en la parcela, teniendo en cuenta el tamaño de los módulos fotovoltaicos y las distancias mínimas calculadas. Se determina que el número de paneles es de 2.880, estando cada panel compuesto por 24 módulos fotovoltaicos.

Para el análisis del proyecto de biomasa, se ha calculado el número de toneladas de poda que se producirán anualmente. Inicialmente, a partir del diseño del marco de plantación de los olivos en la finca, se ha determinado el número de olivos por hectárea. Esto se logró al analizar la disposición de los olivos y calcular el área que ocupa cada uno de ellos.

Considerando datos históricos y específicos sobre las edades y el tipo de olivo presente en la finca, se ha estimado que cada olivo generará aproximadamente 25 kilos de poda al año. Este cálculo incluye tanto la poda sanitaria, como la poda regenerativa. Una vez obtenida la cantidad de poda por olivo, se ha multiplicado este valor por el número de olivos presentes en una hectárea. Para obtener el total de poda producido en toda la finca, se ha multiplicado la cantidad de kilos de poda por hectárea por el total de hectáreas cultivadas con olivos.

Posteriormente, a partir del software PVsyst se ha calculado la energía eléctrica producida que se venderá a red eléctrica. También se vende las toneladas producidas biomasa. Todos los datos económicos se introducen en un modelo desarrollado en Excel para poder analizar la viabilidad económica del proyecto.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

Parámetros de simulación		Generador FV	
Proyecto	La gomera TFM	Módulos FV	JKM-525M-72HL4-TV InversoIngecon Sun 3600TL C480 Preliminary
Sitio	El Saucejo	Potencia nominal	28829 kWp Inv. unidad de potencia 2245 kW
Tipo sistema	Conectado a la red	Voltaje MPP	40.6 V Núm. de inv. 10
Simulación	01/01 al 31/12 (Datos meteo genéricos)	Corriente MPP	12.9 A

Figura 1 Parámetros de simulación de la herramienta PVsyst

Para la simulación de la planta fotovoltaica se ha utilizado PVsyst. Se trata de un software de simulación y análisis para sistemas fotovoltaicos, utilizado para diseñar y optimizar instalaciones solares desde pequeñas a grandes escalas. Se han introducido todos los datos de entrada previamente calculados del dimensionamiento y tipo de elemento fotovoltaicos elegidos, así como la orientación, la inclinación y tipo de montaje. También el diseño de la planta, con el número de estructuras obtenidas. También se introduce la localización de la planta. Este programa incorpora una base de datos meteorológica extensa y herramientas avanzadas para evaluar pérdidas por sombreado, orientación y otros factores. A partir de estos datos de entrada el software es capaz de realizar un informe extenso analizando los outputs de la planta, como la eficiencia, perdidas y producción mensual, siendo el dato más reseñable la producción de energía eléctrica anual.

Por otra parte, se ha desarrollado un modelo financiero considerando una serie de factores críticos para garantizar la viabilidad del proyecto a largo plazo, incluyendo la inversión inicial, costos operativos, ingresos proyectados y estrategias de financiamiento. Teniendo en cuenta el proyecto y sus dimensiones, se han realizado los cálculos económicos para una vida de proyecto de 40 años.

Se calculado de una forma detalla y definida los costos de la inversión inicial (CAPEX) y los costes de implementación (OPEX). Para los ingresos se ha tenido en cuenta el precio de

la energía por Mwh dado por Red eléctrica y un precio por tonelada de biomasa de 60 euros. Tanto los costes de implantación como los ingresos se ven afectados por una inflación inicial para los dos primeros años del 3% u una constante para el resto del 2%. Los costes de la inversión inicial tienen una amortización anual.

Para poder asumir el coste de la inversión inicial, se acuerda un préstamo francés con un banco. El préstamo se paga a 10 años, con un interés del 5% y una cuota anual constante. Se decide pagarlo en 10 años porque es asumible debido a los ingresos del proyecto y de esta manera obtener unas mejores condiciones para el préstamo.

Se calcula la cuenta de resultados teniendo en cuenta el EBITDA, gastos financieros amortización e impuesto de sociedades (35%) para calcular el beneficio neto. Finalmente se calculan los cash flows operativos, del proyecto y de los accionistas necesarios para obtener la TIR del proyecto y poder analizar la viabilidad económica.

4. Análisis de Resultados

Resultados principales			
Producción del sistema	49647 MWh/año	Prod. normalizada	4.72 kWh/kWp/día
Prod. específica	1722 kWh/kWp/año	Pérdidas del conjunto	0.82 kWh/kWp/día
Proporción de rendimiento	0.838	Pérdidas del sistema.	0.10 kWh/kWp/día

Figura 2 Resultados principales de la simulación

En términos de producción energética, el proyecto es capaz de generar 49.647 MWh anuales. Esta producción no solo contribuye a la sostenibilidad energética, sino que también ayuda a cumplir con los objetivos de reducción de emisiones de carbono. La elección de los componentes y terreno y el diseño de la planta contribuye a una eficiencia operativa del 84% y una producción energética confiable y sostenida a lo largo del año.

TIR ACCIONISTAS	17,37%
TIR PROYECTO	12,87%
PAYBACK PROYECTO	8,19 años

Tabla 1 Resultados del estudio económico

El análisis financiero del proyecto de energías renovables muestra resultados sólidos y atractivos. La Tasa Interna de Retorno (TIR) para los accionistas es del 17,37%, lo que indica un rendimiento elevado de la inversión. La TIR del proyecto es del 12,87%, superior al costo de la deuda del 3,25%, lo que confirma su viabilidad y capacidad para generar valor. Además, el periodo de recuperación de la inversión (payback) es de 8,19 años, un plazo razonable para este tipo de proyectos, lo que sugiere que comenzará a generar beneficios netos en un tiempo adecuado. Estos resultados resaltan la robustez financiera y la viabilidad técnica del proyecto, haciendo de él una opción atractiva para los inversores.

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE PROYECTO FOTOVOLTAICO Y BIOMASA DE UNA FINCA AGRARIA

Autor: Conradi Fajardo, Ignacio.

Director: **Cledera Castro, María del Mar**

Entidad Colaboradora: **ICAI – Universidad Pontificia Comillas**

PROJECT SUMMARY

The project focuses on the implementation of a photovoltaic plant on an agricultural farm and the use of olive pruning for sale as biomass. The sizing and design of the plant has been carried out, followed by a simulation in the PVsyst software to obtain the energy production. The tonnes of biomass produced were also calculated. Finally, an economic study was carried out to draw conclusions.

1. Introduction

This paper focuses on assessing the technical and financial feasibility of a renewable energy project combining photovoltaic and biomass technology. In a context of growing concern about climate change and the need to reduce dependence on fossil fuels, the implementation of sustainable energy sources has become essential. This project aims not only to contribute to clean energy generation, but also to offer an economically cost-effective and technologically advanced solution to today's energy challenges.

2. Definición del proyecto

The project involves the installation of a hybrid plant combining a photovoltaic system for electricity generation and the use of the pruning of the olive trees on the farm for conversion into biomass. The installed capacity of the photovoltaic plant is based on high-efficiency solar panels, while the biomass obtained will be sold to a plant in Andalusia to produce energy through a controlled combustion process. The aim is to maximise energy production and ensure continuous and sustainable operation in a cost-effective manner.

For the definition of the photovoltaic plant, the photovoltaic elements have been chosen first. Tiger Neo N-type 72HL4-(V) solar panels, known for their high efficiency and durability, will be used. Using the PVGIS tool of the European Union, an inclination of 34 degrees and an azimuth angle of 0 degrees (south-facing) have been determined according to the coordinates of the farm and the type of panel for optimal energy production. The minimum distances between rows of panels of 13.8 metres are calculated so that no shadows are produced between them. A lateral distance of 4 metres is calculated to facilitate the passage between them and to be able to carry out monitoring and maintenance tasks.

As for the type of installation, a study was carried out among the different current alternatives, and the fixed installation was selected. This choice is due to the fact that it is the cheapest, both in terms of initial investment and maintenance, and the least complex.

A study of the different plots available to build the plant was also carried out, taking into account the slope, the type of terrain and the total area available to build the panels. Finally, subplot 34 was chosen, which has a total of 42 hectares that meet the criteria required for a project of this size.

Using the AUTOCAD tool, the plant has been designed on the plot, taking into account the size of the photovoltaic modules and the minimum distances calculated. The number of panels is determined to be 2,880, each panel consisting of 24 photovoltaic modules.

For the analysis of the biomass project, the number of tonnes of pruning to be produced annually has been calculated. Initially, the number of olive trees per hectare was determined from the design of the planting framework of the olive trees on the farm. This was achieved by analysing the layout of the olive trees and calculating the area occupied by each tree.

Considering historical and specific data on the age and type of olive trees present on the farm, it has been estimated that each olive tree will generate approximately 25 kilos of pruning per year. This calculation includes both sanitary pruning and regenerative pruning. Once the amount of pruning per olive tree has been obtained, this value has been multiplied by the number of olive trees present in a hectare. To obtain the total pruning produced on the whole farm, the number of kilos of pruning per hectare was multiplied by the total number of hectares cultivated with olive trees.

Subsequently, using the Pvsyst software, the electrical energy produced to be sold to the electricity grid was calculated. The tonnes of biomass produced are also sold. All the economic data are entered into a model developed in Excel to be able to analyse the economic viability of the project.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

Parámetros de simulación		Generador FV	
Proyecto	La gomera TFM	Módulos FV	JKM-525M-72HL4-TV InversoIngecon Sun 3600TL C480 Preliminary
Sitio	El Saucejo	Potencia nominal	28829 kWp Inv. unidad de potencia 2245 kW
Tipo sistema	Conectado a la red	Voltaje MPP	40.6 V Núm. de inv. 10
Simulación	01/01 al 31/12 (Datos meteo genéricos)	Corriente MPP	12.9 A

Figura 3 Pvsyst tool simulation parameters

Pvsyst was used for the simulation of the photovoltaic plant. This is a simulation and analysis software for photovoltaic systems, used to design and optimise solar installations from small to large scales. All previously calculated input data of the chosen dimensioning and type of PV elements, as well as the orientation, inclination and type of mounting were entered. Also the design of the plant, with the number of structures obtained. The location of the plant is also entered. This program incorporates an extensive meteorological database and advanced tools to evaluate losses due to shading, orientation, and other factors. From this input data, the software is able to produce an extensive report analysing the plant's outputs, such as efficiency, losses and monthly production, the most important data being the annual electrical energy production.

Furthermore, a financial model has been developed considering several critical factors to ensure the long-term viability of the project, including initial investment, operating costs, projected revenues and financing strategies. Considering the project and its size, economic calculations have been made for a project life of 40 years.

The initial investment costs (CAPEX) and the implementation costs (OPEX) have been calculated in a detailed and defined way. For revenues, the energy price per MWh given by the electricity grid and a price per tonne of 60 euros have been considered. Both implementation costs and revenues are affected by an initial inflation rate of 3% for the first two years and a constant 2% for the remaining years. The initial investment costs are amortised annually.

In order to cover the cost of the initial investment, a French loan is agreed with a bank. The loan is repayable over 10 years, with an interest rate of 5% and a constant annual instalment. It is decided to pay it in 10 years because it is affordable due to the income of the project and in this way to obtain better conditions for the loan.

The income statement is calculated considering EBITDA, financial expenses, depreciation and corporate tax (35%) to calculate the net profit. Finally, the operating, project and shareholder cash flows are calculated to obtain the IRR of the project and to be able to analyse the economic viability.

4. Resultados

Resultados principales			
Producción del sistema	49647 MWh/año	Prod. normalizada	4.72 kWh/kWp/día
Prod. específica	1722 kWh/kWp/año	Pérdidas del conjunto	0.82 kWh/kWp/día
Proporción de rendimiento	0.838	Pérdidas del sistema.	0.10 kWh/kWp/día

Figura 4 Main results of the simulation

In terms of energy production, the project is capable of generating 49,647 MWh per year. This output not only contributes to energy sustainability, but also helps to meet carbon emission reduction targets. The choice of components and land and the design of the plant contribute to an operational efficiency of 84% and a reliable and sustained energy production throughout the year.

TIR ACCIONISTAS	17,37%
TIR PROYECTO	12,87%
PAYBACK PROYECTO	8,19 años

Tabla 2 Results of the economic study

The financial analysis of the renewable energy project shows solid and attractive results. The Internal Rate of Return (IRR) for shareholders is 17.37%, indicating a high return on investment. The IRR of the project is 12.87%, higher than the cost of debt of 3.25%, confirming its viability and ability to generate value. In addition, the payback period is 8.19 years, a reasonable timeframe for this type of project, suggesting that it will start generating net profits in an appropriate timeframe. These results highlight the financial robustness and technical feasibility of the project, making it an attractive option for investors.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	6
1.1 Motivación del proyecto	6
1.2 Evolución nacional y regional de las energías renovables.....	7
1.3 Alineación con los ODS.....	10
1.4 Información sobre la finca	12
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	14
2.1 Biomasa.....	14
2.2 Placas fotovoltaicas.....	17
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	20
3.1 Energía Fotovoltaica	20
3.2 Biomasa.....	21
3.3 Integración de fotovoltaica y biomasa	22
3.4 Análisis Técnico-Económico	22
3.5 Contexto Local.....	23
3.6 Conclusiones y Recomendaciones	23
Capítulo 4. Normativa	24
Capítulo 5. Diseño y Simulación Planta Fotovoltaica	27
5.1 Elección de Terreno	27
5.2 Dimensionamiento	32
5.2.1 Módulos Fotovoltaicos.....	32
5.2.2 Inversores.....	34
5.2.3 Tipo de soporte y estructura.....	36
5.2.4 Inclinación e orientación de las placas.....	39
5.3 Distribución y número de placas.....	43
5.4 Calculo y Análisis de resultados	47
5.4.1 Definición del proyecto en PVsyst	47
5.4.2 Resultados Obtenidos.....	50
Capítulo 6. Cálculo técnico Biomasa.....	63

6.1 Modelos de Plantación y Técnicas de Poda	63
6.2 Cálculo de volumen de biomasa	65
Capítulo 7. Estudio Económico.....	68
7.1 Capex.....	69
7.2 Opex	72
7.3 Ingresos Anuales	75
7.4 Costes	76
7.5 Préstamo Bancario	79
7.6 Cuenta de resultados	80
7.7 TIR y Cashflows	83
Capítulo 8. Conclusiones y Trabajos Futuros	87
Capítulo 9. Bibliografía.....	90
ANEXO I 93	
9.1 Información sobre los componentes seleccionados	94
9.2 Resumen de la simulación.....	97
9.3 Modelo económico.....	109
9.3.1 Variables	109
9.3.2 Ingresos	109
9.3.3 Costes	109
9.3.4 Cuenta de resultados.....	110
9.3.5 Préstamo.....	111
9.3.6 Cash flows, TIR y payback.....	111

Índice de figuras

Figura 1 Parámetros de simulación de la herramienta PVsyst	9
Figura 2 Resultados principales de la simulación	10
Figura 3 Pvsyst tool simulation parameters	12
Figura 4 Main results of the simulation	13
Figura 5 Evolución Energía renovables en España [1].....	9
Figura 6 Mapa de la finca	13
Figura 7 Producción de biomasa por países de la unión Europea [3].....	16
Figura 8 Capacidad fotovoltaica instalada por países de la UE [4].....	18
Figura 9 Parcela 41	30
Figura 10 Parcela 34	31
Figura 11 Estructura fotovoltaica	39
Figura 12 Ángulo de Azimut [12]	40
Figura 13 Perfil de horizonte	42
Figura 14 Resultado de simulación PVGIS	42
Figura 15 Distancia mínima [13].....	43
Figura 16 Subparcelas a y f	45
Figura 17 Diseño de la planta fotovoltaica	46
Figura 18 Inicio de Proyecto en PVsyst	48
Figura 19 Ángulo de Azimut e inclinación	48
Figura 20 Selección de componentes fotovoltaicos	49
Figura 21 Diseño de conjunto.....	49
Figura 22 Resultados principales de simulación	50
Figura 23 Diagrama entrada/salida diaria.....	53
Figura 24 Energía útil mensual.....	54
Figura 25 Proporción de rendimiento	55
Figura 26 Distribución de potencia de salida del sistema	57

Figura 27 Temperatura del conjunto vs irradiancia efectiva	58
Figura 28 Pérdidas del sistema	60
Figura 29 Evolución de ingresos	76
Figura 30 Evolución de costes	78
Figura 31 Evolución BDI	82

Índice de tablas

Tabla 1 Resultados del estudio económico.....	10
Tabla 2 Results of the economic study	13
Tabla 3 Subparcelas de la parcela 41	30
Tabla 4 Subparcelas de la parcela 34.....	32
Tabla 5 Módulos fotovoltaicos	33
Tabla 6 Inversor.....	36
Tabla 7 tipos de montaje.....	37
Tabla 8 CAPEX	70
Tabla 9 OPEX.....	73
Tabla 10 Ingresos.....	75
Tabla 11 Costes	77
Tabla 12 Préstamo bancario	79
Tabla 13 Cuenta de resultados	80
Tabla 14. Flujos de caja	84
Tabla 15 Payback y TIR	85

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

En respuesta a la creciente urgencia de adoptar prácticas agrícolas y energéticas más sostenibles, este proyecto se sumerge en una exploración detallada con el propósito de evaluar la factibilidad integral de la implementación de soluciones renovables en la extensa finca de olivos, abarcando una extensión de 400 hectáreas en entre los pueblos de Osuna y El Saucejo. Este trabajo no solo se concentra en analizar la viabilidad técnica, económica y legal de la instalación de placas fotovoltaicas, sino que también se incluye la evaluación del potencial aprovechamiento de la biomasa derivada de los olivos plantados en la fina.

La convergencia estratégica de estas dos fuentes de energía renovable no solo se presenta como una oportunidad para optimizar la eficiencia operativa de nuestra finca, sino que también aspira a alinear las prácticas con los rigurosos estándares ambientales y de sostenibilidad que caracterizan la era actual. Este enfoque multidimensional no solo busca abordar necesidades energéticas, sino que también se plantea como un compromiso tangible con la reducción de la huella ambiental asociada con la agricultura y la producción de energía.

En un contexto global, la imperiosa necesidad de transitar hacia prácticas agrícolas sostenibles se ha consolidado como una prioridad ineludible. A nivel nacional, la introducción proactiva de soluciones de energía renovable no solo pretende beneficiar nuestro entorno inmediato, sino que también se propone con un enfoque para contribuir a los objetivos más amplios de sostenibilidad y gestión responsable de la tierra.

Más allá de los beneficios ambientales evidentes, este proyecto se inmiscuye profundamente en el análisis del potencial económico inherente a esta iniciativa innovadora. La generación de energía renovable y la gestión eficiente de la biomasa no solo presentan ventajas ambientales, sino que también abren ventanas de oportunidad económica que podrían tener un impacto sustancial en la salud financiera y la viabilidad a largo plazo de la finca. Este enfoque, que busca poder generar beneficios ambientales y económicos, refleja el compromiso integral con la sostenibilidad y la responsabilidad hacia las generaciones futuras, consolidando nuestro papel como pioneros en la adopción de prácticas agrícolas y energéticas verdaderamente sostenibles.

1.2 EVOLUCIÓN NACIONAL Y REGIONAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

A nivel nacional y regional, con un enfoque específico en Andalucía, la evolución de las energías renovables ha experimentado notables transformaciones en las últimas décadas. En el contexto español, se ha observado un crecimiento significativo en la adopción de fuentes de energía limpia, en gran medida impulsado por la creciente conciencia ambiental, los avances tecnológicos y las políticas gubernamentales.

En España, se han implementado diversas medidas para fomentar el desarrollo de energías renovables, como la solar, eólica y biomasa. La creación de marcos regulatorios favorables, subsidios y programas de incentivos ha propiciado un aumento sustancial en la capacidad instalada de energías renovables a nivel nacional. La transición hacia un sistema eléctrico más sostenible se ha convertido en una prioridad estratégica, alineándose con los compromisos internacionales en la lucha contra el cambio climático.

Andalucía, como región líder en la producción de energía renovable en España, ha desempeñado un papel fundamental en esta evolución. Con su abundante recurso solar y vientos favorables, la región ha experimentado un auge en la instalación de parques solares y parques eólicos. La capacidad de generación eléctrica a partir de fuentes renovables en

Andalucía ha experimentado un crecimiento sustancial, contribuyendo de manera significativa a la matriz energética de la región y del país en general.

La investigación y desarrollo de tecnologías renovables también ha encontrado un terreno fértil en Andalucía, con instituciones académicas y centros de investigación trabajando en colaboración con la industria para impulsar la innovación en el sector. Además, la creación de empleo en la industria de las energías renovables ha sido un aspecto positivo, fortaleciendo la economía regional y brindando oportunidades laborales en áreas como la instalación, mantenimiento y desarrollo de proyectos renovables.

No obstante, persisten desafíos, como la necesidad de mejorar la capacidad de almacenamiento de energía, la modernización de la red eléctrica para integrar eficientemente las fuentes intermitentes y la optimización de políticas para garantizar la estabilidad a largo plazo del sector.

En términos cuantitativos, la evolución de energía bruta en tonelada equivalentes a petróleo en España por fuente sigue la siguiente segmentación [1].

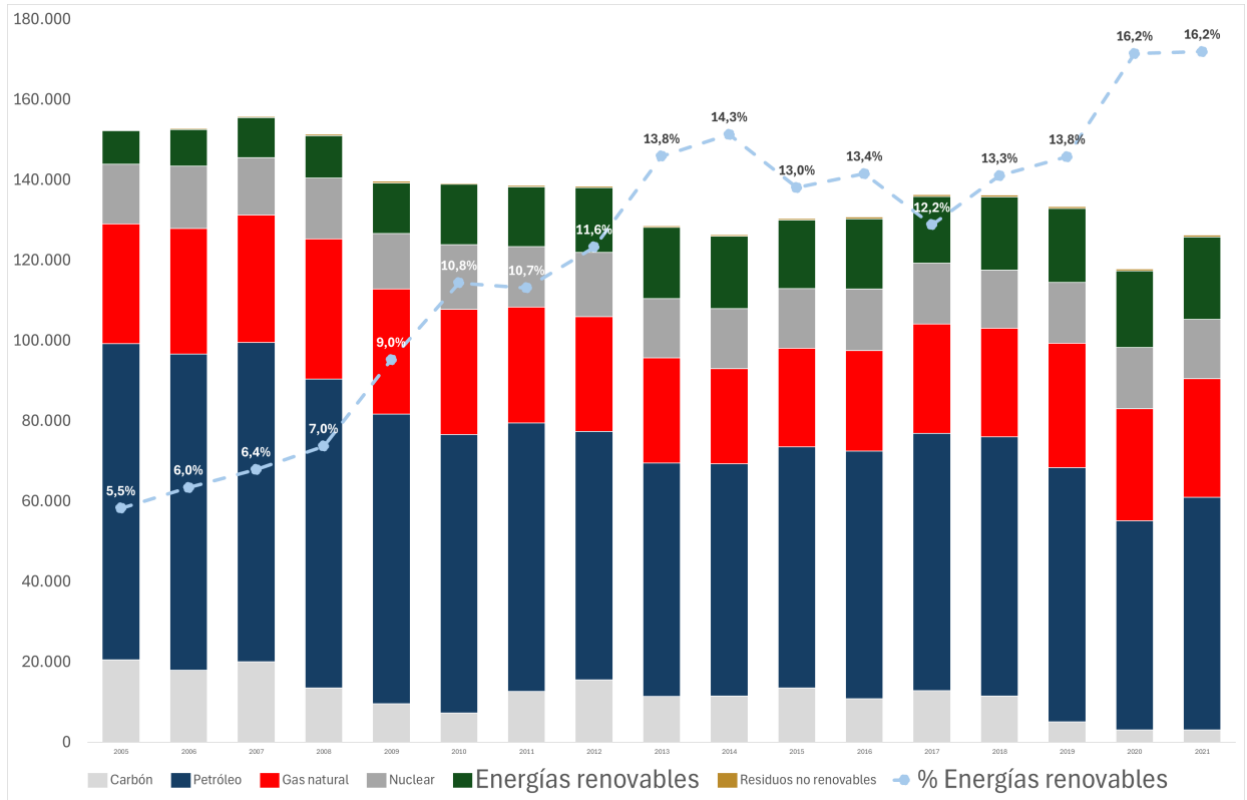


Figura 5 Evolución Energía renovables en España [1]

Según los cálculos mostrados, se ha producido un crecimiento de más del 195% en el porcentaje que representa las energías renovables sobre el total. En términos cuantitativos, se pasa de una producción de 8.393 ktep en 2005, a 20.509 Ktep en 2021. Esta gráfica demuestra el crecimiento exponencial que se está produciendo en las energías renovables en España.

En resumen, la evolución de las energías renovables, con un enfoque particular en Andalucía, refleja un compromiso continuo con la transición hacia un sistema energético más sostenible, con avances notables, pero también con desafíos por abordar para consolidar aún más la presencia y eficiencia de las energías limpias en la región y a nivel nacional para

asegurar la sostenibilidad a generaciones futuras. En este proyecto en particular, se centrará em la biomasa y energía solar.

1.3 ALINEACIÓN CON LOS ODS

El proyecto propuesto para la implementación de una planta fotovoltaica en una finca agraria, junto con el uso de la poda de los olivos para la producción de biomasa, desempeña un papel crucial en la contribución a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En particular, se centra en el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) y el ODS 13 (Acción por el clima).

ODS 7: Energía asequible y no contaminante

El ODS 7 tiene como objetivo garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. La propuesta de instalar una planta fotovoltaica en la finca se alinea directamente con este objetivo al promover la adopción de una fuente de energía limpia y renovable. La planta fotovoltaica diseñada y simulada en el software PVsyst, con una producción energética estimada de 49,647 kWh, contribuirá significativamente a la reducción de la dependencia de fuentes de energía fósiles, disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero y la huella de carbono de la finca.

El diseño de la planta fotovoltaica se ha centrado en maximizar la eficiencia mediante la selección de paneles solares de alta eficiencia y la optimización de su disposición en el terreno. Este enfoque asegura que la planta no solo sea capaz de producir una cantidad significativa de energía, sino que lo haga de manera eficiente y sostenible, reduciendo los costos operativos a largo plazo.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

El ODS 11 busca hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Al incorporar tecnologías de energía renovable en la gestión de la finca, el proyecto promueve prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes. La integración de la energía solar y la biomasa no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también apoya el desarrollo económico local al crear empleos verdes y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales. Este enfoque integral ayuda a construir comunidades más resilientes que están mejor equipadas para enfrentar los desafíos ambientales y económicos.

ODS 13: Acción por el clima

El ODS 13 se enfoca en tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos. Al integrar la producción de energía solar con la utilización de la poda de olivos como biomasa, el proyecto no solo diversifica las fuentes de energía renovable, sino que también maximiza el uso de recursos locales. La biomasa derivada de los residuos de olivos representa una fuente de energía renovable adicional que puede ser utilizada para la producción de calor o electricidad, contribuyendo aún más a la reducción de emisiones de carbono.

Además, el uso de biomasa mejora la gestión sostenible de los residuos agrícolas, convirtiendo un subproducto de la actividad agrícola en una fuente valiosa de energía. Esto no solo reduce la necesidad de disposición de residuos, sino que también proporciona una alternativa energética que puede ser aprovechada en la finca, promoviendo una economía circular y sostenible.

En resumen, el proyecto de la planta fotovoltaica y la producción de biomasa en la finca agraria tiene un impacto significativo en la promoción de los ODS 7 y 13. La implementación de tecnologías de energía renovable no solo asegura un suministro energético más limpio y sostenible, sino que también aborda el cambio climático mediante la reducción de emisiones

de gases de efecto invernadero. Este enfoque integrado no solo beneficia a la finca en términos de eficiencia energética y costos, sino que también contribuye a un futuro más sostenible y resiliente para la comunidad local y el medio ambiente en general.

1.4 INFORMACIÓN SOBRE LA FINCA

La finca objeto de estudio para este proyecto se extiende por 377 hectáreas. Este amplio terreno ofrece una mezcla de características que lo hacen ideal para la implementación de energías renovables. De estas 377 hectáreas, 92 están dedicadas al cultivo de olivos, lo que no solo es significativo desde el punto de vista agrícola sino que también presenta una oportunidad adicional para la producción de biomasa a partir de la poda de los olivos.

La finca cuenta con dos molinos de viento, lo que supone que ya existe una infraestructura y un conocimiento previo en la gestión de energías renovables en el área. Esto podría facilitar la integración de la nueva planta fotovoltaica, aprovechando las posibles sinergias entre las diferentes fuentes de energía renovable.

El clima de la región es cálido y seco, condiciones que son ideales para la generación de energía solar. La radiación solar es un factor crucial en la eficiencia de las plantas fotovoltaicas, y en esta finca, se espera que la abundante luz solar maximice la producción de energía.

El terreno de la finca es variado, incluyendo áreas de olivar, calma, monte bajo y chaparral. Esta diversidad topográfica y de vegetación puede influir en la planificación y el diseño de la planta fotovoltaica. Por ejemplo, se deben considerar las sombras proyectadas por la vegetación más alta y el impacto del terreno irregular en la instalación de los paneles solares.

En resumen, la finca presenta unas condiciones muy favorables para la instalación de una planta fotovoltaica debido a su extensión, las características climáticas y topográficas, y la presencia de infraestructuras de energía renovable ya existentes. La integración de la poda

de los olivos como biomasa no solo diversifica las fuentes de ingreso sino que también promueve prácticas sostenibles, contribuyendo al ciclo de energía renovable en la finca.

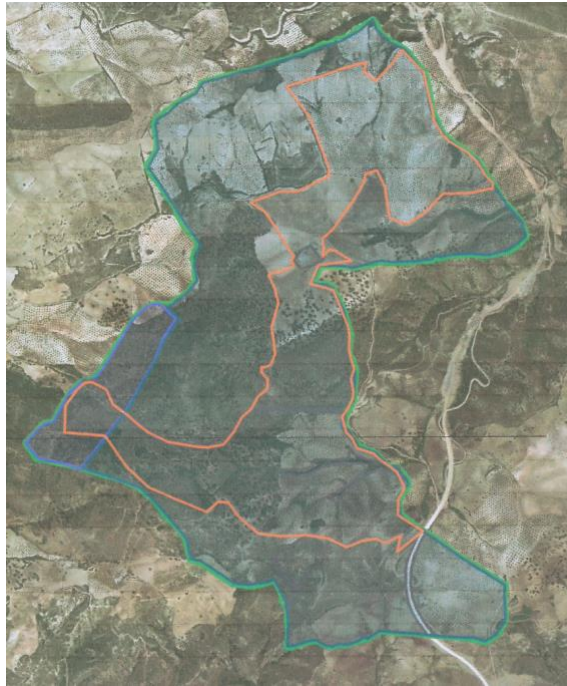


Figura 6 Mapa de la finca

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

La combinación de la biomasa y la energía solar fotovoltaica representa una estrategia integral para satisfacer las necesidades energéticas de una finca agraria. La biomasa, proveniente de residuos de poda de olivos, junto con la energía solar captada a través de paneles fotovoltaicos, ofrecen una alternativa sostenible y renovable, reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables y disminuyendo la huella ambiental del proceso productivo.

A través de esta descripción detallada de las tecnologías a implementar, se busca proporcionar una visión clara y precisa de cómo estas soluciones innovadoras contribuirán a la eficiencia energética, la autosuficiencia y la preservación del entorno natural en la finca agraria. Además, se destacarán los beneficios económicos y ambientales que se derivan de la adopción de estas tecnologías, promoviendo así un modelo de desarrollo sostenible y responsable.

En resumen, este documento brindará una panorámica exhaustiva de las tecnologías de biomasa y placas fotovoltaicas, detallando sus características técnicas, su funcionamiento y los beneficios que aportarán al proyecto de la finca agraria.

2.1 BIOMASA

La biomasa, definida como aquellas sustancias orgánicas originadas en los compuestos de carbono formados durante la fotosíntesis, representa un recurso energético de vital importancia en la historia y el panorama energético actual. Desde tiempos inmemoriales, ha sido una fuente primaria de energía, alimentando las primeras civilizaciones y forjando el desarrollo humano.

En la antigüedad, la producción sostenible de biomasa era un proceso natural, con un consumo que no excedía la tasa de renovación de los recursos. Sin embargo, con la llegada de la primera revolución industrial, la biomasa comenzó a ceder su posición frente a los combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, que prometían una mayor eficiencia y disponibilidad.

A pesar de este cambio gradual, la biomasa continuó desempeñando un papel crucial en el siglo XIX, siendo aún la principal fuente de energía en muchas partes del mundo. Hoy en día, sigue siendo la principal fuente de energía en algunos países en vías de desarrollo, donde su accesibilidad y versatilidad la convierten en una opción atractiva y asequible.

Además, la biomasa es una de las principales fuentes de energía renovable a nivel mundial, representando un peso importante de la matriz energética en países como Suecia. A nivel global, contribuye a buena parte del consumo energético, siendo comparable en importancia a la energía nuclear [2].

A pesar de su potencial aparentemente ilimitado, solo alrededor del 10% del potencial planetario de biomasa es aprovechable de forma sostenible y económicamente viable. Sin embargo, este porcentaje representa cuatro veces la cantidad de biomasa utilizada actualmente, lo que equivale al 50% de la energía primaria consumida en el planeta [2].

En un aspecto nacional, España se encuentra en la cima de recursos de biomasa agrícola en Europa como podemos ver en la siguiente tabla [3].

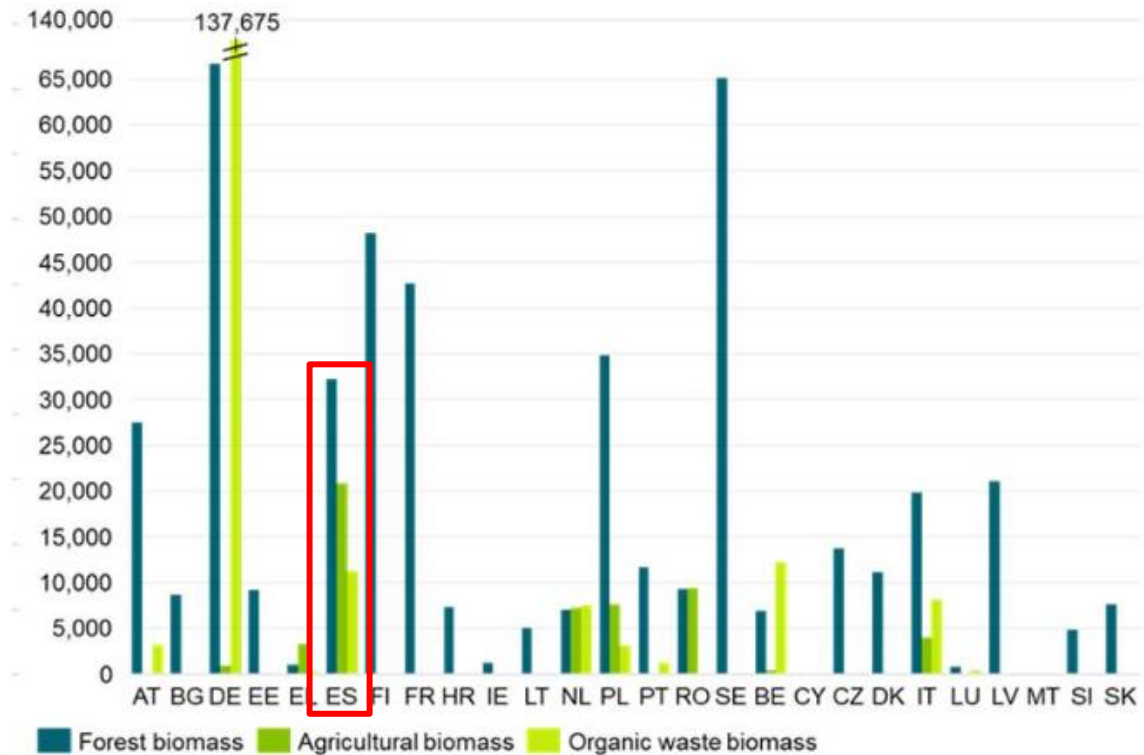


Figura 7 Producción de biomasa por países de la unión Europea [3]

España registra los mayores volúmenes de biomasa agrícola (20.844 mil m³) en Europa, lo cual representa una oportunidad significativa para su explotación. Posee una importante capacidad en el sector de la agricultura para generar recursos renovables y sostenibles, lo que puede ser relevante tanto desde el punto de vista económico como medioambiental. La biomasa agrícola puede utilizarse para la producción de energía limpia, la fabricación de biocombustibles, así como para otros fines industriales y agrícolas, contribuyendo así a la reducción de emisiones de carbono y a la diversificación de las fuentes de energía.

2.2 PLACAS FOTOVOLTAICAS

La energía fotovoltaica, definida como la conversión directa de la luz solar en electricidad mediante células fotovoltaicas, se erige como una piedra angular en la búsqueda de un sistema energético más limpio y sostenible. Desde sus inicios, esta tecnología ha representado una revolución en el campo de la energía, ofreciendo una alternativa renovable y respetuosa con el medio ambiente para satisfacer las crecientes demandas energéticas de la sociedad moderna.

A lo largo de la historia, la humanidad ha encontrado en la luz del sol una fuente inagotable de energía. Sin embargo, fue con el desarrollo y la aplicación de las células fotovoltaicas cuando esta energía solar comenzó a ser capturada y transformada en electricidad de manera efectiva. Este avance tecnológico ha permitido no solo reducir la dependencia de los combustibles fósiles, sino también mitigar los impactos negativos asociados con su extracción, transporte y combustión.

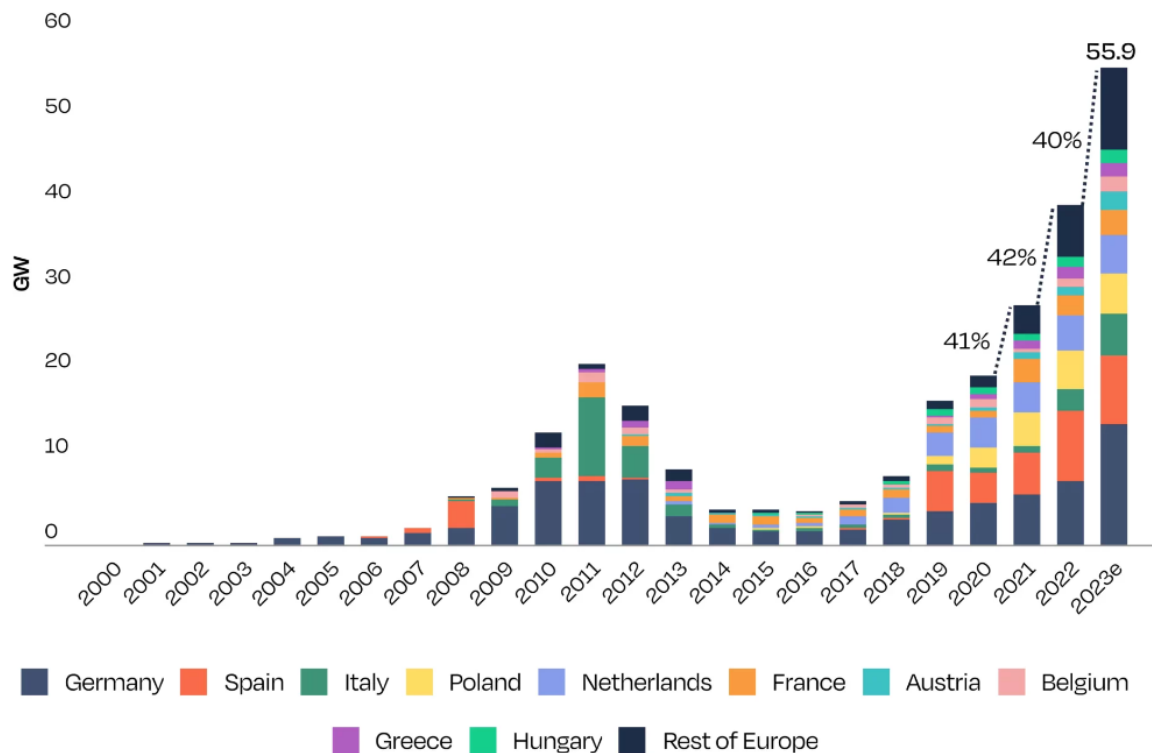
En sus inicios, la energía fotovoltaica era considerada una alternativa costosa y poco práctica. Sin embargo, con el paso del tiempo y los avances en la tecnología, los costos de producción han disminuido considerablemente, convirtiendo a la energía solar en una opción cada vez más accesible y competitiva en comparación con las fuentes de energía convencionales.

Hoy en día, la energía fotovoltaica se ha consolidado como una de las principales fuentes de energía renovable a nivel mundial. Países como Alemania, China y Estados Unidos lideran la adopción de esta tecnología, integrando sistemas fotovoltaicos en sus redes eléctricas y promoviendo políticas de incentivo para su expansión.

A pesar de su crecimiento exponencial, el potencial de la energía fotovoltaica aún está lejos de ser completamente aprovechado. Se estima que solo una fracción de la luz solar que llega

a la Tierra es capturada y convertida en electricidad. Sin embargo, con el continuo desarrollo de tecnologías innovadoras y la implementación de políticas favorables, el futuro de la energía fotovoltaica se presenta prometedor, ofreciendo una solución limpia y abundante para las necesidades energéticas del mañana.

EU-27 Annual Solar PV Installed Capacity, 2000-2023



SOURCE: European Market Outlook for Solar Power 2023-2030



Figura 8 Capacidad fotovoltaica instalada por países de la UE [4]

La gráfica muestra la capacidad de energía solar fotovoltaica instalada anualmente en los países de la Unión Europea (UE-27) desde el año 2000 hasta la proyección para 2023. Se puede observar una tendencia creciente general en la mayoría de los países a lo largo del período.

Enfocándonos específicamente en España, se observa que ha experimentado un crecimiento constante y significativo en su capacidad fotovoltaica instalada. En el año 2000, España

contaba con menos de 1 GW de capacidad instalada, mientras que para 2023 se proyecta que alcance los 40 GW, convirtiéndose en uno de los líderes europeos en energía solar.

El despegue importante de la energía solar en España se dio a partir de 2007, cuando la capacidad instalada pasó de 690 MW a 3,4 GW en 2008, demostrando un ritmo de crecimiento acelerado en esos años. Desde entonces, el aumento ha sido sostenido, con algunos años de mayor dinamismo como 2011-2013 y 2018-2020.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

En la actualidad, la transición hacia fuentes de energía renovables se ha convertido en una prioridad global para mitigar los efectos del cambio climático y reducir la dependencia de los combustibles fósiles. En este contexto, la energía fotovoltaica y la biomasa emergen como alternativas viables y sostenibles. Este Trabajo de Fin de Máster (TFM) se centra en el estudio técnico-económico de la instalación de una planta fotovoltaica y la utilización de la poda de olivos para convertirla en biomasa en una finca agraria. Este proyecto pretende explorar la viabilidad y los beneficios de integrar estas dos fuentes de energía en un entorno agrícola.

3.1 ENERGÍA FOTOVOLTAICA

La energía fotovoltaica ha experimentado un crecimiento significativo a nivel mundial, impulsada por la disminución de los costos de los paneles solares y el apoyo de políticas gubernamentales. En España, el sector fotovoltaico ha visto una expansión considerable debido a las reformas legislativas y los incentivos, como las ayudas al autoconsumo y almacenamiento de energía solar [5] para la adopción de energías renovables. España se encuentra entre los líderes europeos en capacidad instalada de energía solar.

Los avances tecnológicos han mejorado la eficiencia y reducido los costos de los paneles solares. Tecnologías como el silicio cristalino y las células fotovoltaicas de película delgada han dominado el mercado. La potencia de los módulos se ha triplicado de aproximadamente 290W en 2009 a 670W en 2022 [6], lo que ha incrementado la rentabilidad de las instalaciones fotovoltaicas.

Ejemplos de plantas fotovoltaicas en Andalucía, demuestran el potencial de esta tecnología en la región. Estos proyectos han mostrado no solo beneficios económicos significativos, sino también una reducción considerable de las emisiones de CO₂.

A pesar de sus ventajas, la energía fotovoltaica enfrenta desafíos como la intermitencia y la necesidad de grandes áreas para la instalación. Sin embargo, la integración con otras fuentes de energía renovable, como la biomasa, puede ofrecer soluciones efectivas para superar estas barreras.

3.2 BIOMASA

La biomasa es una fuente de energía renovable que utiliza materia orgánica para la producción de energía. En el caso de Andalucía, la poda de olivos representa una fuente significativa de biomasa. Concretamente, la biomasa del Olivar representa el 57% de la generación de electricidad con biomasa en Andalucía [7].

Existen varias tecnologías para la conversión de la biomasa en energía, entre las cuales destacan la combustión directa, la gasificación y el pirólisis. La combustión directa es la tecnología más utilizada debido a su simplicidad y eficiencia.

Proyectos en Andalucía, donde se cuenta con un total de 18 plantas de conversión de biomasa a energía eléctrica [8], han demostrado la viabilidad económica y técnica de utilizar residuos agrícolas para la producción de energía. Estos proyectos han proporcionado una fuente de ingresos adicional para los agricultores y han contribuido a la reducción de residuos.

El uso de biomasa de poda de olivos no solo proporciona beneficios económicos al generar ingresos adicionales, sino que también reduce la emisión de gases de efecto invernadero y ayuda en la gestión de residuos agrícolas. Al utilizar biomasa en lugar de combustibles fósiles se consigue una reducción en las emisiones de CO₂

3.3 INTEGRACIÓN DE FOTOVOLTAICA Y BIOMASA

La combinación de energía fotovoltaica y biomasa puede aumentar la eficiencia y sostenibilidad del sistema energético de la finca.

Existen varios modelos híbridos que combinan fotovoltaica y biomasa, demostrando una mayor estabilidad y eficiencia energética. Estos sistemas han mostrado resultados positivos en términos de reducción de costos y mejora de la sostenibilidad [9].

La integración de ambas tecnologías en una finca agraria presenta desafíos como la gestión de la intermitencia de la energía solar y la logística de recolección y procesamiento de la biomasa. Sin embargo, estos desafíos pueden ser mitigados con una planificación adecuada y el uso de tecnologías avanzadas.

3.4 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

Para evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto, se utilizarán metodologías como el análisis de costo-beneficio, la TIR y la evaluación de impacto ambiental. Estas herramientas permitirán una evaluación integral de los costos, beneficios y riesgos asociados.

Entre los factores críticos a considerar se encuentran la inversión inicial, los costos operativos y de mantenimiento, los incentivos fiscales, y el precio de la electricidad. Además, se analizarán los aspectos regulatorios y las políticas de apoyo a las energías renovables.

La revisión de la literatura muestra numerosos estudios sobre la viabilidad técnica y/o económica de plantas fotovoltaicas y proyectos de biomasa en entornos agrícolas. Estos estudios proporcionan una base sólida de conocimientos y metodologías aplicables a este proyecto [10] [11].

3.5 CONTEXTO LOCAL

Osuna, situada en la provincia de Sevilla, es una región con un alto potencial para la energía solar debido a su elevada radiación solar anual. Además, la producción de olivos es una actividad agrícola predominante, siendo la tercera después de la producción de la Naranja y el tomate en Andalucía [12].

Existe un alto potencial para la integración de estas energías renovables [13]. La combinación de la energía solar y la biomasa podría mejorar significativamente la autosuficiencia energética y reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables.

3.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estado de la cuestión revela que tanto la energía fotovoltaica como la biomasa de poda de olivos tienen un alto potencial técnico y económico. La integración de ambas tecnologías puede proporcionar una solución energética sostenible y eficiente para la finca [9].

Estos hallazgos guiarán el desarrollo del TFM, proporcionando una base sólida para la evaluación técnica y económica del proyecto. Además, destacan la importancia de abordar los desafíos específicos de integración y la relevancia de considerar el contexto local.

Futuras investigaciones podrían centrarse en optimizar las tecnologías de conversión de biomasa, desarrollar modelos híbridos más eficientes y explorar nuevas formas de incentivar la adopción de energías renovables en regiones agrícolas.

Capítulo 4. **NORMATIVA**

Para la implementación de una planta fotovoltaica y el uso de la biomasa derivada de la poda de los olivos, es crucial cumplir con la normativa vigente en materia de energía, seguridad y edificación. A continuación, se detallan las normativas más relevantes:

Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio: Este decreto ley introduce medidas en el ámbito de la energía para la transición hacia un sistema energético sostenible, fomentando el uso de energías renovables y la descarbonización del sector.

Real Decreto 1955/2000: Regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Es esencial para entender el marco legal de la distribución de energía.

Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo: Establece las condiciones de seguridad en las instalaciones eléctricas de alta tensión, garantizando la seguridad y el cumplimiento de los estándares técnicos.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 842/2002): Regula las instalaciones eléctricas de baja tensión, asegurando su seguridad y eficiencia.

Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006): Proporciona un marco normativo para garantizar la calidad y seguridad en las construcciones, incluyendo aspectos relacionados con la eficiencia energética y el uso de energías renovables.

Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre: Establece las condiciones administrativas, técnicas y económicas para la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica en pequeña escala.

Real Decreto 1544/2011: Fija las tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, fundamentales para la planificación económica del proyecto.

Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo: Regula la producción de energía eléctrica en régimen especial, incentivando el uso de fuentes de energía renovables.

Orden IET/3586/2011, de 30 de diciembre: Establece los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica, esenciales para calcular los costos operativos.

Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero: Suspende los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica, lo que afecta la viabilidad financiera de proyectos nuevos.

Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio: Introduce medidas para garantizar la estabilidad financiera del sector eléctrico, impactando en la gestión económica del proyecto.

Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico: Marco regulador integral del sector eléctrico, crucial para la operación y gestión del proyecto.

Real Decreto-ley 2/2013, de 1 de febrero: Introduce medidas en el sector eléctrico y financiero, afectando la estructura de costos y financiación.

Orden IET/221/2013, de 14 de febrero: Regula aspectos adicionales relacionados con la producción y distribución de energía eléctrica.

Orden HAP/703/2013, de 29 de abril: Establece el impuesto sobre la producción de energía eléctrica, afectando la rentabilidad del proyecto.

Este marco normativo proporciona una base legal robusta para la implementación y operación de una planta fotovoltaica, asegurando el cumplimiento de los estándares de seguridad y eficiencia energética.

Capítulo 5. DISEÑO Y SIMULACIÓN PLANTA

FOTOVOLTAICA

Este apartado se enfocará, en el cálculo técnico necesario para diseñar e instalar eficientemente el sistema de paneles fotovoltaicos. Primero se elegirá una zona de la finca donde colocar la planta solar. Exploraremos el dimensionamiento de la instalación y el cálculo de la potencia producida por las placas solares. Este proceso es esencial para aprovechar al máximo el potencial de la energía solar, de manera que se pueda diseñar una instalación lo más eficiente posible a la hora de producir energía eléctrica para poder generar el beneficio deseado.

5.1 ELECCIÓN DE TERRENO

La elección del terreno para la instalación de una placa fotovoltaica es un paso crucial en el diseño y la implementación de un sistema de energía solar eficiente y rentable. Diversos factores deben tenerse en cuenta para garantizar el rendimiento óptimo y la durabilidad a largo plazo de la instalación. A continuación, se muestran los requisitos clave que deben considerarse al seleccionar el terreno adecuado:

- **Radiación solar:** La cantidad de energía solar que puede ser capturada por un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la cantidad de radiación solar que recibe el área de instalación. Por lo tanto, es fundamental seleccionar un terreno que reciba una cantidad adecuada de radiación solar durante todo el año para garantizar la producción óptima de energía.
- **Inclinación y orientación:** La inclinación y orientación de las placas solares tienen un impacto significativo en su capacidad para capturar la luz solar. Idealmente, el terreno seleccionado debería permitir una orientación hacia el sur y una inclinación

que maximice la exposición al sol, especialmente en las horas del día con mayor intensidad solar.

- Ausencia de sombreado: Las obstrucciones que causan sombreado, como árboles, edificios u otras estructuras, pueden reducir significativamente la eficiencia de un sistema fotovoltaico al bloquear la luz solar. Por lo tanto, es importante seleccionar un terreno que esté libre de sombreado durante las horas de mayor actividad solar.
- Acceso a la red eléctrica: Para que la energía generada por el sistema fotovoltaico sea útil, es necesario que el terreno seleccionado tenga acceso cercano a la red eléctrica. Esto facilita la conexión del sistema fotovoltaico a la red y la distribución de la energía generada a los usuarios finales.
- Estabilidad del suelo: La estabilidad del suelo es un factor crítico para considerar, ya que el terreno debe ser lo suficientemente resistente como para soportar la estructura de montaje de las placas solares y resistir las cargas de viento y nieve. Se deben realizar estudios geotécnicos para evaluar la capacidad portante del suelo y determinar si se requieren medidas adicionales, como cimentaciones especiales.
- Disponibilidad de espacio: Es importante asegurarse de que el terreno seleccionado tenga suficiente espacio para la instalación de las placas solares, así como para los equipos de inversores, transformadores y otros componentes del sistema fotovoltaico. Además, se debe considerar el espacio necesario para el acceso y mantenimiento del sistema.
- Restricciones legales y ambientales: Antes de seleccionar un terreno, es fundamental investigar y cumplir con todas las regulaciones y normativas locales relacionadas con la instalación de sistemas fotovoltaicos. Además, se deben considerar los posibles impactos ambientales del proyecto y obtener los permisos necesarios de las autoridades competentes.
- Costo y accesibilidad: El costo del terreno y su accesibilidad para el transporte de equipos y materiales también son factores importantes a tener en cuenta en la selección del sitio. Es importante realizar un análisis costo-beneficio para evaluar la

viabilidad económica del proyecto y garantizar que se maximice el retorno de la inversión.

- Consideraciones medioambientales: La selección del terreno para una instalación fotovoltaica debe tener en cuenta su impacto en el medio ambiente circundante. Se deben evitar áreas protegidas, hábitats sensibles o terrenos con alto valor ecológico. Además, es importante evaluar el impacto potencial del proyecto en la flora y fauna locales, así como en los recursos hídricos y el suelo. Se deben implementar medidas para minimizar cualquier impacto negativo, como la conservación de la biodiversidad, la gestión adecuada de residuos y la prevención de la contaminación. La selección de un terreno que minimice el impacto ambiental contribuirá a la sostenibilidad y aceptación a largo plazo del proyecto por parte de la comunidad y las autoridades reguladoras.

Teniendo en cuenta todas estas variables, se realiza un estudio de las 15 parcelas que componen la finca para seleccionar una de ellas. Las parcelas con mejores características para la implantación debido a su tamaño y distribución de las diferentes subparcelas, son las siguientes:

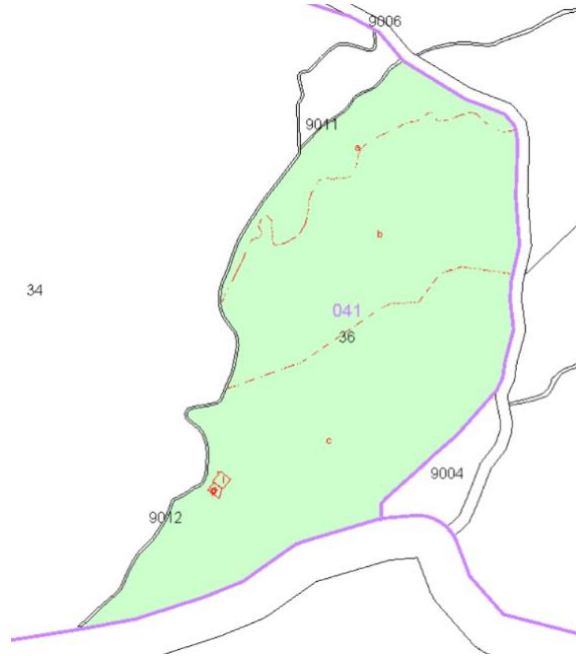


Figura 9 Parcela 41

Esta parcela cuenta con un total de 37 hectáreas, dividida en 3 subparcelas, representadas en las letras que se muestran en la imagen:

Subparcela	Cultivo/aprovechamiento	Superficie en ha
A	Labradío seco	3,9
B	Encina	13,9
C	Monte bajo	19,6

Tabla 3 Subparcelas de la parcela 41

Por tanto, teniendo en cuenta que la zona de seco es productiva, y por la regulación medioambiental no existe la posibilidad de talar las encinas, se podrían construir la planta

solar en la subparcela C, que además cumplen con una inclinación inferior al 15%. El total del área útil sería de 19,6 hectáreas.

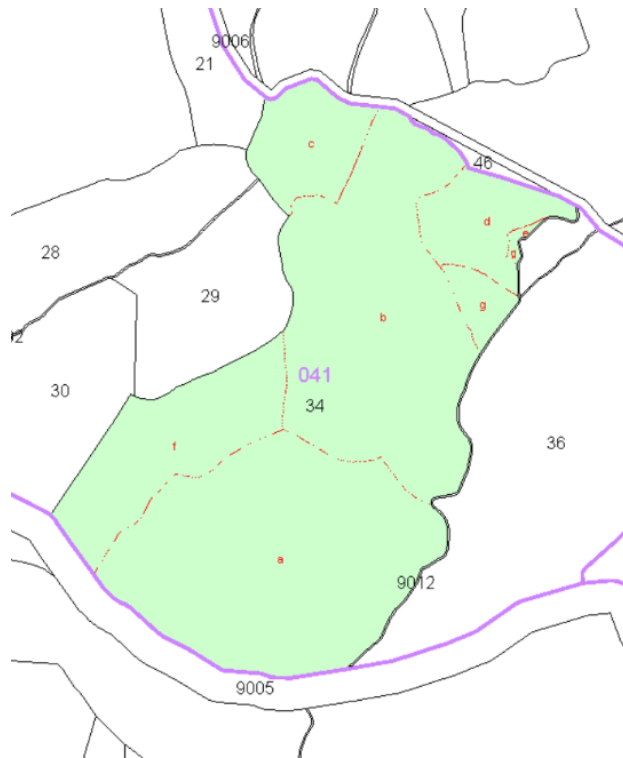


Figura 10 Parcela 34

Está parcela cuenta con un total de 83 hectáreas, dividida en 7 subparcelas, representadas en las letras que se muestran en la imagen:

Subparcela	Cultivo/aprovechamiento	Superficie en ha
A	Monte bajo	30,4
B	Encina	28

C	Olivar	5,9
D	Olivar	5,5
E	Improductivo	0,3
F	Monte bajo	11,7
G	Olivar	1,7

Tabla 4 Subparcelas de la parcela 34

Por tanto, teniendo en cuenta que los olivos no se van a quitar porque ofrece una producción de olivas y biomasa, y por la regulación medioambiental no existe la posibilidad de talar las encinas, se podrían construir la planta solar en las subparcelas A y F, que además cumplen con una inclinación inferior al 15%. El total del área útil sería de 42,1 hectáreas.

Se decide diseñar la planta fotovoltaica en la parcela 34, ya que se trata de la que más hectáreas útiles ofrece para la instalación de las placas fotovoltaicas

5.2 DIMENSIONAMIENTO

5.2.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

En este apartado, se abordará la tarea de seleccionar los módulos fotovoltaicos adecuados para la planta fotovoltaica. La elección de los paneles solares es un paso fundamental en el diseño del sistema, ya que afecta directamente su rendimiento, eficiencia y rentabilidad a largo plazo. Se examinarán diversas opciones de módulos fotovoltaicos, considerando factores como la tecnología, la eficiencia, la durabilidad y el costo, con el objetivo de optimizar el desempeño global de la planta fotovoltaica.

Tras realizar un estudio de mercado, se han comparado los siguientes modelos de Jinko Solar, Canadian Solar y Lipton Solar, 3 de las compañías con mayor presencia en el mercado de paneles solares.

Compañía	Jinko Solar	Canadian Solar	Ja Solar
Modelo	Tiger Neo N-type 72HL4-(V)	TOPBiHiKu6	Leapton Solar 480W LP182-18-M-60-NH
Precio	130,00 €	165,00 €	129,00 €
Eficiencia	21,48-22,26%	21,7-22,8%	21,25-22,17%
Potencia máxima	460-480KW	490-515KW	460-480KW
Voltaje máximo	34,72-35,38V	36,2-37,2V	34,78-35,44V
Corriente máxima	13,25-13,57A	13,55-13,85A	13,23-13,55A
Número de celdas	120	120	120
Dimensiones	1903×1134×30mm	1994×1134×30mm	1909×1134×30mm

Tabla 5 Módulos fotovoltaicos

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

Tras la comparación de los diferentes modelos, se decide elegir el **Tiger Neo N-type 72HL4-(V)**. La relación eficiencia precio ha sido el criterio que más ha pesado en la decisión, ya que, aunque el modelo de Canadian Solar alcanza eficiencias mayores, la subida de precio por panel no justifica su elección. También cabe destacar que es el panel de menor tamaño lo cual se traduce en una ventaja competitiva respecto al resto a la hora de dimensionar la planta fotovoltaica.

La elección es un modelo monocristalino. Se elige este tipo de modulo por las siguientes razones:

- En primer lugar, los módulos monocristalinos tienen una eficiencia más alta en comparación con los paneles policristalinos y las células de película delgada, lo que les permite generar más electricidad por unidad de área en comparación con otras tecnologías solares, lo que maximiza la producción de energía y los ingresos por la venta a la red eléctrica.
- Ofrecen una mayor durabilidad y una vida útil más larga que las tecnologías alternativas, lo que los hace más adecuados para aplicaciones donde la fiabilidad a largo plazo es esencial.
- Por último, dado que la parcela tiene un espacio limitado, la capacidad de los módulos monocristalinos para generar una cantidad significativa de energía en un área compacta es esencial para maximizar la rentabilidad del proyecto y su contribución al suministro eléctrico de la red.

5.2.2 INVERSORES

Los inversores de red desempeñan un papel fundamental en los sistemas de energía solar fotovoltaica al convertir la corriente continua (CC) generada por las placas solares en corriente alterna (CA) compatible con la red eléctrica. Esta conversión es esencial para aprovechar eficazmente la energía solar y alimentar dispositivos eléctricos y electrodomésticos en hogares, empresas o instalaciones industriales.

Al elegir un inversor de red para un sistema de energía solar fotovoltaica, es importante considerar varios criterios clave para asegurar un rendimiento óptimo y una integración efectiva con la red eléctrica. Algunos de los criterios importantes a tener en cuenta son:

- **Potencia Nominal:** La potencia nominal del inversor debe ser adecuada para manejar la capacidad máxima de generación de energía del sistema fotovoltaico. Es importante seleccionar un inversor con una potencia nominal que coincida con la capacidad de los paneles solares para maximizar la producción de energía.
- **Eficiencia:** La eficiencia del inversor determina la cantidad de energía solar que se convierte con éxito en energía utilizable. Se debe buscar un inversor con una alta

eficiencia para maximizar la producción de energía y minimizar las pérdidas durante la conversión de corriente continua a corriente alterna.

- **Fiabilidad y Durabilidad:** Es fundamental elegir un inversor de una marca confiable y con una sólida reputación en cuanto a fiabilidad y durabilidad. Se debe considerar la garantía ofrecida por el fabricante y la vida útil esperada del inversor para asegurar un funcionamiento sin problemas a lo largo del tiempo.
- **Compatibilidad con la Red Eléctrica:** El inversor debe cumplir con los requisitos de conexión y sincronización de la red eléctrica local. Es importante verificar que el inversor esté certificado y cumpla con los estándares de la red eléctrica para garantizar una operación segura y legal.
- **Características de Gestión:** Los inversores modernos a menudo vienen con características avanzadas de monitoreo y gestión que permiten supervisar el rendimiento del sistema en tiempo real y optimizar su funcionamiento. Se debe considerar la disponibilidad de estas características y su facilidad de uso al seleccionar un inversor.
- **Costo:** El costo del inversor es un factor importante a considerar, pero no debe ser el único criterio de decisión. Es importante evaluar el costo en relación con la calidad, la eficiencia y las características ofrecidas por el inversor para tomar una decisión informada y a largo plazo.

Teniendo en cuenta estos criterios, se selecciona para nuestra planta El Ingecon SUN Power C 480 Preliminary. Las características son las siguientes:

Compañía	Ingeteam Power Technology, S.A.
Modelo	Ingecon SUN 3600tl C 480
Datos Entrada DC	
Tensión máxima	1500V
Corriente máxima	3965A
MPPT	1
Datos Salida AC	
Poder global inductor	22450 KWca
Factor de potencia Regulable	Sí
Frecuencia nominal	50-60Hz
THD	0,03
Eficiencia	98,9%

Tabla 6 Inversor

5.2.3 TIPO DE SOPORTE Y ESTRUCTURA

Los sistemas de soporte en placas fotovoltaicas son esenciales para el rendimiento óptimo de los paneles solares. Estos sistemas proporcionan la estructura necesaria para sostener los paneles y optimizar su orientación con respecto al sol. Hay tres tipos principales de sistemas de soporte utilizados en instalaciones fotovoltaicas:

- Montaje de eje fijo: Estos sistemas mantienen los paneles solares en una posición fija durante todo el día. Son simples y económicos, pero la eficiencia de los paneles no siempre es la más alta, ya que no pueden ajustarse para seguir el movimiento del sol.
- Seguidores solares de un eje: Estos sistemas permiten que los paneles solares giren en un solo eje a lo largo del día, siguiendo el movimiento aparente del sol de este a oeste. Esto maximiza la captación de luz solar y aumenta la producción de energía en comparación con los sistemas de eje fijo.
- Seguidores solares de dos ejes: Estos sistemas son los más avanzados y costosos. Permiten que los paneles solares se muevan en dos ejes, siguiendo tanto el movimiento diario del sol de este a oeste como el movimiento estacional de la

posición del sol en el cielo. Esto proporciona la máxima captación de luz solar y optimiza la producción de energía.

La importancia de los sistemas de soporte en placas fotovoltaicas radica en su capacidad para maximizar la eficiencia y la producción de energía de los paneles solares. Al permitir la orientación adecuada de los paneles hacia el sol, estos sistemas aseguran que se capture la mayor cantidad posible de energía solar disponible. Esto no solo aumenta el rendimiento de la instalación solar, sino que también mejora su rentabilidad a lo largo del tiempo. En la siguiente tabla, vemos una comparativa de las tres opciones.

	Eje fijo	Un eje	Dos ejes
Movimiento de la placa	Fijo	Inclinable	Seguimiento
Orientación óptima	Fijo	Estacional	Continua
Requerimiento de Espacio	Bajo	Medio	Alto
Eficiencia	Estática	Mejorada	Máxima
Coste	Bajo	Medio	Alto

Tabla 7 tipos de montaje

Se ha elegido el sistema de eje fijo. Los criterios de selección han sido los siguientes.

- **Zona de irradiación alta:** La zona de ubicación de la instalación solar presenta una irradiación solar significativamente alta. Esto significa que hay una abundante disponibilidad de luz solar que puede ser aprovechada para generar electricidad. Dado que la radiación solar es alta y constante, un sistema de eje fijo puede ser adecuado para captar esta energía sin necesidad de ajustes continuos de orientación.
- **Coste de mantenimiento:** En términos de minimizar los costes de mantenimiento a lo largo del tiempo, los sistemas de eje fijo son conocidos por su simplicidad y menor necesidad de mantenimiento en comparación con los sistemas de seguimiento solar

más complejos. Al elegir un sistema de eje fijo, se reducen los costos asociados con la reparación y el mantenimiento regular, lo que contribuye a la rentabilidad a largo plazo de la instalación.

- **Complejidad del sistema:** La complejidad del sistema es un factor importante a considerar, especialmente en términos de instalación y operación. Los sistemas de eje fijo son más simples y más fáciles de instalar en comparación con los sistemas de seguimiento solar de uno o dos ejes. Esta simplicidad reduce la posibilidad de errores durante la instalación y simplifica las operaciones diarias, lo que resulta en una gestión más eficiente y menos complicada de la instalación, además de la reducción que supone en costes por no tener la necesidad de contratación de un personal altamente cualificado.
- **Ventajas en coste y dimensión:** Los sistemas de eje fijo suelen ser más económicos tanto en términos de coste inicial como de dimensiones físicas. Su diseño simple y su estructura fija requieren menos material y componentes, lo que se traduce en menores costes de adquisición e instalación. Además, ocupan menos espacio en comparación con los sistemas de seguimiento solar, lo que resulta ser beneficioso.

La estructura elegida está formada por 6x4 módulos, para un total de 24. En la siguiente imagen se puede observar la estructura con sus respectivas medidas.

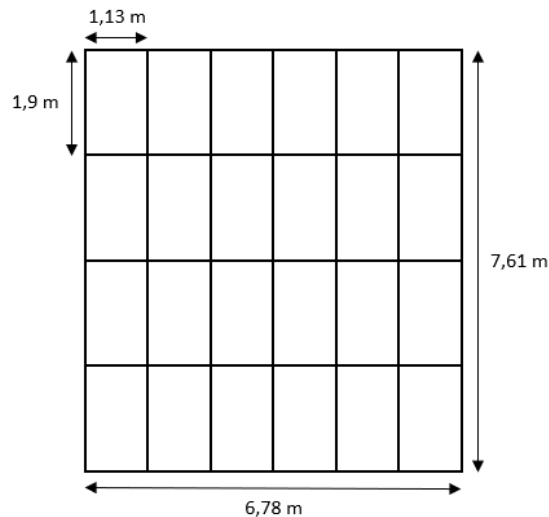


Figura 11 Estructura fotovoltaica

Como se puede observar, la altura total de la estructura alcanza los 7,61 metros y un largo de 6,78 metros.

5.2.4 INCLINACIÓN E ORIENTACIÓN DE LAS PLACAS

Tras el cálculo de las dimensiones de las placas fotovoltaicas, se procede a calcular la orientación e inclinación de las mismas. Son esenciales para maximizar la eficiencia y la producción de energía solar.

El ángulo de acimut es la orientación horizontal de los paneles solares respecto al norte geográfico. Se mide en grados, donde se toma como referencia 0° correspondientes al sur, 90° al oeste, 180° al norte y 270° al este. Este ángulo es crucial porque determina la cantidad de radiación solar directa que los paneles recibirán a lo largo del día y del año. En el hemisferio norte, la orientación óptima generalmente es hacia el sur para maximizar la exposición solar. Sin embargo, la configuración exacta puede variar según la latitud y las características locales del sitio.

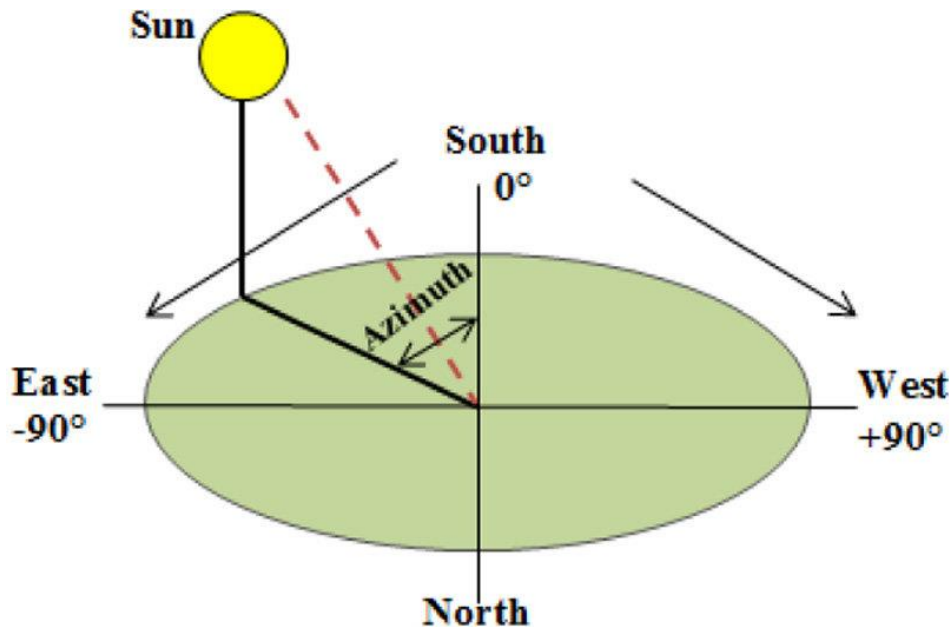


Figura 12 Ángulo de Azimut [14]

La inclinación de los paneles solares se refiere al ángulo vertical entre los paneles y el suelo. Este ángulo también se mide en grados y es vital para maximizar la captación de energía solar. La inclinación óptima varía según la latitud del lugar de instalación: en general, en latitudes altas, los paneles deben estar más inclinados para captar mejor el sol bajo en el horizonte, mientras que, en latitudes bajas, una inclinación menor suele ser más efectiva. Además, la inclinación adecuada ayuda a que los paneles se mantengan limpios, ya que facilita el escurrimiento del agua y la nieve, reduciendo el mantenimiento.

Para el dimensionamiento de estas dos variables de la planta de placas fotovoltaicas, se va a hacer uso del software proporcionado por la Unión Europea PVGIS, que hace referencia a Photovoltaic Geographical Information System. Este software, desarrollado por el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea, proporciona datos precisos de radiación solar y permite simular la producción de energía fotovoltaica en diversas ubicaciones y

configuraciones. Este software utiliza modelos detallados de radiación solar y datos meteorológicos para ofrecer recomendaciones precisas sobre la orientación y la inclinación óptimas de los paneles solares.

En el caso específico de la planta fotovoltaica dimensionar, se ha utilizado PVGIS para determinar los ángulos óptimos de Azimut e inclinación. Los resultados obtenidos mediante esta herramienta no solo permiten ajustar adecuadamente los paneles para maximizar la captación solar, sino que también ayudan a prever la producción energética anual y a realizar un diseño más eficiente y sostenible de la planta. La implementación de estas recomendaciones asegura que los paneles operen en su máximo rendimiento posible, lo cual es esencial para el éxito económico y la sostenibilidad ambiental del proyecto.

Los datos de entrada proporcionados a PVGIS han sido la latitud de la ubicación de la planta, el tipo de módulo fotovoltaico y el tipo de montaje.

Latitud: 37,13 °

Módulo: Monocristalino

Montaje: Fijo

Se obtienen los siguientes resultados dadas por el software:

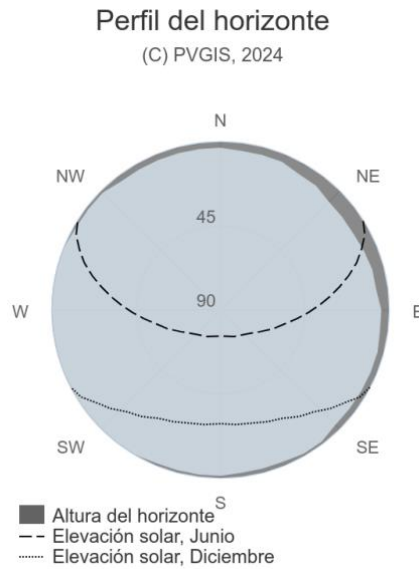


Figura 13 Perfil de horizonte

Resultados de la simulación:	
Ángulo de inclinación [°]:	34 (opt)
Ángulo de azimut [°]:	0 (opt)
Producción anual FV [kWh]:	1660.71
Irradiación anual [kWh/m ²]:	2171.75
Variación interanual [kWh]:	49.12

Figura 14 Resultado de simulación PVGIS

Por tanto, se selecciona un **ángulo óptimo de inclinación de 34°** y un **ángulo de Azimut de 0°** para el dimensionamiento de la planta.

5.3 DISTRIBUCIÓN Y NÚMERO DE PLACAS

Este capítulo se centra en determinar la cantidad de placas fotovoltaicas que compondrán la instalación y en cómo distribuir las eficientemente en el área disponible.

Una vez terminado el dimensionamiento. Procedemos a calcular la distancia mínima entre paneles, para saber la separación que debe haber entre los mismos a la hora de su distribución en el terreno seleccionado

La distancia mínima debe asegurar que los paneles no generen sombras los unos a los otros impidiendo así su captación de luz solar. Para el cálculo de las distancias mínimas, hará falta obtener el resultado de las diferentes dimensiones.

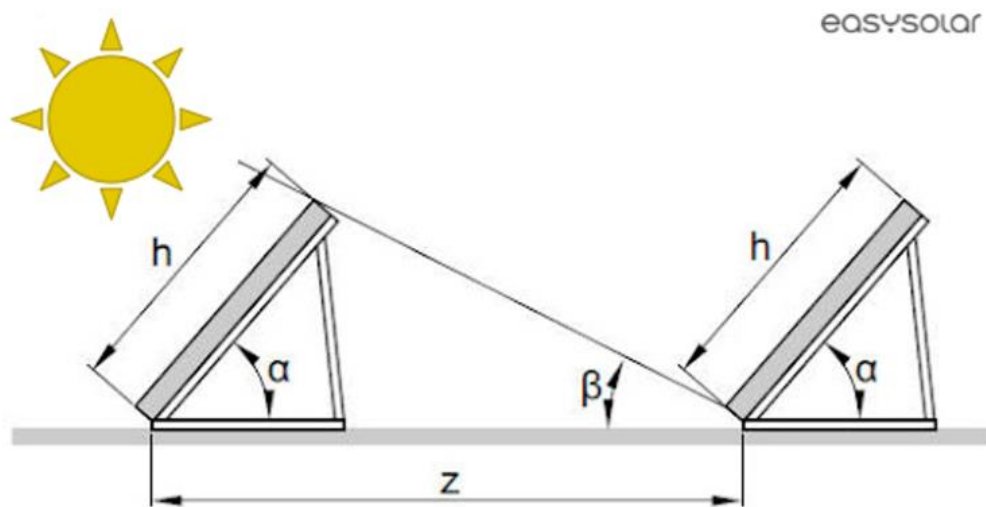


Figura 15 Distancia mínima [15]

El primer cálculo que debemos hacer es el del ángulo β . Como se trata de calcular la distancia mínima, habrá que calcular el ángulo más restrictivo. Este se da en el solsticio de invierno, el 22 de diciembre. La fórmula es la siguiente:

$$\beta = 90^\circ - (\varphi + 23,27)$$

Donde:

$$\varphi \text{ (latitud)} = 37,17$$

Finalmente obteniendo:

$$\beta = 90^\circ - (37,17 + 23,27) = 29,6^\circ$$

Una vez obtenida β , ya solo nos quedaría calcular la distancia mínima entre paneles, ya que el resto de los datos son conocidos. Esta distancia, definida como z en la imagen, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{h * \text{seno}(180^\circ - (\alpha + \beta))}{\text{seno}(\beta)}$$

Donde:

$$\alpha \text{ (grado de inclinación)} = 34^\circ$$

$$h \text{ (altura de la estructura)} = 7,61 \text{ metros}$$

Finalmente obteniendo:

$$Z = \frac{7,61 * \text{seno}(180^\circ - (34 + 29,6))}{\text{seno}(29,6)} = 13,8 \text{ metros}$$

La distancia mínima entre filas de paneles solares deberá de ser **13,8 metros**. Se tomará una distancia lateral de 4 metros entre paneles para facilitar el paso entre ellos y poder realizar tareas de seguimiento y mantenimiento.

Se pasa ahora a diseñar la distribución de los paneles en la parcela seleccionada. Como se ha mencionado previamente, se cuentan con las subáreas A y F para colocar las estructuras. Estas subáreas son colindantes lo cual facilita la labor de distribución.

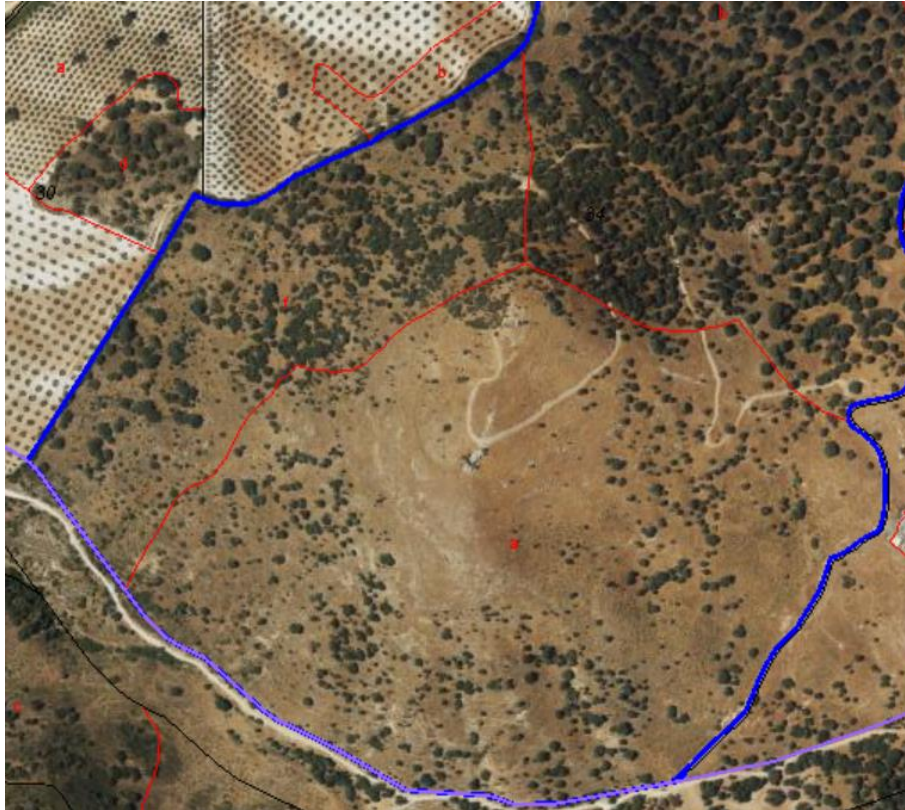


Figura 16 Subparcelas a y f

Para realizar el cálculo exacto teniendo en cuenta las distancias mínimas calculadas previamente y el área del terreno, se hace uso de la herramienta AutoCAD. A través de esta se calculó el número de plataformas instaladas, **2.288**. En la siguiente imagen se observa la distribución diseñada en este programa. Se ha utilizada el área real de la parcela, los tamaños de las estructuras y las distancias mínimas entre filas y laterales definidas anteriormente.

A través de la Sede Electrónica del estado de referencias catastrales se han obtenido las distancias y áreas del terreno y se ha diseñado a escala las placas fotovoltaicas, representadas

en la siguiente imagen por los cuadros blancos. El cuadro blanco incluye las dimensiones de la estructura añadiéndole las distancias mínimas.

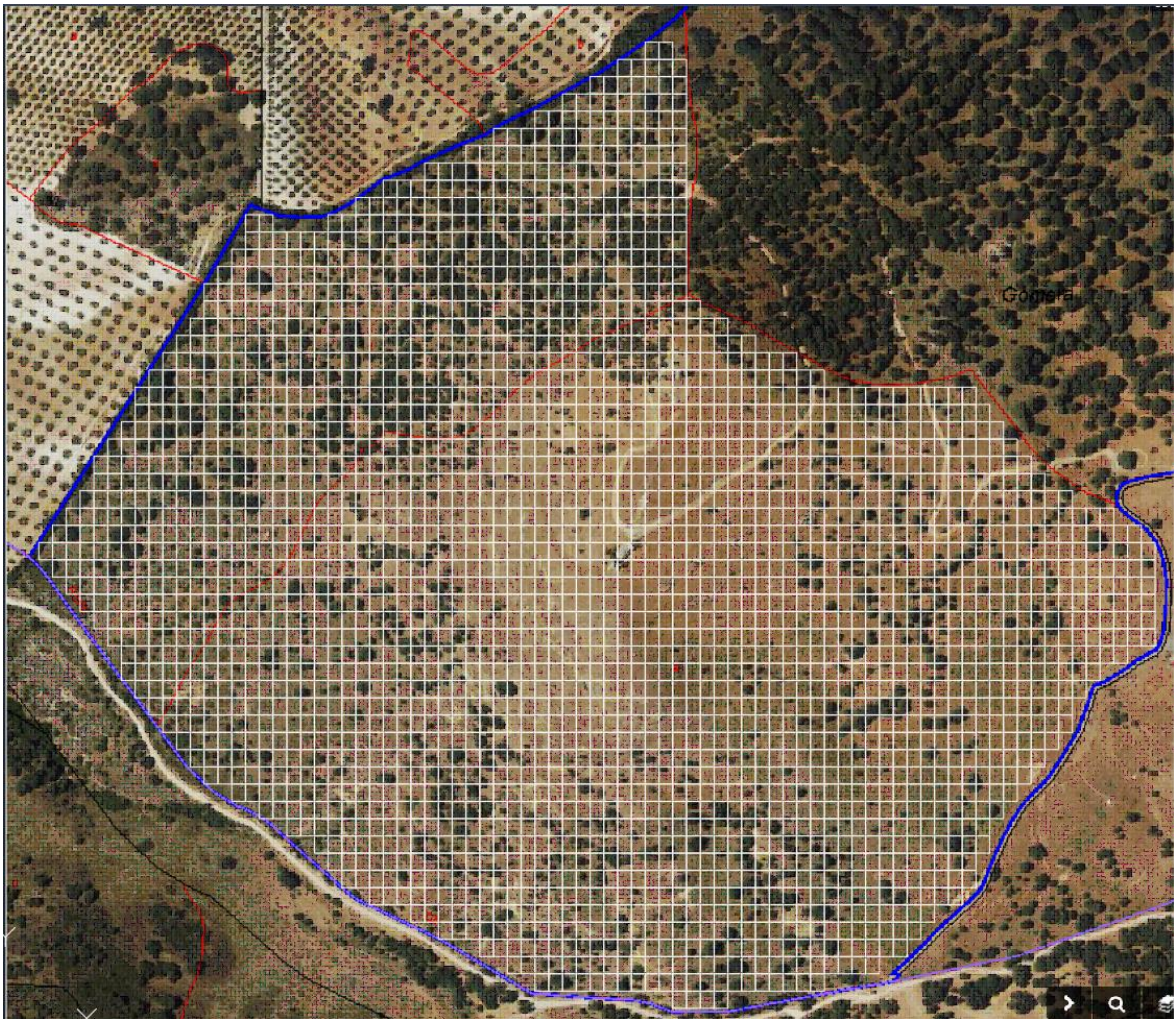


Figura 17 Diseño de la planta fotovoltaica

Tras el cálculo final de la distribución, quedan definidas todas las variables de la planta fotovoltaica.

5.4 CALCULO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez diseñada la planta, se procede a calcular la energía generada anualmente por las placas fotovoltaicas. Este proceso permite anticipar el comportamiento del sistema bajo diversas condiciones ambientales y operativas, proporcionando una estimación detallada de la producción energética esperada. En este proyecto, se ha utilizado el software PVsyst para realizar estas simulaciones y obtener una visión exhaustiva del rendimiento de la planta fotovoltaica.

PVsyst es una herramienta de simulación y análisis ampliamente reconocida en la industria fotovoltaica, que permite modelar complejos sistemas de energía solar. Este software integra una variedad de parámetros técnicos y meteorológicos para calcular la generación de energía, considerando factores como la irradiancia solar, la temperatura ambiente, el ángulo de inclinación de los paneles y las características específicas de los componentes del sistema, tales como módulos fotovoltaicos e inversores.

Se presentarán los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas con PVsyst, proporcionando una evaluación detallada de la energía eléctrica generada por la planta fotovoltaica. Estos resultados no solo validan el diseño del sistema, sino que también ofrecen una base sólida para la toma de decisiones en la planificación y optimización de la planta a largo plazo.

5.4.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO EN PVSYST

Para obtener los resultados dados por el software hay que introducir en primera instancia todos los datos calculados en los anteriores apartados.

Lo primero que queda definido es la localización del terreno. Se ha seleccionado dentro de la base de datos la localidad de El Saucejo, muy próxima al terreno, para la recogida de los datos meteorológicos de cara al cálculo. A partir de esta elección se sacan a través de un análisis histórico la temperatura e irradiancia esperado en la planta fotovoltaica

ICAI ICADE CIHS *USE THE HOME TAB TO APPLY TÍTULO I TO THE TEXT THAT YOU WANT TO APPEAR HERE.*

Nombre del proyecto	La gomera TFM	Nombre del cliente	No definido
Archivo del sitio	El Saucejo_MN81.SIT	Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=100%	Spain
Archivo de datos meteo	El Saucejo_MN81_SYN.MET	Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=100%	Sintético 0 ↓

Figura 18 Inicio de Proyecto en PVsyst

Una vez establecido los datos de localización se pasa a definir las diferentes variables del sistema. El primer parámetro a elegir es la orientación. Estas variables ya fueron calculadas previamente dando como resultado una inclinación de 34 grados y un ángulo de Acimut de 0 grados.

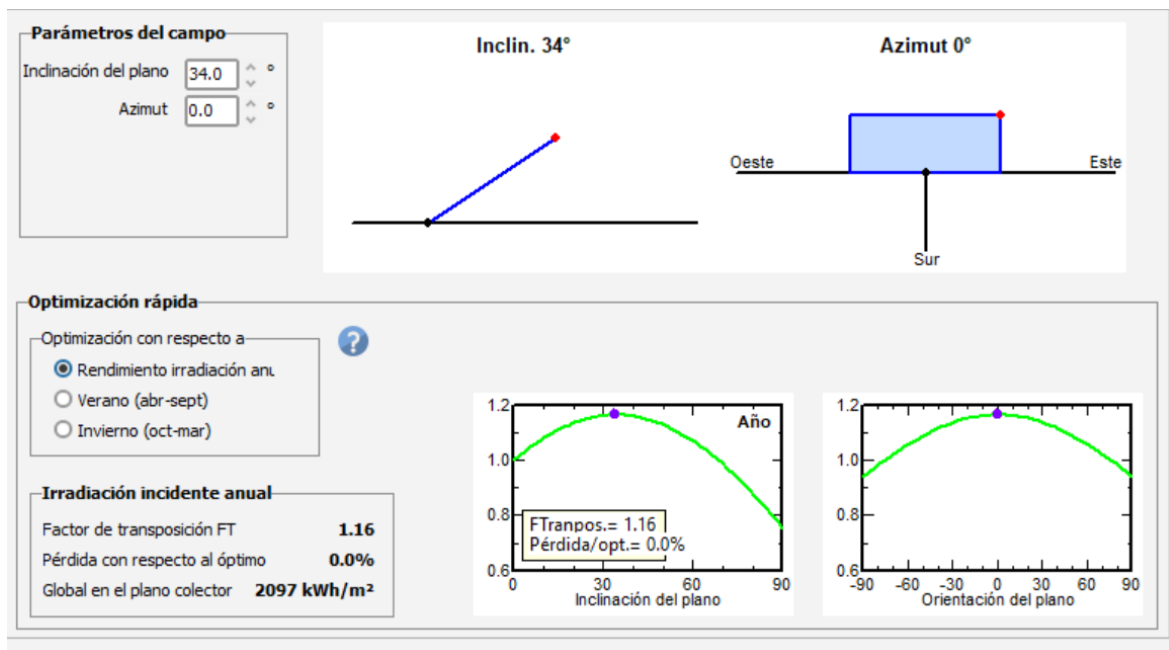


Figura 19 Ángulo de Azimut e inclinación

Como podemos observar en la imagen, Las pérdidas son cero, por lo que se comprueba que se ha seleccionado el punto óptimo. También se puede determinar a través de las gráficas inferiores, donde nos encontramos en punto máximo de ambas curvas, obtenido el mayor

factor de transposición posible, de 1.16. El factor de transposición es la relación de la irradiación incidente en el plano, a la irradiación horizontal.

El siguiente paso es la definición del sistema. Se deben elegir los modelos seleccionados de módulos fotovoltaicos e inversor.

Dentro de la base de datos del software se encuentran los modelos dimensionados con todas sus características. También se indican el número de cadenas calculadas anteriormente, de 2.288, y el número de módulos en serie, (o lo que es lo mismo) por estructura, siendo un total de 24.



Figura 20 Selección de componentes fotovoltaicos

Debido a la potencia total de la planta obtenida de las estructuras se calcula un número mínimo de inversores de 10 para su conversión.



Figura 21 Diseño de conjunto

Como se observa en la imagen, con el dimensionamiento elegido se produce una pérdida por sobrecarga del 0,2 % y una proporción De la potencia nominal de 1,28, ambos valores considerados aceptables para un proyecto de este calibre. También se muestra que las condiciones de operación de la planta son aceptables. Se concluye que el dimensionamiento del sistema es correcto.

Se definen también por defecto los valores para las pérdidas del sistema, los sombreados por otros elementos, y el horizonte. Una vez con todo el proyecto definido se simula el sistema para la evaluación de sus resultados.

5.4.2 RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección se ha llevado a cabo un análisis detallado de los resultados técnicos del sistema obtenidos tras la simulación con el software PVsyst. Los resultados más destacados se representan a través de gráficas.

En primer lugar, se muestran los principales resultados obtenidos que muestran la producción de la planta:

Resultados principales			
Producción del sistema	49647 MWh/año	Prod. normalizada	4.72 kWh/kWp/día
Prod. específica	1722 kWh/kWp/año	Pérdidas del conjunto	0.82 kWh/kWp/día
Proporción de rendimiento	0.838	Pérdidas del sistema.	0.10 kWh/kWp/día

Figura 22 Resultados principales de simulación

La producción del sistema, que alcanza los 49,647 MWh/año, es un indicador clave del éxito del proyecto. Esta cantidad significativa de energía eléctrica generada anualmente evidencia

que la planta está bien dimensionada y que se encuentra en una ubicación con una buena irradiación solar. Este nivel de producción no solo subraya la capacidad de la planta para generar energía limpia, sino que también refleja su potencial para contribuir significativamente a la reducción de las emisiones de carbono y a la sostenibilidad energética.

La producción específica de 1,722 kWh/kWp/año es otro aspecto destacable. Este valor mide la eficiencia anual del sistema por cada kilovatio pico instalado. Comparado con el promedio global, que suele variar entre 1,000 y 2,000 kWh/kWp/año dependiendo de la ubicación y las condiciones climáticas, este resultado coloca a la planta en una posición favorable. Una producción específica alta sugiere que la planta está ubicada en una ubicación con condiciones óptimas de irradiación solar y que el sistema está bien diseñado y mantenido para maximizar su rendimiento.

La proporción de rendimiento del sistema es de 0.838. Este coeficiente refleja la eficiencia con la que la planta convierte la energía solar recibida en electricidad utilizable. Un valor de 0.838 indica que el sistema es altamente eficiente, ya que solo se pierde un 16.2% de la energía debido a ineficiencias como resistencias eléctricas, efectos de temperatura y pérdidas ópticas. Este alto nivel de eficiencia es crucial para maximizar la producción de energía y minimizar las pérdidas, asegurando así que la planta opere de manera óptima.

La producción normalizada, que es de 4.72 kWh/kWp/día, representa la producción diaria media de energía por cada kilovatio pico instalado. Este valor es indicativo de un buen rendimiento diario del sistema. Comparado con valores típicos, este número sugiere que la planta está ubicada en una región con excelente exposición solar y que la operación del sistema es estable y consistente. La consistencia en la producción diaria es esencial para garantizar una generación de energía confiable y predecible, lo cual es fundamental para la planificación y gestión de la energía suministrada a la red.

Las pérdidas del conjunto, que se sitúan en 0.82 kWh/kWp/día, incluyen todas las pérdidas asociadas al sistema fotovoltaico, desde la captación de la energía solar hasta la entrega de

electricidad. Este valor es razonable y se encuentra dentro de los rangos esperados para sistemas fotovoltaicos. Las pérdidas pueden deberse a factores como sombras parciales, suciedad en los paneles, ineficiencias en los inversores y pérdidas en los cables. Mantener estas pérdidas en niveles bajos es crucial para asegurar que la mayor parte posible de la energía solar captada se convierta en electricidad utilizable.

Por último, las pérdidas del sistema, que son de 0.10 kWh/kWp/día, se refieren a las pérdidas internas del sistema, excluyendo factores externos. Este valor bajo es un indicador positivo de que el sistema interno, que incluye los paneles, inversores y cables, está funcionando de manera eficiente. Las bajas pérdidas internas sugieren que los componentes del sistema son de alta calidad y que se están realizando un buen mantenimiento y operación del sistema.

En resumen, **los resultados indican que la planta fotovoltaica está operando con alta eficiencia y efectividad.** Los valores obtenidos muestran que el sistema está bien optimizado, aprovechando al máximo la irradiación solar disponible y manteniendo las pérdidas en niveles mínimos. Estos resultados sugieren que se trata de un proyecto bien diseñado y ejecutado que cumple con los objetivos energéticos y de eficiencia establecidos.

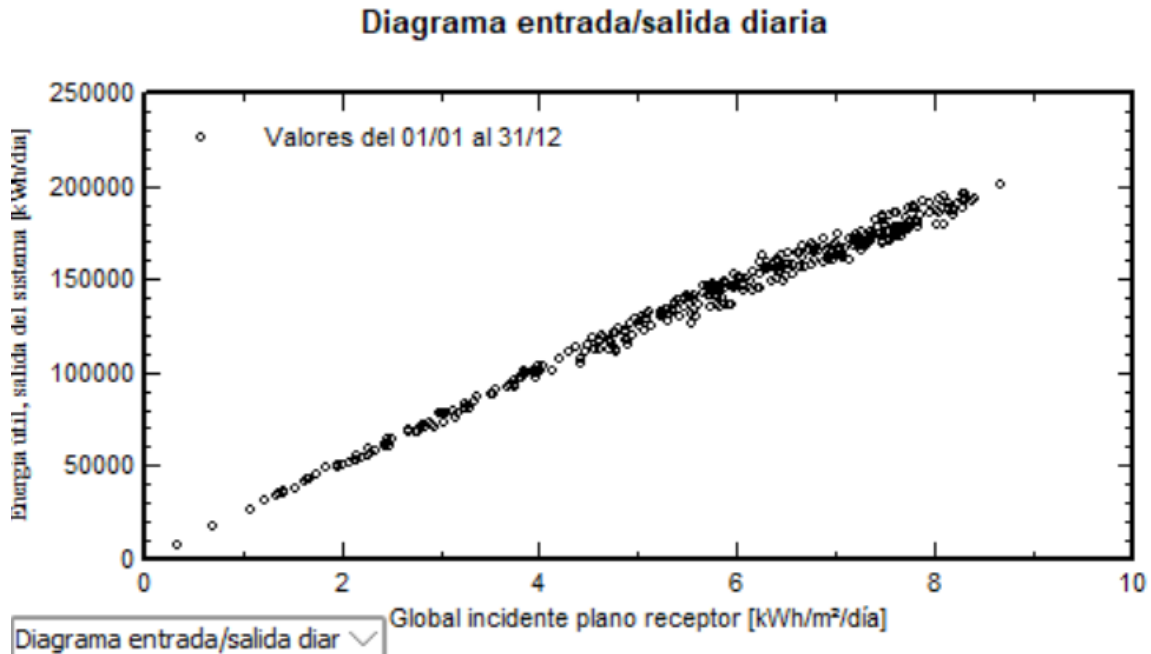


Figura 23 Diagrama entrada/salida diaria

En la siguiente imagen se representa el diagrama de entrada/salida, que muestra gráficamente la potencia diaria inyectada a la red en relación con la irradiancia incidente sobre los módulos. El gráfico representa los 365 días del año mediante circunferencias, como se muestra en la leyenda del gráfico. Cada una representa mediante su posición en el sistema de referencia la potencia inyectada a la red y la irradiancia global de ese día. Se puede observar mediante la gráfica que un alto porcentaje de los días se encuentran, entre las franjas de 100 MWh/día y 150 MWh/día. Los días fuera de ese intervalo representan los días con menos horas de sol en invierno (las circunferencias en posiciones más cercanas a menor potencia) y los días con mayor horas entorno al mes de junio (las circunferencias con posiciones de mayor potencia al día).

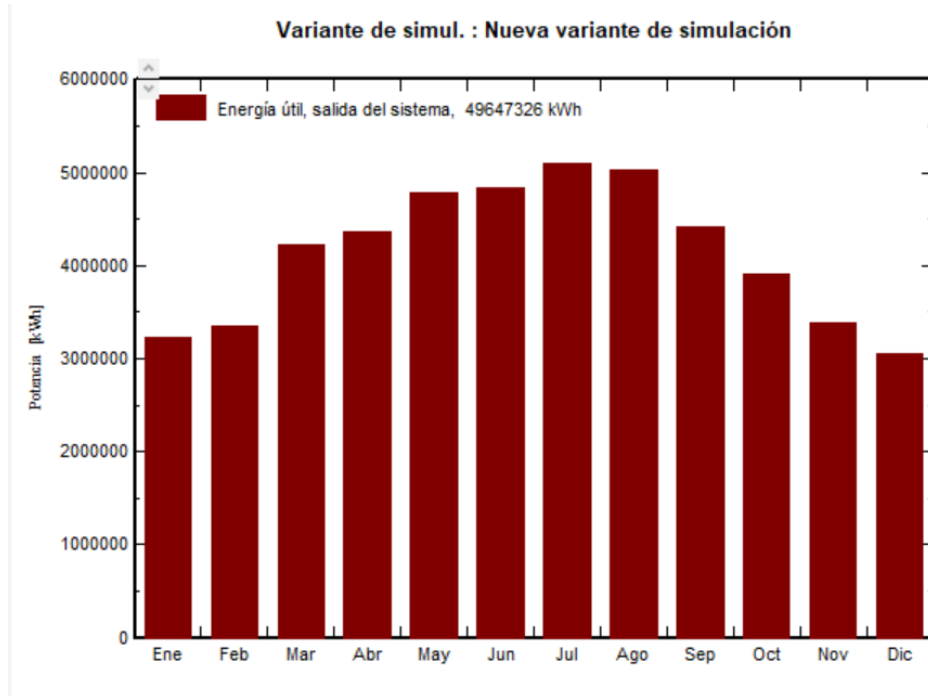


Figura 24 Energía útil mensual

La gráfica muestra la energía útil mensual generada por el sistema fotovoltaico a lo largo de un año, con un total de 49.647.326 kWh producidos. La producción de energía varía significativamente mes a mes, reflejando las diferencias estacionales en la irradiación solar.

La producción de energía alcanza su punto máximo durante los meses de verano, específicamente en julio y agosto, donde supera los 5.000.000 kWh mensuales. Estos picos se deben a la mayor cantidad de horas de sol y a la mayor intensidad de la irradiación solar durante estos meses. Por otro lado, los meses de menor producción son diciembre, enero y febrero, con valores que rondan los 3,000,000 kWh mensuales. Esta disminución en la producción se debe a las condiciones invernales, que incluyen menos horas de luz solar y menor intensidad de irradiación.

La gráfica refleja claramente la influencia de la estacionalidad en la producción de energía. Durante los meses de verano, la planta fotovoltaica aprovecha al máximo la irradiación solar, logrando una producción significativamente mayor. En contraste, durante los meses de

invierno, la producción disminuye debido a las condiciones climáticas menos favorables. Sin embargo, es notable que incluso en los meses de menor producción, el sistema sigue generando una cantidad considerable de energía, demostrando su capacidad para operar eficazmente a lo largo del año.

A pesar de la variabilidad estacional, la planta fotovoltaica mantiene una producción de energía consistente y significativa a lo largo de los doce meses. Esta consistencia es muy importante para la planificación y gestión de la energía suministrada a la red, asegurando una fuente de energía renovable fiable y predecible. La capacidad del sistema para adaptarse a las diferencias estacionales y continuar operando de manera efectiva acentúa eficiencia del diseño e implementación del proyecto fotovoltaico.

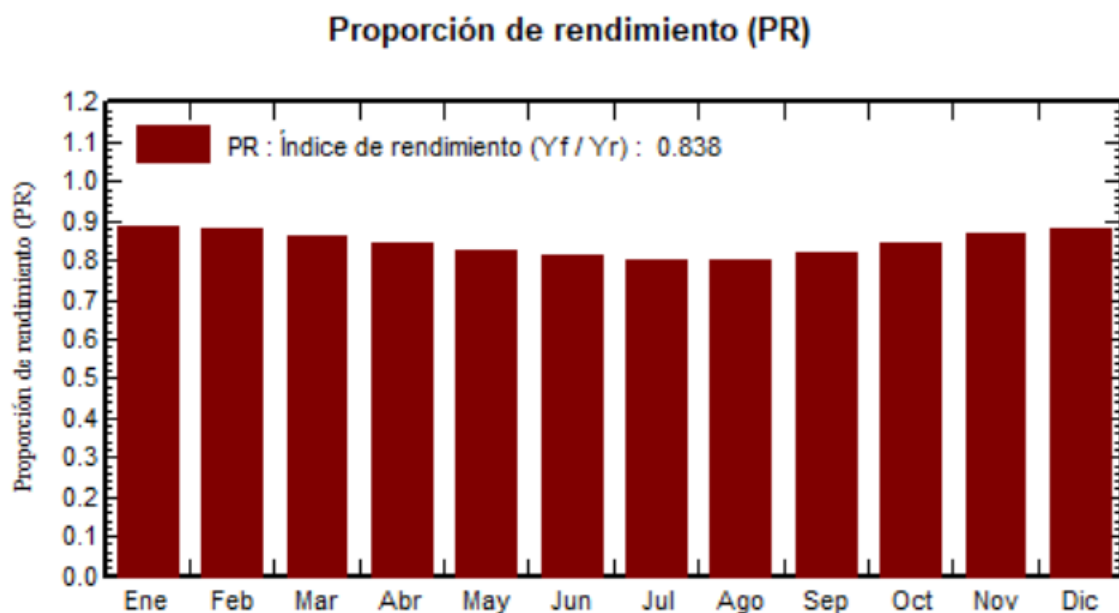


Figura 25 Proporción de rendimiento

La gráfica muestra la proporción de rendimiento (PR) mensual del sistema fotovoltaico a lo largo del año, con un índice de rendimiento promedio anual de 0.838. La PR es una

métrica que mide la eficiencia del sistema fotovoltaico al comparar la energía realmente producida con la energía que se esperaría producir bajo condiciones ideales.

La proporción de rendimiento se mantiene relativamente constante a lo largo de los meses, oscilando ligeramente alrededor del valor promedio de 0.838. Esta uniformidad sugiere que el sistema fotovoltaico opera de manera consistente y eficiente, independientemente de las variaciones estacionales en la irradiación solar. La constancia en la PR mensual refleja un diseño y mantenimiento adecuados del sistema, que permiten minimizar las pérdidas y maximizar la producción de energía.

En términos de rendimiento mensual, los meses de febrero y diciembre muestran una ligera variación positiva en la PR, superando el valor de 0.85. Esto podría estar relacionado con las temperaturas más bajas, que aumentan la eficiencia de los paneles solares. En contraste, los meses de verano, como junio, julio y agosto, presentan una PR ligeramente inferior, cercana a 0.83, debido a las altas temperaturas en esa época del año.

Un PR promedio de 0.838 es indicativo de un sistema eficiente, con pérdidas razonables debido a factores como temperatura, suciedad en los paneles, eficiencia del inversor, y otras ineficiencias inherentes al sistema. Este factor es clave para maximizar la producción de energía. La consistencia observada en la gráfica sugiere que el sistema varía poco frente a variaciones estacionales y está bien optimizado.

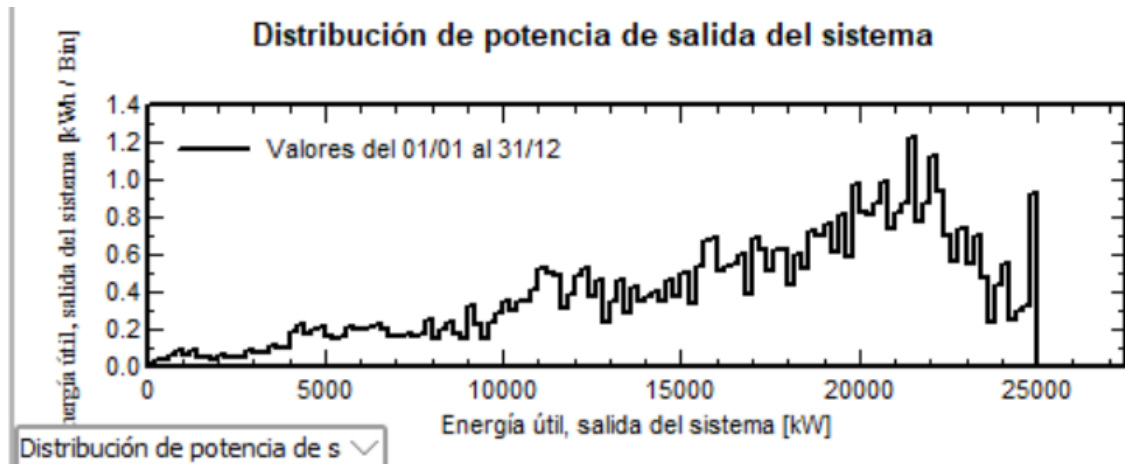


Figura 26 Distribución de potencia de salida del sistema

La gráfica presenta la distribución de la potencia de salida del sistema fotovoltaico a lo largo del año, mostrando cómo varía la energía útil generada en diferentes intervalos de potencia. Esta distribución muestra el comportamiento del sistema y su rendimiento en distintos niveles de generación.

La distribución de la potencia de salida del sistema muestra que la mayoría de la energía útil se genera en rangos de potencia intermedios, entre aproximadamente 5.000 kW y 20.000 kW. Hay una notable variabilidad en la cantidad de energía generada en estos rangos, lo cual refleja las fluctuaciones diarias y estacionales en la irradiación solar y las condiciones operativas del sistema.

Los valores más bajos de energía generada, menores a 5,000 kW, son menos frecuentes. Esto sugiere que el sistema rara vez opera a capacidades extremadamente bajas, lo cual es positivo ya que indica un uso eficiente del potencial disponible. Las instancias de generación en este rango pueden estar asociadas con días de baja irradiación solar, como en días nublados o en los meses de invierno.

En el rango de 10,000 kW a 20,000 kW, se observa una mayor densidad de barras, indicando que el sistema opera frecuentemente dentro de este rango de potencia. Este comportamiento es consistente con un sistema bien dimensionado que maximiza la

generación de energía bajo condiciones solares típicas. La variabilidad en este rango también refleja las condiciones diarias cambiantes, la variabilidad meteorológica y los diferentes niveles de irradiación solar a lo largo del día.

La gráfica también muestra picos en los niveles de salida de potencia cercanos a los 25,000 kW, aunque menos frecuentes. Estos picos representan los momentos en los que el sistema opera cerca de su capacidad máxima, típicamente durante los días de mayor irradiación solar en los meses de verano. La presencia de estos picos indica que el sistema es capaz de alcanzar altos niveles de generación, aprovechando al máximo las condiciones solares óptimas.

La distribución de potencia de salida proporciona una visión detallada de cómo el sistema fotovoltaico responde a las condiciones operativas a lo largo del año. Un rango amplio y una mayor densidad de barras en los niveles intermedios de potencia sugieren que el sistema es capaz de mantener un rendimiento estable y eficiente bajo diversas condiciones solares. La capacidad del sistema para alcanzar picos altos de generación también indica un buen aprovechamiento de las condiciones solares óptimas.

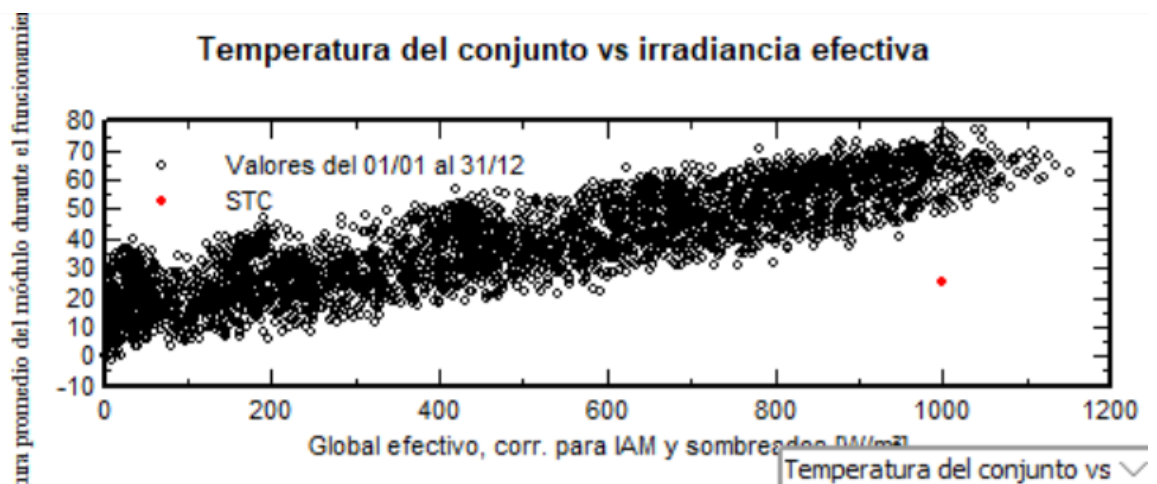


Figura 27 Temperatura del conjunto vs irradiancia efectiva

La gráfica muestra la relación entre la temperatura del conjunto fotovoltaico y la irradiancia efectiva a lo largo del año. Esta relación sirve para entender cómo las condiciones de irradiación afectan la temperatura operativa de los paneles solares, y, en consecuencia, su eficiencia.

La distribución de puntos negros en la gráfica indica los valores diarios registrados desde el 1 de enero al 31 de diciembre. En el eje horizontal se representa la irradiancia efectiva, corregida para el ángulo de incidencia y el sombreado (W/m^2), mientras que en el eje vertical se muestra la temperatura promedio del módulo durante su funcionamiento ($^{\circ}\text{C}$).

Se observa una clara tendencia ascendente en la gráfica: a medida que la irradiancia efectiva aumenta, la temperatura del conjunto también lo hace. Esta correlación positiva es esperada, ya que los paneles solares tienden a calentarse más con una mayor exposición a la luz solar. La mayoría de los puntos se concentran en el rango de 0 a $800 \text{ W}/\text{m}^2$ de irradiancia efectiva, con temperaturas del conjunto variando principalmente entre 10°C y 60°C .

Un dato destacable es el punto rojo que representa las condiciones de prueba estándar (STC), generalmente a $1000 \text{ W}/\text{m}^2$ y 25°C . Este punto sirve como referencia para evaluar el rendimiento de los módulos bajo condiciones controladas. Comparando este punto con la distribución de datos reales, podemos notar que las temperaturas operativas suelen ser considerablemente más altas que 25°C cuando la irradiancia es alta, lo cual puede afectar la eficiencia de los módulos.

La relación observada tiene importantes implicaciones para el rendimiento del sistema fotovoltaico. A medida que la temperatura del conjunto aumenta, la eficiencia de conversión de los paneles solares típicamente disminuye

La tendencia ascendente indica que, a mayores niveles de irradiancia, los paneles operan a temperaturas más altas, lo cual puede reducir su eficiencia de conversión. Estos resultados subrayan la importancia de considerar la gestión térmica en el diseño y operación de sistemas fotovoltaicos para maximizar su rendimiento y eficiencia a lo largo del año.

En cuanto a las pérdidas del sistema, El software nos ofrece los siguientes gráfica, que incluye todas las pérdidas que experimenta el sistema solar desde la conversión de la radiación en energía en corriente continua por las células fotovoltaicas hasta que la energía final es inyectada a la red.

Diagrama de pérdida para "Nueva variante de simulación" - año

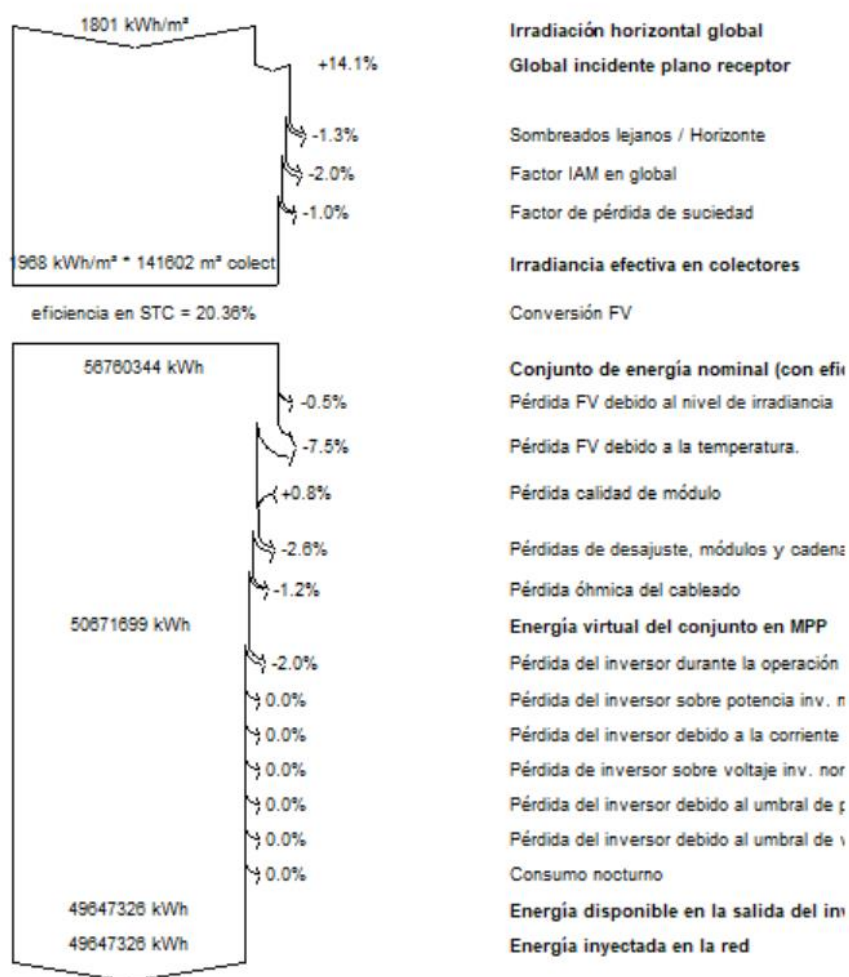


Figura 28 Pérdidas del sistema

Se destacan los siguientes aspectos desglosados de la imagen:

1. Pérdidas Iniciales en la Irradiancia Global

- Sombreados lejanos / Horizonte (-1.3%): Estas pérdidas ocurren debido a la obstrucción de la luz solar por elementos del entorno como, árboles, colinas, etc. Esto reduce la cantidad de irradiancia que llega a los paneles solares, disminuyendo la energía captada.
- Factor IAM en global (-2.0%): IAM (Incidence Angle Modifier) es un factor que mide la reducción de la irradiancia efectiva debido al ángulo de incidencia de la luz solar sobre la superficie de los paneles. La eficiencia de los paneles disminuye cuando la luz solar incide en un ángulo que no es perpendicular a la superficie de los paneles.
- Factor de pérdida de suciedad (-1.0%): Esta pérdida se debe a la acumulación de polvo, suciedad, hojas, etc., en la superficie de los paneles solares. La suciedad bloquea parte de la luz solar, reduciendo la cantidad de energía que los paneles pueden generar.

2. Pérdidas en la Irradiancia Efectiva en Colectores

- Conversión FV (Fotovoltaica): Este paso implica la conversión de la irradiancia efectiva en electricidad mediante células fotovoltaicas. La eficiencia en condiciones estándar de prueba (STC) es del 20.38%, indicando la proporción de irradiancia convertida en energía eléctrica.

3. Conjunto de Energía Nominal

- Pérdida FV debido al nivel de irradiancia (-0.5%): La eficiencia de los paneles puede variar con el nivel de irradiancia, ya que no siempre operan en las condiciones óptimas de luz solar. Esto causa pequeñas fluctuaciones en la producción de energía debido a cambios en la intensidad de la luz solar.
- Pérdida FV debido a la temperatura (-7.5%): Las células fotovoltaicas son sensibles a la temperatura; su eficiencia disminuye cuando la temperatura aumenta. Esta es una

de las pérdidas más significativas, ya que las altas temperaturas pueden reducir notablemente la producción de energía.

- Pérdida calidad de módulo (+0.8%): Las variaciones en la calidad de los módulos fotovoltaicos pueden llevar a diferencias en la producción de energía. Este valor positivo podría indicar una mejora o ajuste en la calidad de los módulos instalados.
- Pérdidas de desajuste, módulos y cadenas (-2.6%): Estas pérdidas se deben a las diferencias en el rendimiento de los módulos conectados en serie o paralelo. Las discrepancias en las características eléctricas pueden llevar a una reducción en la eficiencia global del sistema.
- Pérdida óhmica del cableado (-1.2%): La resistencia eléctrica en los cables provoca pérdidas de energía a medida que la corriente se desplaza desde los paneles hacia el inversor y otros componentes del sistema.

4. Energía Virtual del Conjunto en MPP

- Pérdida del inversor durante la operación (-2.0%): Los inversores, que convierten la corriente continua (DC) en corriente alterna (AC), tienen una eficiencia limitada y pueden perder una parte de la energía durante la conversión.
- Pérdida del inversor sobre potencia inv. nominal (-2.0%): Cuando la producción de energía excede la capacidad nominal del inversor, se produce una pérdida porque el inversor no puede manejar el exceso de energía.

5. Energía Disponible en la Salida del Inversor

Energía inyectada en la red: Finalmente, esta es la energía útil que se inyecta en la red, después de todas las pérdidas descritas anteriormente. En este caso, el valor es 49.647.328 kWh, que representa la cantidad de energía neta aprovechable después de considerar todas las pérdidas del sistema.

Tras el desglose de las pérdidas, queda por finalizado el análisis técnico de la planta fotovoltaica.

Capítulo 6. CÁLCULO TÉCNICO BIOMASA

La biomasa de poda de olivos representa una fuente significativa y sostenible de energía renovable en regiones agrícolas. La gestión adecuada de estos residuos no solo proporciona una alternativa energética viable, sino que también ayuda a reducir la acumulación de desechos agrícolas y mejora la sostenibilidad del cultivo del olivo. En Andalucía, donde la producción de olivos es una actividad agrícola predominante, la poda es una práctica esencial para mantener la salud y productividad de los árboles, mejorar la calidad del fruto y facilitar la cosecha. Este apartado se centra en el cálculo del número de toneladas anuales de poda por hectárea de olivos, proporcionando una base para evaluar el potencial energético de esta biomasa en la finca.

6.1 MODELOS DE PLANTACIÓN Y TÉCNICAS DE PODA

La poda de olivos es una práctica agrícola regular que se lleva a cabo para gestionar el crecimiento del árbol y optimizar su producción. En Andalucía, los olivos son el cultivo más representativo, y su poda genera una cantidad considerable de residuos vegetales que pueden ser convertidos en biomasa. La biomasa, en este contexto, se refiere a los restos orgánicos que, mediante procesos de conversión, pueden ser utilizados para la producción de energía térmica o eléctrica. La utilización de estos residuos no solo ofrece una alternativa a los combustibles fósiles, sino que también contribuye a una economía circular al valorizar subproductos agrícolas.

La poda de olivos ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo. Tradicionalmente, la poda se realizaba de forma manual, con herramientas simples como tijeras de podar y serruchos. Este método, aunque efectivo, era laborioso y requería una gran cantidad de mano de obra. La poda se enfocaba en la eliminación de ramas secas, dañadas o improductivas, así como en la regulación del crecimiento del árbol para mejorar la penetración de luz y aire.

Con el avance de la tecnología y las prácticas agrícolas, la poda ha incorporado técnicas más eficientes y menos laboriosas. En la actualidad, se utilizan herramientas eléctricas y neumáticas que facilitan el trabajo y reducen el tiempo necesario para podar cada árbol. Además, la poda se ha adaptado a diferentes sistemas de cultivo.

La recolección de aceitunas también ha experimentado una evolución considerable. Originalmente, se realizaba manualmente mediante el vareo, donde los trabajadores golpeaban las ramas con varas para desprender los frutos, que caían en mantas colocadas en el suelo. Este método, aunque efectivo, era lento y requería mucha mano de obra. Con la introducción de maquinaria especializada, como las vibradoras de tronco y las cosechadoras automáticas, la recolección se ha vuelto mucho más eficiente. Estas máquinas pueden desprender los frutos con mayor rapidez y precisión, reduciendo los costos de mano de obra y el tiempo de cosecha.

La cantidad de biomasa de poda generada por hectárea de olivos depende de varios factores, incluyendo la edad del olivo, la variedad del árbol, la densidad de plantación, las técnicas de poda empleadas y las condiciones climáticas y del suelo. Los olivos jóvenes tienden a producir menos biomasa en comparación con los árboles maduros. Además, diferentes variedades de olivos pueden tener tasas de producción de poda distintas. La densidad de plantación, que se refiere al número de árboles por hectárea, influye directamente en la cantidad de poda generada. Las técnicas de poda y su frecuencia también afectan la cantidad de residuos; una poda más intensiva puede resultar en una mayor cantidad de biomasa. Finalmente, las condiciones climáticas y del suelo pueden impactar el crecimiento y desarrollo de los olivos, y por ende, la cantidad de poda producida.

En los cultivos de olivos, existen diferentes marcos de plantación que se utilizan para optimizar el espacio y la producción. Los marcos más comunes son el tradicional, intensivo y superintensivo. El marco tradicional tiene una disposición más amplia de los árboles, permitiendo un mayor espacio entre ellos. En contraste, los marcos intensivo y

superintensivo tienen una mayor densidad de plantación, con árboles más cercanos entre sí para maximizar el rendimiento por hectárea.

En la finca de Osuna, los olivos están plantados en terrenos inclinados, lo que influye en la elección del marco de plantación. El marco utilizado es de 6x8 metros, conocido como "trevolillo". Este diseño permite una distribución adecuada de los árboles, facilitando tanto la poda como la cosecha mecanizada, especialmente en terrenos con pendiente.

6.2 CÁLCULO DE VOLUMEN DE BIOMASA

Para calcular el número de toneladas anuales de poda por hectárea de olivos, se van a realizar los siguientes pasos:

El primer paso implica la identificación del área de estudio, en este caso, la finca, y la caracterización de la plantación de olivos. Es esencial recopilar información detallada sobre la edad de los olivos, la variedad cultivada, la densidad de plantación y las técnicas de poda empleadas. Además, se debe realizar una revisión de la literatura y datos locales que puedan proporcionar valores de referencia sobre la producción de biomasa de poda en condiciones similares.

Utilizando modelos o fórmulas basadas en estudios anteriores, se puede estimar la cantidad de poda generada por árbol o por hectárea. En un estudio realizado en Andalucía indica que, en promedio, un olivo puede generar entre 20 y 30 kg de poda al año (García y Morales, 2022). Multiplicando esta cantidad por la densidad de plantación (número de olivos por hectárea), se puede calcular la biomasa de poda por hectárea. Se procede a calcular la densidad de plantación por hectárea.

Como se ha mencionado antes, el marco utilizado en la finca es de 6x8 metros cuadrados. A partir de este dato se puede calcular el número de plantaciones por hectáreas con la siguiente ecuación:

$$\text{Plantaciones por hectarea} = 1 \text{ ha} * \frac{10.000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} * \frac{1 \text{ plantación}}{48 \text{ m}^2} = 208,3 \approx 208$$

Se va a suponer un promedio de 25 kg de poda producida por olivo, utilizando como base el estudio previamente realizado:

$$\begin{aligned} \text{Toneladas por hectarea:} & \frac{208 \text{ olivos}}{1 \text{ ha}} * \frac{25 \text{ Kg de biomasa anuales}}{1 \text{ olivo}} \\ & = 5.200 \text{ Kg de biomasa anuales/ha} \\ & = 5.2 \text{ toneladas de biomasa anuales/ha} \end{aligned}$$

En el caso de la finca, la densidad de plantación es de 208 árboles por hectárea y cada árbol produce 25 kg de poda anualmente, la cantidad de biomasa de poda sería de 5.2 toneladas por hectárea.

Como se ha comentado anteriormente, la finca cuenta con alrededor de 92 hectáreas con plantación de olivos, repartidas entre las parcelas 19,36 y 34 (esta último donde se ha dimensionado la planta fotovoltaica) . Por tanto, se puede estimar la siguiente producción anual de biomasa agrícola en la finca:

$$\text{Producción total de biomasa} = 92 \text{ ha} * 5.2 \text{ toneladas de biomasa anuales/ha} = 478,4 \text{ toneladas de biomasa anuales}$$

Este cálculo sugiere que la finca agraria puede generar aproximadamente 478,4 toneladas de biomasa de poda de olivos anualmente.

El cálculo detallado de la biomasa de poda de olivos proporciona una estimación del potencial energético que estos residuos pueden ofrecer. En el caso de la finca en Osuna, se estima que se pueden generar 478 toneladas de biomasa anualmente. Se ha decidido vender esta biomasa a un centro de conversión a energía eléctrica. Inicialmente se propuso producir

la energía eléctrica en la misma finca. Pero debido a la complejidad e inversión del proceso se ha optado por la venta de la materia prima y actuar como proveedor, pero sin perder el foco de la generación de energía limpia para un futuro sostenible.

Capítulo 7. ESTUDIO ECONÓMICO

En esta sección se examinan detalladamente los aspectos económicos relacionados con la instalación y operación tanto de la planta fotovoltaica como del sistema de biomasa en la finca de Osuna. Se analizan los costes de inversión (CAPEX) y los costes operativos y de mantenimiento (OPEX). Los resultados se presentan mediante gráficos y tablas incluidos en este análisis económico.

Para obtener estos resultados, es necesario definir varias variables económicas específicas para ambos sistemas. En el caso de la planta fotovoltaica, muchos de estos parámetros se configurarán utilizando valores predeterminados por herramientas especializadas como PVsyst. El factor más crucial para los resultados económicos del sistema solar es la tarifa de venta de la electricidad a la red. Para este proyecto, se ha establecido una tarifa de venta fija de **0,035 €/kWh**, según lo proporcionado por Red Eléctrica de España (REE).

Respecto al sistema de biomasa, se tiene en cuenta el valor del mercado para la venta de biomasa y los posibles incentivos o subsidios disponibles para la generación de energía a partir de fuentes renovables. La producción de biomasa a partir de la poda de olivos no solo reduce los costes de gestión de residuos, sino que también ofrece una fuente adicional de ingresos mediante su venta. Se ha establecido un precio de **60 €/tonelada**.

Para realizar el proyecto se ha supuesto una duración a largo plazo, de **40 años**. Esta duración es de un tiempo estándar para proyectos fotovoltaicos de estas dimensiones para poder amortizar los activos durante toda su vida útil. En cuanto a la inflación anual, que afectará tanto al precio de las ventas como al de los costes, se ha establecido un **3% para los próximos dos años** debido a los niveles actuales, manteniendo a partir de ese momento un **2% más estable para el resto del proyecto**.

A continuación, se presentan los costes de inversión (CAPEX) y los costes operativos y de mantenimiento (OPEX) tanto de la planta fotovoltaica como del sistema de biomasa. Los

presupuestos detallados en las siguientes tablas se han obtenido extrapolando datos de proyectos similares, con el objetivo de proporcionar estimaciones económicas lo más precisas posibles.

7.1 CAPEX

En este apartado se detalla el análisis de los costos de inversión (CAPEX) necesarios para la instalación de una planta fotovoltaica y la implementación del sistema de biomasa utilizando la poda de olivos. La inversión se ha estructurado en cinco categorías principales: Equipos Fotovoltaicos, Instalación y Construcción, Conexión a la Red, Sistemas de Biomasa y Costes Indirectos. La tabla detallada de los elementos que componen cada categoría se encuentra en el anexo de este documento.

Categoría	Descripción	Importe Total (€)
Equipos Fotovoltaicos	Elementos necesarios para la generación y conversión de energía solar.	8.805.960 €
Instalación y Construcción	Equipos y trabajos necesarios para el montaje y la puesta en marcha del sistema fotovoltaico.	275.000 €
Conexión a la Red	Estructuras y gastos necesarios para conectar la planta fotovoltaica a la red eléctrica.	72.000 €
Sistemas de Biomasa	Equipos y sistemas específicos para integrar la biomasa proveniente de la poda de olivos.	25.000 €
Costes Indirectos	Gastos asociados como contingencias, seguros, consultoría medioambiental y financiera.	1.035.496 €

Total	10.213.456 €
--------------	--------------

Tabla 8 CAPEX

Se procede a realizar un análisis de las categorías mostradas.

- Equipos Fotovoltaicos

La categoría de Equipos Fotovoltaicos representa la inversión más significativa del proyecto, con un total de 8.805.960 €. Esta categoría incluye entre otros elementos los paneles solares de alta eficiencia, los inversores que convierten la corriente continua en corriente alterna y los transformadores necesarios para adaptar la energía generada a la red eléctrica. La elección de equipos de alta calidad asegura una mayor eficiencia y durabilidad del sistema, garantizando así la sostenibilidad y el rendimiento a largo plazo. La inversión en estos equipos es importante para maximizar la producción de energía solar y optimizar el retorno de la inversión.

- Instalación y Construcción

La instalación y construcción de la planta fotovoltaica implica un costo total de 275.000 €. Esta categoría no solo abarca los trabajos de montaje de los paneles solares y las estructuras de soporte necesarias para su correcta instalación, sino que también incluye los costos relacionados con la preparación del terreno, obras civiles, seguridad y señalización del área. Estos trabajos son esenciales para asegurar que los paneles solares estén adecuadamente fijados y orientados, así como para garantizar la seguridad y el cumplimiento de las normativas durante el proceso de construcción. La inversión en esta etapa asegura que los paneles estén adecuadamente fijados y orientados para maximizar la captación de luz solar.

- Conexión a la Red

La conexión a la red eléctrica tiene un costo asociado de 72.000 €. Esta categoría incluye las estructuras de aluminio y acero necesarias para el montaje de los paneles solares, así como

los cables y conectores que permiten la integración del sistema fotovoltaico con la infraestructura eléctrica existente. La inversión en una conexión robusta y segura garantiza que la energía generada pueda ser distribuida eficientemente a la red, optimizando el uso de la energía producida y asegurando el cumplimiento de las normativas eléctricas.

- Sistemas de Biomasa

La implementación de sistemas de biomasa representa un costo total de 25.000 €. Esta categoría abarca los equipos y sistemas específicos necesarios para convertir la poda de olivos en biomasa utilizable.

- Costes Indirectos

Los costos indirectos ascienden a 1.035.496 € e incluyen una variedad de gastos necesarios para la viabilidad del proyecto. Dentro de esta categoría se encuentran los seguros que cubren riesgos durante la instalación y operación, y los servicios de consultoría medioambiental y financiera. La consultoría medioambiental asegura el cumplimiento de las normativas y minimiza el impacto ambiental del proyecto, mientras que la consultoría financiera proporciona una planificación adecuada y gestión eficiente de los recursos económicos. Estos costos indirectos sirven de soporte para poder conseguir la viabilidad técnica, legal y económica del proyecto.

El importe total del CAPEX del proyecto asciende a 10.213.456 €, desglosado en las categorías mencionadas. Este presupuesto se ha elaborado con base en datos de proyectos similares para asegurar que los costes estimados sean lo más precisos y realistas posible. La inversión en equipos de alta calidad y en una infraestructura robusta asegura la eficiencia y la durabilidad del sistema, garantizando así la viabilidad económica y operativa del proyecto a largo plazo.

Para obtener una visión más detallada de los elementos específicos y sus costes individuales, se incluye una tabla detallada en el anexo de este documento. Esta tabla proporciona un desglose completo de todos los componentes y servicios involucrados, facilitando un análisis exhaustivo del presupuesto del proyecto.

Analizando el computo total, la inversión prácticamente al completo se debe al proyecto de la planta fotovoltaica, incluyendo íntegramente las categorías de Equipos Fotovoltaicos, Conexión a Red e Instalación y Construcción. Por otro lado los Sistemas de biomasa solo ocupan íntegramente 25.000 euros, los cuales solo representan el 0,2% del total de la inversión inicial. Los costes indirectos son atribuidos a ambos proyectos.

7.2 OPEX

Categoría	Descripción	Importe Total (€)
Mantenimiento Fotovoltaico	Actividades necesarias para asegurar el funcionamiento óptimo de los paneles solares y otros equipos fotovoltaicos.	116.520 €
Operación Fotovoltaica	Gestión diaria del sistema fotovoltaico	25.000 €
Mantenimiento de Biomasa	Actividades necesarias para mantener las estructuras y equipos utilizados en procesar la biomasa.	3.000 €
Operación de Biomasa	Gestión diaria de biomasa, supervisión de procesos y manejo de equipos.	10.000 €

Costes Administrativos	Gastos relacionados con la gestión y administración del proyecto, incluyendo seguros y servicios.	50.000 €
Total		204.520 €

Tabla 9 OPEX

Se procede a realizar un análisis de las categorías mostradas.

- Mantenimiento Fotovoltaico

La categoría de Mantenimiento Fotovoltaico, con un costo total de 116.520 €, incluye todas las actividades necesarias para asegurar el funcionamiento óptimo de los paneles solares y otros equipos fotovoltaicos. Esto implica la limpieza regular de los paneles solares Tiger Neo N-type 72HL4-(V) y la revisión técnica periódica para identificar y reparar cualquier fallo o desgaste. Un mantenimiento adecuado es esencial para maximizar la eficiencia energética y prolongar la vida útil de los equipos, asegurando así una generación continua de energía solar.

- Operación Fotovoltaica

La operación fotovoltaica, con un costo asociado de 25.000 €, se refiere a la gestión diaria del sistema fotovoltaico, incluyendo los sueldos y la monitorización del rendimiento de los inversores la optimización de la producción de energía. Esta categoría también abarca la administración de los datos de generación y la coordinación con la red eléctrica para asegurar que la energía producida se distribuya eficientemente. Una operación eficaz es crucial para mantener la estabilidad y la rentabilidad del sistema fotovoltaico.

- Mantenimiento de Biomasa

El mantenimiento de los sistemas de biomasa tiene un costo total de 3.000 €. Esta categoría incluye las actividades necesarias para mantener en buen estado las estructuras y equipos utilizados para procesar la poda de olivos en biomasa utilizable. Las tareas de mantenimiento aseguran que los sistemas de procesamiento de biomasa funcionen de manera eficiente y segura, minimizando el tiempo de inactividad y los costos asociados a reparaciones inesperadas.

- Operación de Biomasa

La operación de los sistemas de biomasa, con un costo asociado de 10.000 €, implica la gestión diaria de la con biomasa. Estos costes están enfocados en el transporte del producto para asegurar un flujo continuo de biomasa. No se incluye el proceso de poda porque es una parte del trabajo que ya se realiza de todas formas para la producción de aceite.

- Costes Administrativos

Los costes administrativos ascienden a 50.000 € y comprenden una variedad de gastos relacionados con la gestión y administración del proyecto. Esta categoría incluye los seguros que cubren riesgos durante la operación de la planta. Además, abarca servicios de gestión necesarios para el cumplimiento de normativas y la contabilidad del proyecto. También incluye cursos de formación para los empleados. La inversión en estos costos administrativos es esencial para asegurar el correcto funcionamiento operativo del proyecto.

El importe total del OPEX del proyecto asciende a 204.520 €, desglosado en las categorías mencionadas. Este presupuesto se ha elaborado de una forma minuciosa para asegurar que los costos estimados sean lo más precisos y realistas posible. La inversión en un mantenimiento y operación adecuados garantiza la eficiencia y durabilidad del sistema, asegurando así la viabilidad operativa del proyecto a largo plazo.

Para obtener una visión más detallada de los elementos específicos y sus costos individuales, se incluye una tabla detallada en el anexo de este documento. Esta tabla proporciona un desglose completo de todos los componentes y servicios involucrados, facilitando un análisis exhaustivo del presupuesto de operación y mantenimiento del proyecto.

7.3 INGRESOS ANUALES

Como se ha mencionado previamente, se ha establecido en la introducción tanto el precio de la biomasa y electricidad como la inflación anual que sufren. Las cantidades producidas también se han calculado en el estudio técnico de la biomasa y en el fotovoltaico. Esta producción se ha decidido mantener constante en el tiempo produciéndose la misma cantidad de energía y de biomasa durante los 40 años que dura el proyecto.

Puede ser que durante esos años se produzcan variaciones tanto en la biomasa como en la producción eléctrica, pero se considera que es imposible calcular con certeza estos pequeños cambios por lo que se decide simular de esta forma.

Se muestra ahora la tabla de ingresos totales de los primeros 10 años de los 40 del proyecto para mostrar el cálculo realizado. La tabla completa de toda la duración del proyecto se incorpora en el anexo.

INGRESOS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Producción Eléctrica (Mwh)		49,647	49,647	49,647	49,647	49,647	49,647	49,647	49,647	49,647	49,647
Precio de la Electricidad por MWh	35,00 €	36,05 €	37,13 €	37,87 €	38,63 €	39,40 €	40,19 €	41,00 €	41,82 €	42,65 €	43,51 €
Producción Biomasa (t)		478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
Precio Biomasa por tonelada	60,00 €	61,20 €	62,42 €	64,30 €	66,23 €	68,21 €	70,26 €	72,37 €	74,54 €	76,77 €	79,08 €
Resultado		1.819.052 €	1.873.331 €	1.911.096 €	1.949.626 €	1.988.935 €	2.029.040 €	2.069.957 €	2.111.703 €	2.154.293 €	2.197.746 €

Tabla 10 Ingresos

Se observa la producción fija y la subida en los precios anuales conforme a la inflación establecida en el proyecto. La mayoría del ingreso viene dado por la producción de energía solar en la planta fotovoltaica.

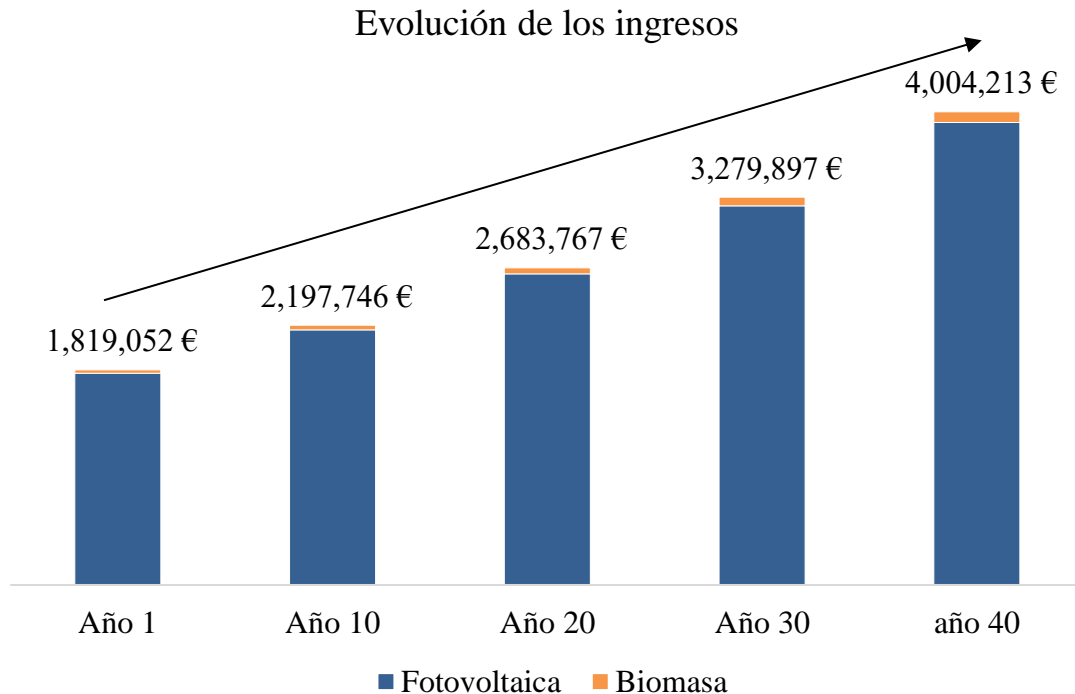


Figura 29 Evolución de ingresos

En la siguiente grafica se observa la evolución de los ingresos durante el proyecto, que aumenan de 1.819.052 euros a 4.004.213 euros, un **aumento del 120%**. Tambien se puede ver la diferencia entre las dos fuentes de ingresos, siendo la aportición de la Biomasa unicamente el **2%** de los ingresos.

7.4 COSTES

Los costes están divididos en costes de implementación y costes de funcionamientos, los anteriormente mostrados CAPEX y OPEX respectivamente. Al igual que en el anterior apartado, estos costes son sujetos a la inflación Anual.

Se vuelven a mostrar los primeros 10 años del proyecto para representar el cálculo. La tabla completa de toda la duración del proyecto se incorpora en el anexo.

COSTES	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
COSTES DE IMPLANTACIÓN											
Equipos Fotovoltaicos	8.805.860 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €
Instalación y Construcción	275.000 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €
Conexión a Red	72.000 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €
Sistemas de Biomasa	25.000 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €
Costes Indirectos	1.035.496 €										
COSTES DE FUNCIONAMIENTO											
Mantenimiento Fotovoltaico		120.016 €	123.616 €	126.088 €	128.610 €	131.182 €	133.806 €	136.482 €	139.212 €	141.996 €	144.836 €
Operación Fotovoltaica		25.750 €	26.523 €	27.053 €	27.594 €	28.146 €	28.709 €	29.283 €	29.869 €	30.466 €	31.075 €
Mantenimiento Biomasa		3.090 €	3.183 €	3.246 €	3.311 €	3.378 €	3.445 €	3.514 €	3.584 €	3.656 €	3.729 €
Operación Biomasa		10.300 €	10.609 €	10.821 €	11.038 €	11.258 €	11.484 €	11.713 €	11.947 €	12.186 €	12.430 €
Costes Administrativos		51.500 €	53.045 €	54.106 €	55.188 €	56.292 €	57.418 €	58.566 €	59.737 €	60.932 €	62.151 €

Tabla 11 Costes

Se observa como los precios van aumentando conforme van pasando los años por el efecto de la inflación. Cabe mencionar que tanto en los costes de implantación como en los de funcionamiento la categoría que representa el mayor volumen de coste es la referida a la parte fotovoltaica del proyecto. Estos resultados son correlativos a los beneficios.

En cuanto los costes de implantación, se ve como en los años posteriores al de la inversión inicial todas las categorías menos la de costes indirectos tienen el coste de la amortización anual.

En la siguiente gráfica se muestra la evolución de los costes de funcionamiento.

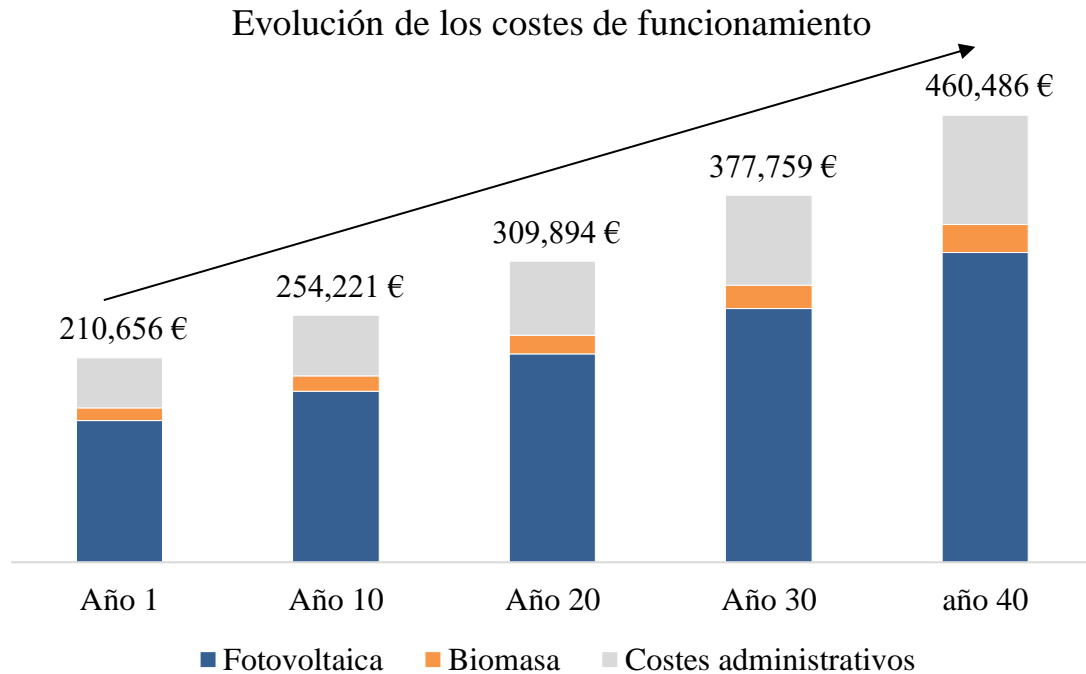


Figura 30 Evolución de costes

De forma análoga a lo que ocurre en los ingresos, el mayor peso de los costes de funcionamiento es el de la planta fotovoltaica. Los costes de biomasa representan un **6%** del total, porcentaje superior al de los ingresos. Sin embargo, hay que tener también en cuenta el coste de la inversión inicial a la hora de evaluar la rentabilidad de los diferentes proyectos.

En ámbito general, los costes se comportan de una forma similar a los ingresos. Aumentan de 210.656 euros a 460.486 euros, un **aumento del 119%**. Esto tiene sentido ya que la inflación afecta de la misma forma a los ingresos como a los gastos operativos de ambos proyecto.

7.5 PRÉSTAMO BANCARIO

Debido al alto montante de la inversión inicial, se decide pedir un préstamo bancario para poder acometer la operación. El préstamo cubre el 70% de la inversión total del proyecto, se ha estructurado bajo las condiciones de un préstamo francés, con un interés del 5% y un plazo de amortización de 10 años. A continuación, se explica la elección de estas condiciones y se analiza la estructura de pagos y su impacto financiero.

El préstamo solicitado financia el 70% de la inversión total del proyecto, lo que equivale a un capital inicial de 7.149.349 €. Las condiciones del préstamo son las siguientes:

- Tipo de interés: 5% anual.
- Plazo de amortización: 10 años.
- Tipo de préstamo: Préstamo francés (cuotas constantes).

Se ha decidido optar por un plazo de 10 años en lugar de 40 años debido a que los ingresos proyectados del proyecto permiten una amortización más rápida. Esto no solo reduce el tiempo de endeudamiento, sino que también permite aprovechar una tasa de interés más baja, disminuyendo así el costo total del préstamo a largo plazo.

La estructura de pagos del préstamo francés implica cuotas constantes a lo largo del período de amortización. Cada cuota está compuesta por una parte de interés y una parte de devolución del capital. La tabla siguiente resume la evolución anual del saldo, los intereses pagados, la devolución del capital y el flujo de caja después de impuestos.

BANCO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Saldo inicial	7.149.349 €	7.149.349 €	6.580.943 €	5.984.117 €	5.357.449 €	4.699.448 €	4.008.547 €	3.283.101 €	2.521.383 €	1.721.579 €	881.784 €
Interés	- €	357.467 €	329.047 €	299.206 €	267.872 €	234.972 €	200.427 €	164.155 €	126.069 €	86.079 €	44.089 €
Devolución nominal	- €	568.406 €	596.826 €	626.668 €	658.001 €	690.901 €	725.446 €	761.718 €	799.804 €	839.794 €	881.784 €
Pago anual	- €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €
CF antes de impuestos	7.149.349 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €	925.873 €
Ahorro impuestos	- €	125.114 €	115.167 €	104.722 €	93.755 €	82.240 €	70.150 €	57.454 €	44.124 €	30.128 €	15.431 €
CF después de impuestos	7.149.349 €	800.760 €	810.707 €	821.151 €	832.118 €	843.633 €	855.724 €	868.419 €	881.749 €	895.746 €	910.442 €
Coste de la deuda		3,25%									

Tabla 12 Préstamo bancario

En los primeros años, una mayor proporción de la cuota se destina al pago de intereses, disminuyendo gradualmente a medida que el saldo del préstamo se reduce. La devolución del capital aumenta progresivamente con cada pago, lo que resulta en una reducción constante del saldo pendiente. El flujo de caja antes de impuestos refleja la cuota anual constante de 925.873 €.

Después de aplicar los ahorros fiscales derivados de los intereses pagados, el flujo de caja después de impuestos mejora, aunque sigue siendo negativo debido a la magnitud de las cuotas anuales.

Los ahorros fiscales disminuyen a lo largo del tiempo, ya que los pagos de intereses se reducen cada año. Este efecto es importante para mejorar el flujo de caja neto durante los primeros años del préstamo.

Finalmente el coste de la deuda calculado para este préstamo es de un 3,25%, una cifra que se considera aceptable para este tipo de operaciones.

7.6 CUENTA DE RESULTADOS

Una vez calculado el préstamo bancario, se procede a calcular la cuenta de resultados. Al igual que anteriormente se muestran los 10 primeros años del proyecto para explicar los cálculos realizados.

COSTES	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
EBITDA		1.608.397 €	1.656.356 €	1.689.782 €	1.723.885 €	1.758.679 €	1.794.179 €	1.830.399 €	1.867.353 €	1.905.057 €	1.943.525 €
Amortización		- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €
Resultados financieros		- 357.467 €	- 329.047 €	- 299.206 €	- 267.872 €	- 234.972 €	- 200.427 €	- 164.155 €	- 126.069 €	- 86.079 €	- 44.089 €
BAI		1.067.372 €	1.143.752 €	1.207.019 €	1.272.455 €	1.340.150 €	1.410.195 €	1.482.687 €	1.557.727 €	1.635.421 €	1.715.879 €
Impuesto de sociedades		- 373.580 €	- 400.313 €	- 422.457 €	- 445.359 €	- 469.052 €	- 493.568 €	- 518.940 €	- 545.204 €	- 572.397 €	- 600.558 €
BDI		693.792 €	743.439 €	784.562 €	827.096 €	871.097 €	916.627 €	963.746 €	1.012.522 €	1.063.024 €	1.115.321 €

Tabla 13 Cuenta de resultados

Se procede a explicar cada uno de los segmentos que componen la cuenta de resultados del proyecto estudiado.

El EBITDA es una métrica clave que mide la capacidad operativa del proyecto para generar ingresos antes de deducir intereses, impuestos, depreciación y amortización. Es un indicador de la salud operativa y la eficiencia del proyecto. Se obtiene al restarle los costes de funcionamiento a los ingresos.

La amortización distribuye el coste de los activo a lo largo de su vida útil. Esto permite reflejar el desgaste o consumo de los activos en los estados financieros del proyecto. Los gastos financieros están compuestos por los intereses calculados anteriormente derivado del préstamo bancario.

Si le restamos la amortización y el gasto financiero al EBITDA, se obtiene el BAI. El BAI representa las ganancias del proyecto antes de deducir los impuestos. Es un indicador importante de la rentabilidad operativa antes de considerar las obligaciones fiscales.

Se ha supuesto un impuesto de sociedades del 35%. Una vez aplicamos este porcentaje, calculamos el BDI, beneficios después de impuestos, es decir el beneficio neto que se le saca al proyecto. En la siguiente grafica se muestra la evolución del BDI durante los 40 años del proyecto.

Evolución de los Beneficios despues de impuestos

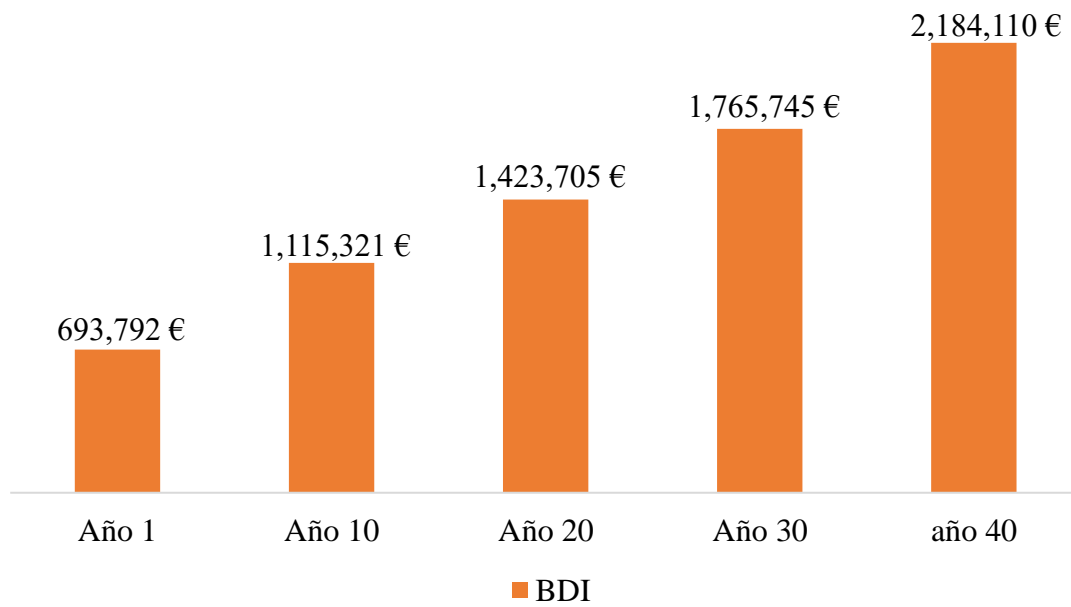


Figura 31 Evolución BDI

Como se puede observar, los beneficios en los primeros años se ven un poco lastrados debido a los intereses del préstamo bancario (dura hasta el año 10). A partir de ese momento el beneficio crece de una forma continua, con un crecimiento desde el primer al último año del proyecto de **215%**. El crecimiento del beneficio neto final es superior a los mostrados anteriormente para ingresos y costes, derivado principalmente por el efecto del préstamo mencionado anteriormente. El beneficio neto puntual para el último año de 2.184.110 euros supone un crecimiento neto de prácticamente un millón y medio de euros con respecto a lo producido en el primer año.

7.7 TIR Y CASHFLOWS

Para poder medir realmente la rentabilidad del proyecto se procede a calcular el TIR. La Tasa Interna de Retorno (TIR) es una métrica financiera utilizada para evaluar la rentabilidad de una inversión. Es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de caja futuros generados por la inversión con el costo inicial de la inversión. En otras palabras, es la tasa de interés a la cual el valor presente neto (VPN) de todos los flujos de caja (positivos y negativos) de un proyecto es igual a cero. Por tanto, cualquier tasa de interés inferior al TIR, resulta en un valor presente neto positivo y por tanto rentable. La fórmula es la siguiente:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Para el cálculo del TIR hacen falta previamente conocer los flujos de caja (cashflows). son las entradas y salidas de efectivo que se generan por las operaciones de una empresa o proyecto. En este caso distinguimos los siguientes:

- **Flujos de Caja Operativos** : Proviene de las actividades principales de la empresa, como ventas y cobros de clientes, menos los pagos operativos como proveedores, salarios, y otros gastos operativos.
- **Flujos de Caja del Proyecto**: Representan los flujos de caja generados específicamente por el proyecto, excluyendo los efectos financieros como el pago de intereses y amortización de préstamos. Se centra en los ingresos y gastos operativos del proyecto.
- **Flujos de Caja del Accionista**: Reflejan los flujos de caja que están disponibles para los accionistas después de considerar todos los ingresos, gastos operativos, gastos de

capital y costos financieros. Incluyen dividendos pagados y cualquier capital recuperado de la inversión.

Una vez definidos los conceptos se muestra la tabla con los primeros 10 años del proyecto para poder analizarla.

Cash Flows	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
EBITDA	- €	1.608.397 €	1.656.356 €	1.689.782 €	1.723.885 €	1.758.679 €	1.794.179 €	1.830.399 €	1.867.353 €	1.905.057 €	1.943.525 €
Variación NOFs	- 300.000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Cash Flow operativo	- 300.000 €	1.608.397 €	1.656.356 €	1.689.782 €	1.723.885 €	1.758.679 €	1.794.179 €	1.830.399 €	1.867.353 €	1.905.057 €	1.943.525 €
Inversión inicial	- 10.213.356 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Cash Flow proyecto A.I	- 10.513.356 €	1.608.397 €	1.656.356 €	1.689.782 €	1.723.885 €	1.758.679 €	1.794.179 €	1.830.399 €	1.867.353 €	1.905.057 €	1.943.525 €
Impuesto de sociedades	- €	- 373.580 €	- 400.313 €	- 422.457 €	- 445.359 €	- 469.052 €	- 493.568 €	- 518.940 €	- 545.204 €	- 572.397 €	- 600.558 €
Cash Flow proyecto D.I	- 10.513.356 €	1.234.817 €	1.256.043 €	1.267.325 €	1.278.526 €	1.289.627 €	1.300.611 €	1.311.459 €	1.322.149 €	1.332.660 €	1.342.968 €
Gastos Financieros	- €	- 357.467 €	- 329.047 €	- 299.206 €	- 267.872 €	- 234.972 €	- 200.427 €	- 164.155 €	- 126.069 €	- 86.079 €	- 44.089 €
Devolución principal	7.149.349 €	- 568.406 €	- 596.826 €	- 626.668 €	- 658.001 €	- 690.901 €	- 725.446 €	- 761.718 €	- 799.804 €	- 839.794 €	- 881.784 €
CF accionistas	- 3.364.007 €	308.943 €	330.169 €	341.452 €	352.652 €	363.754 €	374.738 €	385.585 €	396.275 €	406.786 €	417.094 €

Tabla 14. Flujos de caja

Se parte del EBITDA, concepto explicado en la cuenta de resultados que representa la diferencia entre ingresos y costes operativos.

La siguiente categoría son los NOF, La variación de las Necesidades Operativas de Fondos refleja el capital necesario para mantener las operaciones diarias del proyecto, incluyendo inventarios, cuentas por cobrar y cuentas por pagar.. En este caso, se ha supuesto una entrada inicial de efectivo de 300.000 € en el año 0, sin variaciones adicionales en los años siguientes, lo que sugiere una estabilidad en las necesidades operativas del proyecto. Al final del proyecto en el año 40, entra la misma cantidad. Se ha utilizado esta cantidad ya que los días de cobro y de pago se suponen similares, y teniendo en cuenta contingencias, mantenimiento e inventario, se considera una cifra que razonable para un proyecto de este ámbito y alcance.

Una vez calculado los NOF se obtiene el Cash Flow operativo mencionado anteriormente. El flujo de caja operativo es el efectivo generado por las operaciones del proyecto, calculado como el EBITDA menos la variación de NOFs. Se observa que todavía no se tiene en cuenta la inversión inicial, solo lo generado posteriormente.

Una vez tenida en cuenta la inversión inicial se obtienen los Cash flows del proyecto antes de impuestos y posteriormente restándoselos con una cuota de impuesto de sociedad del 35%, los Cash Flows del proyecto.

para obtener los flujos de caja del accionista hay que tener en cuenta también los gastos financieros. Por tanto, se le restan al total los intereses y las cuotas anuales del préstamos. En el año 0 entra como flujo de caja todo el efectivo obtenido por el banco necesario para realizar la inversión inicial, obteniendo finalmente el CFA.

Una vez calculado todos los cash-flow, se obtienen las siguientes métricas:

TIR ACCIONISTAS	17,37%
TIR PROYECTO	12,87%
PAYBACK PROYECTO	8,19 años

Tabla 15 Payback y TIR

Un 17,37% como TIR para los accionistas sugiere que el proyecto ofrece un retorno significativo, lo cual es atractivo para los inversores, especialmente si este porcentaje supera el costo del capital y las expectativas de los inversionistas.

La TIR del proyecto es del 12,87%, otro valor positivo que indica la rentabilidad general del proyecto en sí. Comparada con el costo de la deuda del 3,25%, esta TIR es considerablemente más alta, lo que implica que el proyecto genera suficientes ingresos para cubrir sus costos y proporcionar beneficios adicionales. Una TIR del 12,87% también refleja una sólida capacidad del proyecto para generar ingresos a largo plazo.

El payback del proyecto es de 8,19 años. Este indicador muestra el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. Un período de recuperación de 8,19 años es razonable para proyectos a gran escala como este. Si bien no es un retorno extremadamente rápido, es

aceptable considerando la naturaleza de la inversión en energías renovables, donde se espera una recuperación de capital más extendida pero con flujos de ingresos estables y predecibles en el largo plazo.

Capítulo 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo ha desarrollado un análisis exhaustivo de la viabilidad financiera y técnica de un proyecto de inversión en energías renovables, destacando la instalación de sistemas fotovoltaicos y biomasa. A través del estudio de los costos de capital (CAPEX) y operativos (OPEX), se han identificado las principales categorías de gastos y su impacto en la rentabilidad del proyecto.

Desde un punto de vista técnico, la selección de equipos ha sido fundamental para asegurar la eficiencia y durabilidad del proyecto. La elección de los paneles fotovoltaicos Tiger Neo N-type 72HL4-(V) y los inversores Ingecon Sun garantiza una alta eficiencia en la conversión de energía solar a eléctrica. Además, la inclusión de estructuras fijas para el montaje de paneles asegura una instalación robusta y duradera.

El dimensionamiento de la planta fotovoltaica, incluyendo la orientación e inclinación, así como las distancias mínimas y la disposición de las placas en el terreno óptima han asegurado la maximización de la producción energética obtenida, de 49.647mwh según la simulación en PVSyst.

La integración de sistemas de biomasa como complemento a la energía solar fortalece el diseño del proyecto. Esta integración de diversas fuentes de energía renovable mejora la estabilidad del suministro y maximiza el uso de recursos disponibles para obtener una rentabilidad más consolidada.

El análisis financiero, basado en los flujos de caja proyectados, revela una TIR de los accionistas del 17,37% y una TIR del proyecto del 12,87%. Estos resultados indican que el proyecto no solo es viable sino también atractivo para los inversionistas, superando significativamente el costo de la deuda del 3,25%. El periodo de recuperación (payback) de 8,19 años es razonable, considerando la naturaleza a largo plazo de las inversiones en energías renovables.

La estructura del préstamo bancario, financiando el 70% de la inversión con un interés del 5% a pagar en 10 años, demuestra ser una estrategia adecuada. Esta elección permite gestionar eficientemente los flujos de caja, garantizando la capacidad de pago y reduciendo el riesgo financiero.

La planta fotovoltaica representa la mayoría de los ingresos por parte del proyecto conjunto, como se ha explicado anteriormente, con un peso muy superior al de la biomasa. Sin embargo, esto no significa que la biomasa por si sola deje de ser rentable. **Es por eso que se decide llevar a cabo el proyecto de las dos fuentes del proyecto**, ya que tras los estudios realizados, se consideran ambas viables técnica y económicamente viables.

En cuanto a trabajos futuros, se presentan diferentes propuestas:

Implementación de una Caldera para Biomasa: Una dirección prometedora para trabajos futuros es la implementación de una caldera de biomasa para la producción de energía eléctrica. Esta tecnología permitiría producir directamente en la finca la energía a partir la biomasa, sin necesidad de vender la materia prima a una fábrica. La caldera de biomasa se podría integrar al sistema para realizar la generación, y de esta forma diversificar las fuentes de energía. Estudios detallados sobre la viabilidad técnica y económica de esta integración serán necesarios para evaluar su impacto potencial en la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto.

Optimización y Escalabilidad: Un aspecto crucial para futuros trabajos es la optimización continua del sistema. Esto incluye la evaluación de nuevas tecnologías fotovoltaicas y de biomasa que puedan incrementar la eficiencia y reducir costos. La escalabilidad del proyecto también debe ser considerada, evaluando la posibilidad de expandir la capacidad instalada conforme se disponga de mayor financiamiento.

Monitoreo y Mantenimiento Predictivo: Implementar sistemas de monitoreo avanzado y mantenimiento predictivo puede mejorar significativamente la operación a largo plazo del proyecto. Utilizando tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y análisis de big data,

es posible prever y solucionar problemas antes de que afecten la producción, optimizando el rendimiento y la vida útil de los equipos.

Impacto Ambiental y Sostenibilidad: La evaluación continua del impacto ambiental y la sostenibilidad del proyecto es esencial. Futuros trabajos deben incluir estudios detallados sobre la reducción de emisiones de carbono. Además, la integración de prácticas de economía circular, como el reciclaje de paneles solares y la reutilización de materiales de biomasa, puede mejorar la sostenibilidad del proyecto.

En conclusión, el proyecto de inversión en energías renovables presenta una propuesta viable y atractiva tanto técnica como financieramente. Sin embargo, su éxito a largo plazo dependerá de la continua optimización, el monitoreo proactivo, la adaptación a nuevas tecnologías y la integración de prácticas sostenibles. Los trabajos futuros deben enfocarse en estos aspectos para asegurar una operación eficiente y rentable, contribuyendo de manera significativa a la transición hacia un modelo energético más sostenible.

Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] IDAE, «Informe Estadístico EERR,» 2024.
- [2] M. d. M. C. C. Santiago Ibáñez López, «Introducción a la Biomasa».
- [3] UE, «State of the Energy Union Report,» 2023.
- [4] SolarPower Europe, «European Market Outlook for Solar Power 2023-2030».
- [5] IDAE, «INCENTIVOS AUTOCONSUMO Y ALMACENAMIENTO, CON FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES (RD 477/2021)».
- [6] Greenenergy y G. Torrão, «La evolución tecnológica de los paneles solares».
- [7] F. B. Jiménez, «Situación actual del uso de la biomasa en el contexto de las energías renovables,» Junta de Andalucía.
- [8] Claner, «Claner Asociación de Energías Renovables de Andalucía,» [En línea].
- [9] APPA Renovables, «HIBRIDACIÓN EN LA GENERACIÓN RENOVABLE,» 2021.
- [10] V. C. Molina, «Análisis de la viabilidad técnica y económica de una planta de gasificación de biomasa residual agrícola para suministro de una central de cogeneración en la comarca del Segrià».

- [11] J. J. B. VÁSQUEZ, «VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA INVERSIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y AUTOGENERACIÓN FOTOVOLTAICAS,» 2022.
- [12] Analistas Económicos de Andalucía, «EL SECTOR AGRARIO EN ANDALUCÍA,» 2021.
- [13] Retema, «Aprovechando la biomasa para generar energía limpia con paneles solares y baterías eficientes,» 2024.
- [14] M. e. al, «Definition of the sun's Azimuth angle,» 2017.
- [15] «Easy solar,» [En línea].



UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

ICAI ICADE CIHS

ERROR: USE THE HOME TAB TO APPLY TÍTULO 1 TO THE TEXT THAT YOU WANT TO APPEAR HERE.

ANEXO I

9.1 INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES SELECCIONADOS

www.jinkosolar.com



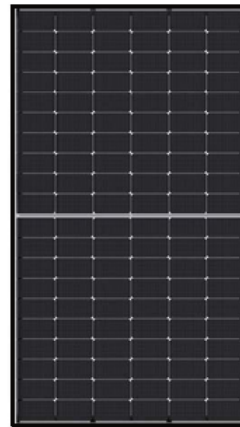
Tiger Neo N-type 60HL4-(V) 460-480 Watt

MÓDULO MONOCRISTALINO

N-Type

Tolerancia positiva 0~+3%

- IEC 61215 (2016), IEC 61730 (2016)
- ISO 9001:2015: Sistema de gestión de la calidad
- ISO 14001:2015: Sistemas de gestión ambiental
- ISO 45001:2018: Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES



Tecnología SMulti Busbar

La Tecnología SMulti aumenta la recolección de electrones, mejorando la potencia de producción del panel.



Resistencia al PID

Excelente garantía de rendimiento Anti-PID, gracias al exhaustivo control de los materiales y a procesos de producción optimizados.



Durabilidad contra condiciones ambientales extremas

Alta resistencia contra niebla salina y amoníaco con la certificación de TÜV NORD



Tecnología Hot 2.0

La tecnología Hot 2.0, garantiza mejores prestaciones y menor degradación LID/LeTID.



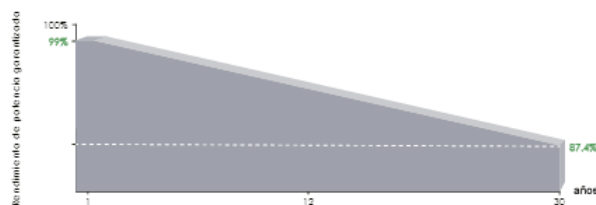
Resistencia Mecánica Mejorada

Certificado para soportar cargas de viento (2400 pascales) y cargas de nieve (5400 pascales).



POSITIVE QUALITY™
Carbonex Quality Assurance

GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

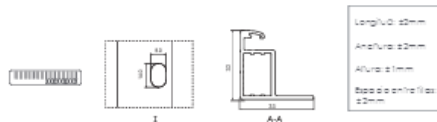
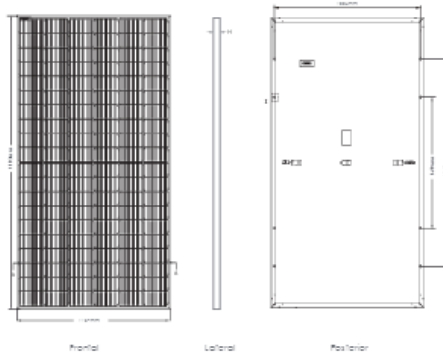


Garantía del producto de **12 años**

Garantía de potencia lineal de **30 años**

Degradación anual en un periodo de 30 años de **0,40 %**

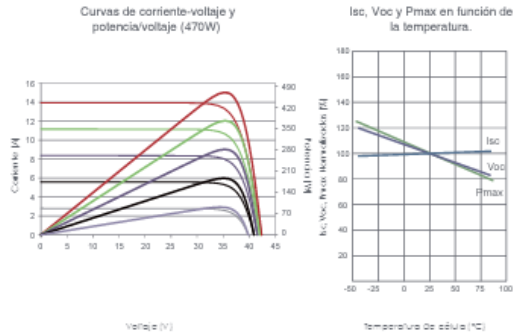
Diseño del módulo



Configuración del embalaje

(Dos palés = una pila)
 36 unidades / Palés , 72 Unidades/pila, 364 unidades/contenedor de HQ de 40

Rendimiento eléctrico y dependencia con la temperatura



Características mecánicas

Tipo de célula	N type Monocristalina
Cont. de células	120 (6x20)
Dimensiones	1903x1134x30mm (74.92x44.65x1.18 inch)
Peso	24.2 kg (53.35 lbs)
Vidrio frontal	3.2 mm, capa antirreflejante, alta transmisión, bajo contenido en hierro, vidrio templado
Estructura	Aleación de aluminio anodizado
Caja de conexiones	Clasificación IP68
Cables de salida	TUV 1x4.0mm ² , (+): 400 mm, (-): 200 mm o longitud personalizada

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	JKM460N-60HL4		JKM465N-60HL4		JKM470N-60HL4		JKM475N-60HL4		JKM480N-60HL4	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmax)	460Wp	346Wp	465Wp	350Wp	470Wp	353Wp	475Wp	357Wp	480Wp	361Wp
Tensión de máxima potencia-Vmpp	34.72V	33.60V	34.89V	32.77V	35.05V	32.94V	35.21V	33.10V	35.38V	33.27V
Corriente de máxima potencia-Imp (A)	13.25A	10.61A	13.33A	10.67A	13.41A	10.73A	13.49A	10.79A	13.57A	10.85A
Tensión en circuito abierto-Voc (V)	42.05V	39.94V	42.22V	40.10V	42.38V	40.25V	42.54V	40.41V	42.71V	40.57V
Corriente de cortocircuito-Isc (A)	13.99A	11.29A	14.07A	11.36A	14.15A	11.42A	14.23A	11.49A	14.31A	11.55A
Eficiencia del módulo (%)	21.32%		21.55%		21.78%		22.01%		22.24%	
Temperatura de operación (°C)	-40°C~+85°C									
Tensión máxima del sistema	1000/1500VDC (IEC)									
Valor máximo del fusible en serie	25A									
Tolerancia de potencia nominal (%)	0~+3%									
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0.30%/°C									
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.25%/°C									
Coefficiente de temperatura de Isc	0.046%/°C									
Temperatura de operación nominal de la célula	45±2°C									

*STC: Irradiancia 1000W/m² Temperatura de la célula 25 °C AM=1.5
 NOCT: Irradiancia 800W/m² Temperatura ambiente 20 °C AM=1.5 Velocidad del viento 1 m/s

Este documento es una traducción al español de la versión original en inglés. La versión original en inglés prevalece en caso de discrepancias entre el documento original y la traducción.

JKM460-480N-60HL4-(V)-F1-3P

Los datos mecánicos y eléctricos están sujetos a variaciones

9.2 RESUMEN DE LA SIMULACIÓN



Version 7.4.6

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 28.83 MWp

El Saucejo - Spain

Author



Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.6

VC0, Simulation date:
04/06/24 17:52
with V7.4.6

Project summary

Geographical Site El Saucejo Spain	Situation Latitude 37.07 °N Longitude -5.10 °W Altitude 538 m Time zone UTC+1	Project settings Albedo 0.20
Weather data El Saucejo Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=100% - Sintético		

System summary

Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation Fixed plane Tilt/Azimuth 34 / 0 °	Near Shadings No Shadings	User's needs Unlimited load (grid)
System information		
PV Array	Inverters	
Nb. of modules 54912 units	Nb. of units 10 units	
Pnom total 28.83 MWp	Pnom total 22.45 MWac	
	Pnom ratio 1.284	

Results summary

Produced Energy 49647326 kWh/year	Specific production 1722 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR 83.79 %
-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Horizon definition	4
Main results	5
Loss diagram	6
Predef. graphs	7
P50 - P90 evaluation	8
Single-line diagram	9
Cost of the system	10
CO ₂ Emission Balance	11



Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.6

VC0, Simulation date:
04/06/24 17:52
with V7.4.6

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		Sheds configuration	Models used
Orientation		No 3D scene defined	Transposition Perez
Fixed plane			Diffuse Perez, Meteonorm
Tilt/Azimuth	34 / 0 °		Circumsolar separate
Horizon		Near Shadings	User's needs
Average Height	4.3 °	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	JKM-525M-72HL4-TV	Model	Ingecon Sun 3600TL C480 Preliminary
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	525 Wp	Unit Nom. Power	2245 kWac
Number of PV modules	54912 units	Number of inverters	10 units
Nominal (STC)	28.83 MWp	Total power	22450 kWac
Modules	2288 string x 24 In series	Operating voltage	686-1300 V
At operating cond. (40°C)		Max. power (=>30°C)	2494 kWac
Pmpp	27.33 MWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.28
U mpp	923 V		
I mpp	29619 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	28829 kWp	Total power	22450 kWac
Total	54912 modules	Max. power	24940 kWac
Module area	141602 m ²	Number of inverters	10 units
		Pnom ratio	1.28

Array losses

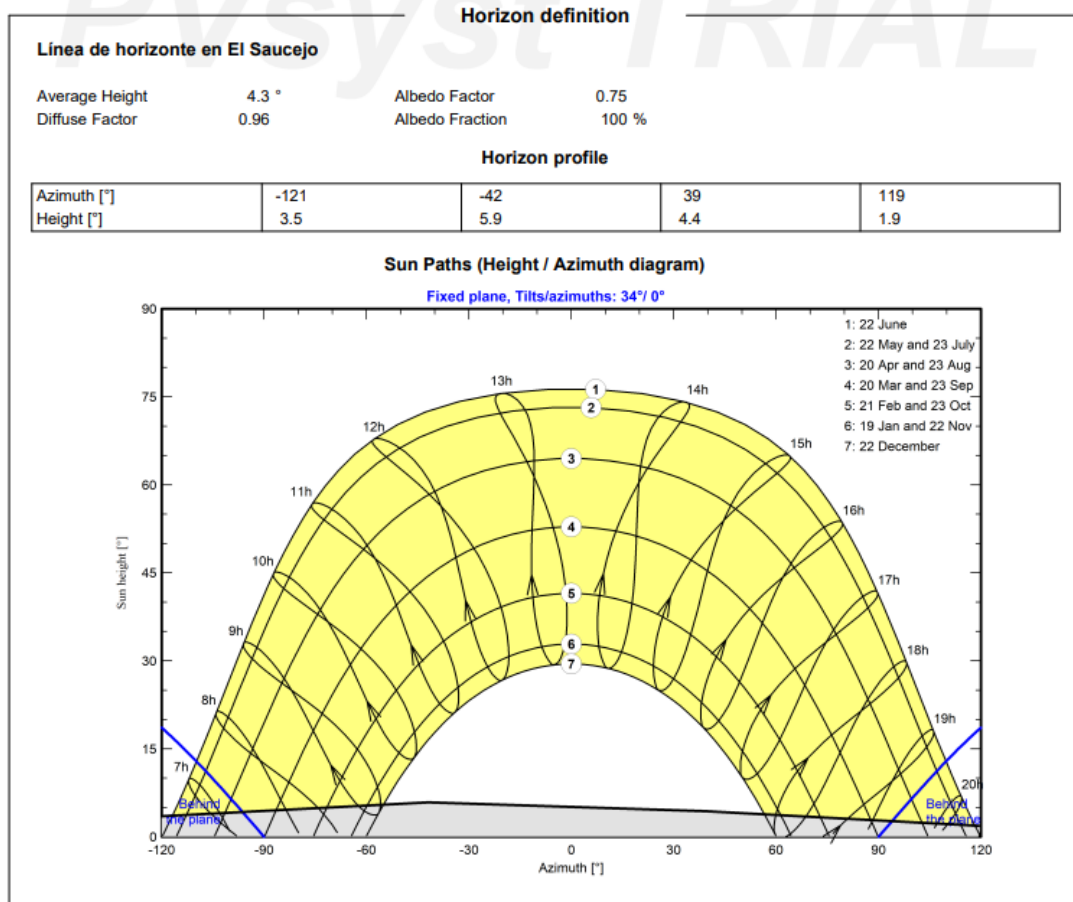
Array Soiling Losses		Thermal Loss factor		DC wiring losses				
Loss Fraction	1.0 %	Module temperature according to irradiance		Global array res.	0.49 mΩ			
		Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC			
		Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s					
Serie Diode Loss		Module Quality Loss		Module mismatch losses				
Voltage drop	0.7 V	Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP			
Loss Fraction	0.1 % at STC							
Strings Mismatch loss								
Loss Fraction	0.6 %							
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



PVsyst V7.4.6
VC0, Simulation date:
04/06/24 17:52
with V7.4.6

Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación





Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.6

VCO, Simulation date:
04/06/24 17:52
with V7.4.6

Main results

System Production

Produced Energy 49647326 kWh/year

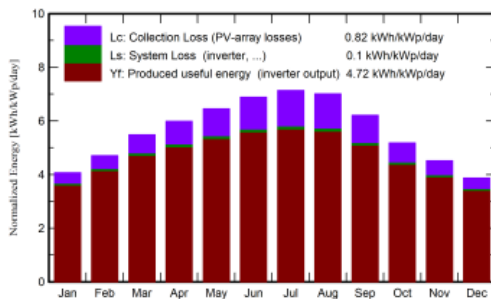
Specific production

1722 kWh/kWp/year

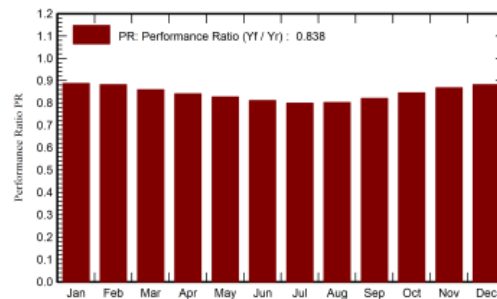
Perf. Ratio PR

83.79 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	ratio
January	77.4	33.03	6.39	126.2	120.8	3293825	3227188	0.887
February	91.2	35.62	8.04	131.7	127.2	3417660	3347322	0.882
March	139.1	56.32	11.37	170.2	163.0	4302051	4215209	0.859
April	168.4	58.24	14.17	179.6	171.8	4448363	4357112	0.841
May	211.8	76.86	18.75	200.1	190.4	4870668	4774193	0.828
June	228.4	69.93	23.96	206.6	197.0	4929252	4833713	0.811
July	239.7	62.58	26.95	221.4	211.6	5197126	5098431	0.799
August	212.2	63.08	26.75	217.2	208.3	5123397	5026267	0.803
September	159.1	54.27	21.64	186.3	178.8	4497985	4410241	0.821
October	119.9	46.62	17.06	160.6	154.7	3996189	3917226	0.846
November	84.1	28.05	10.29	135.4	129.9	3459172	3388719	0.868
December	69.3	25.84	7.13	120.0	115.0	3116117	3051704	0.882
Year	1800.6	610.42	16.09	2055.2	1968.5	50651805	49647326	0.838

Legends

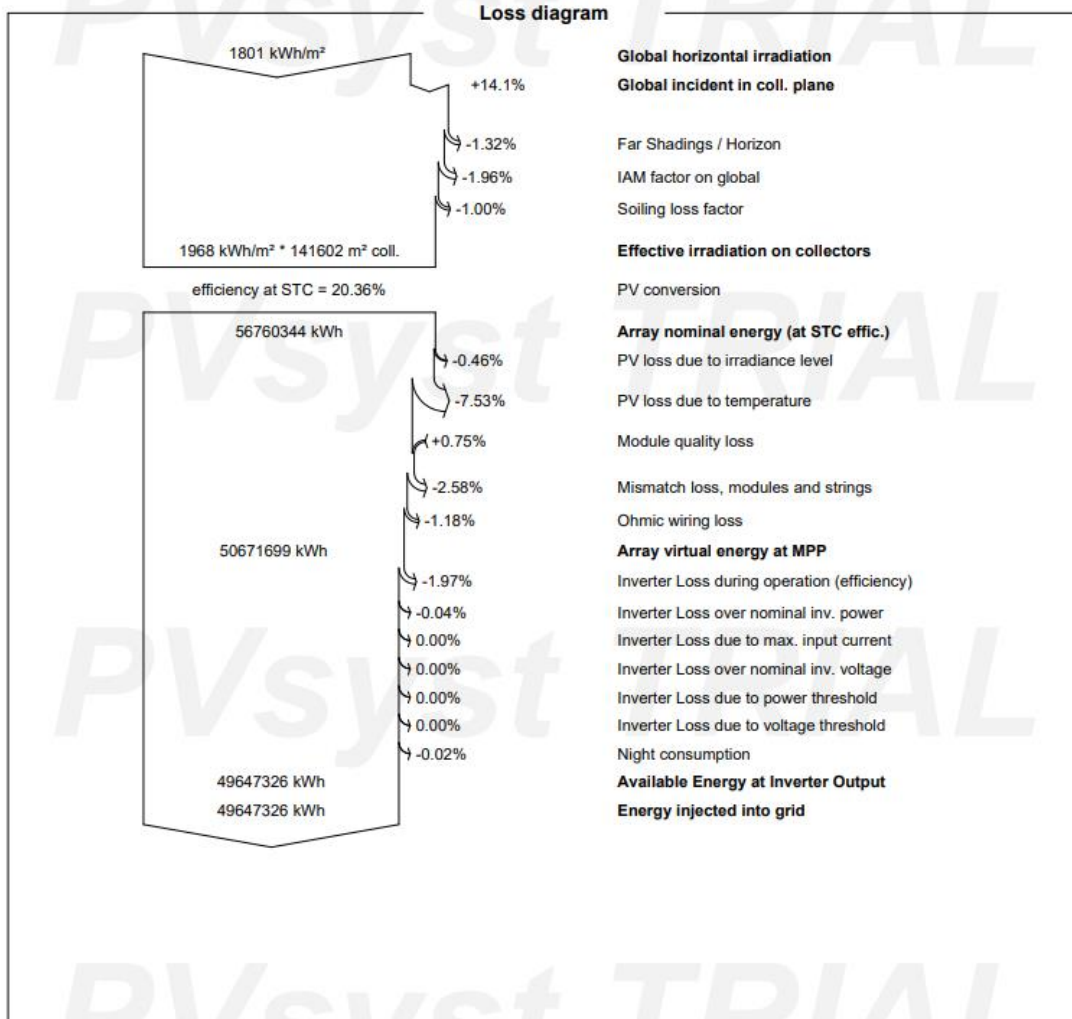
GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



PVsyst V7.4.6
VC0, Simulation date:
04/06/24 17:52
with V7.4.6

Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación

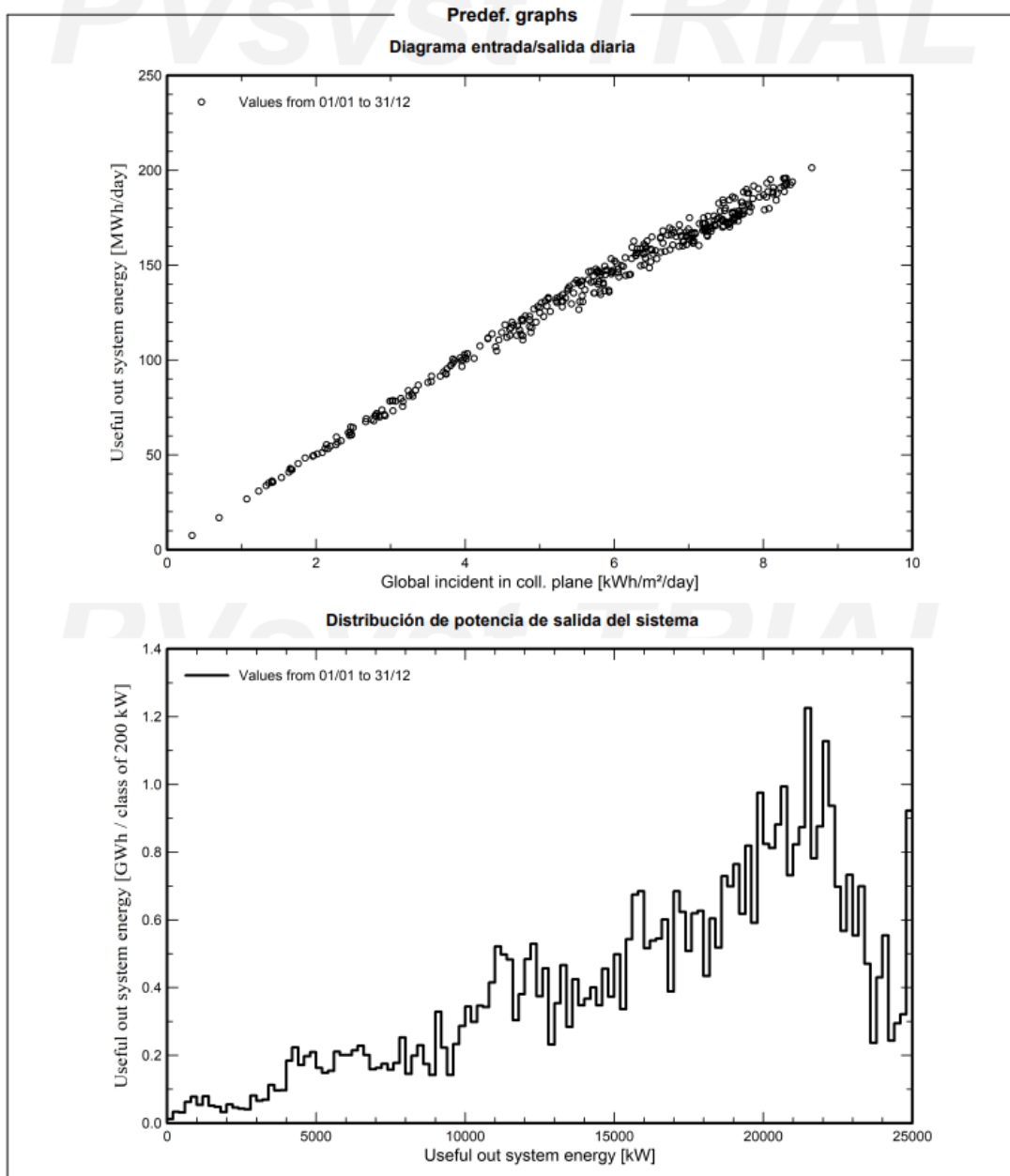




PVsyst V7.4.6
VC0, Simulation date:
04/06/24 17:52
with V7.4.6

Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación





Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.6

VCO, Simulation date:
04/06/24 17:52
with V7.4.6

P50 - P90 evaluation

Weather data

Source Meteornorm 8.1 (1996-2015), Sat=100%
Kind Monthly averages
Sintético - Multi-year average
Year-to-year variability(Variance) 3.1 %

Specified Deviation

Climate change 0.0 %

Global variability (weather data + system)

Variability (Quadratic sum) 3.6 %

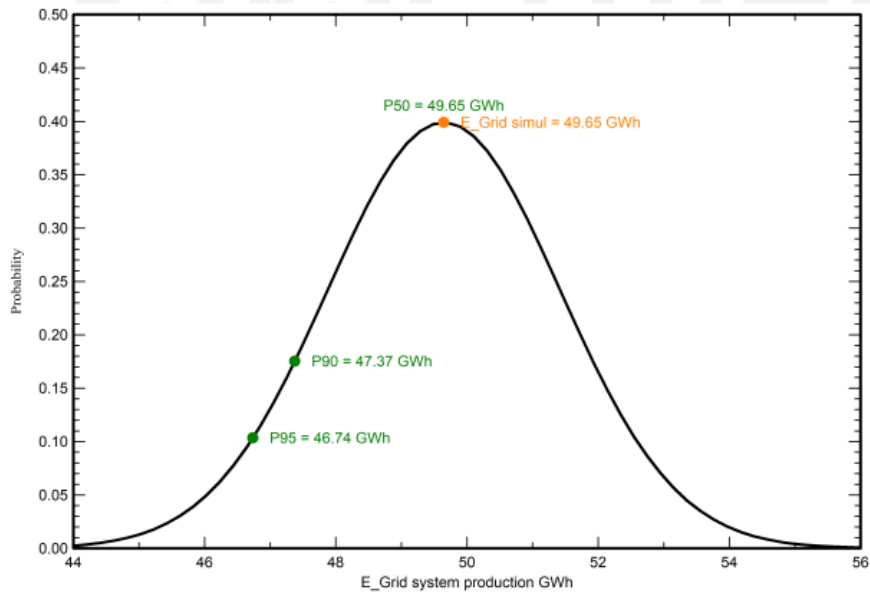
Simulation and parameters uncertainties

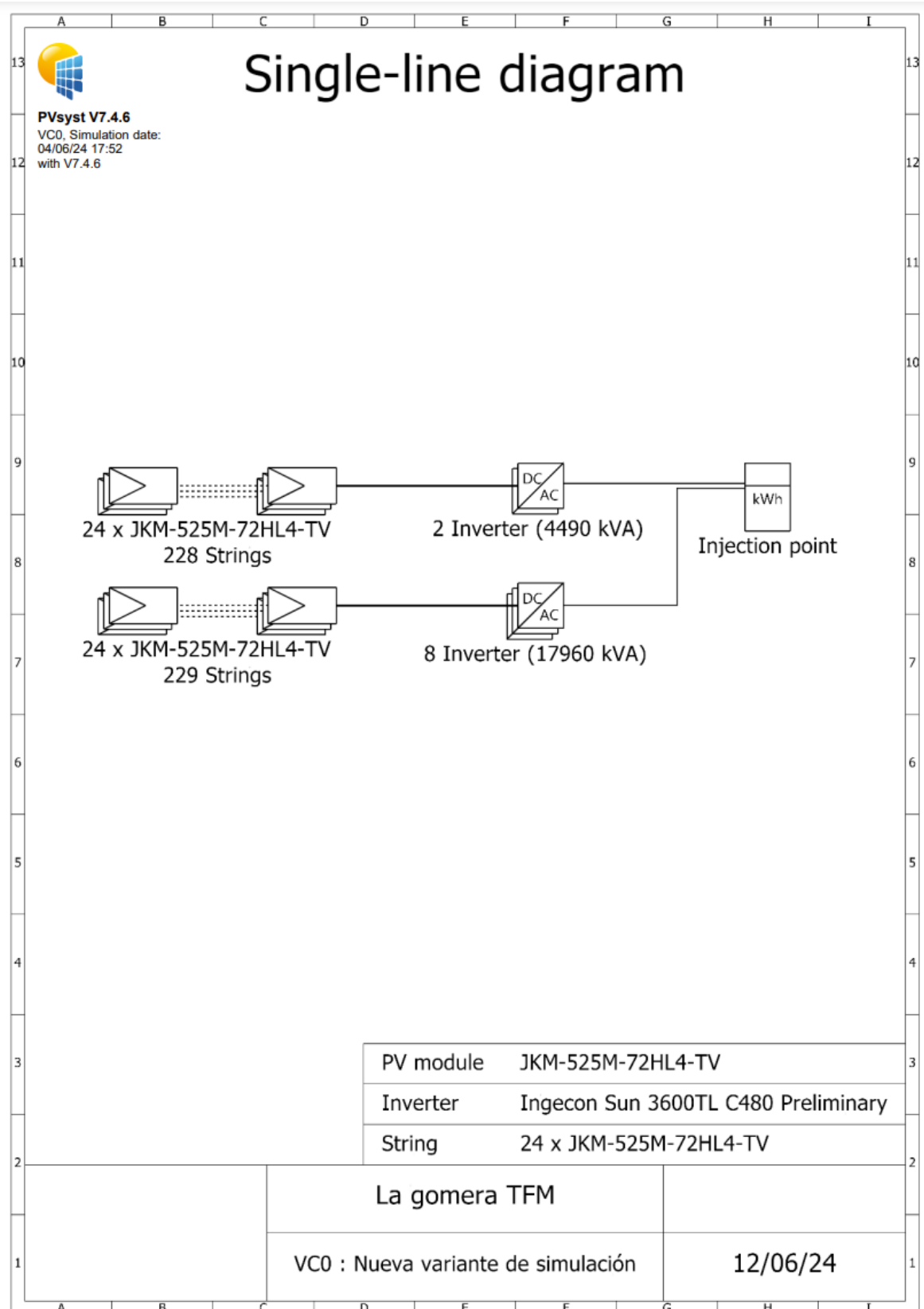
PV module modelling/parameters 1.0 %
Inverter efficiency uncertainty 0.5 %
Soiling and mismatch uncertainties 1.0 %
Degradation uncertainty 1.0 %

Annual production probability

Variability 1.77 GWh
P50 49.65 GWh
P90 47.37 GWh
P95 46.74 GWh

Probability distribution







Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación

PVsyst V7.4.6
VCO, Simulation date:
04/06/24 17:52
with V7.4.6

Cost of the system

Installation costs

Item	Quantity units	Cost EUR	Total EUR
		Total	0.00
		Depreciable asset	0.00

Operating costs

Item	Total EUR/year
Total (OPEX)	0.00

System summary

Total installation cost	0.00 EUR
Operating costs	0.00 EUR/year
Produced Energy	49656 MWh/year
Cost of produced energy (LCOE)	0.0000 EUR/kWh



Project: La gomera TFM

Variant: Nueva variante de simulación

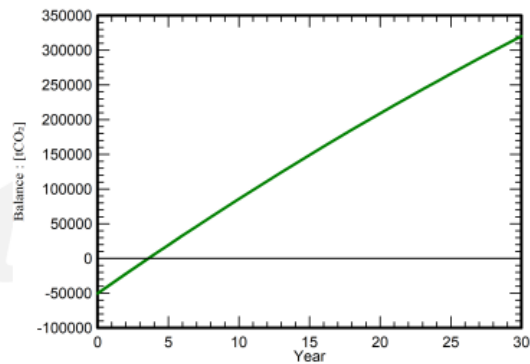
PVsyst V7.4.6

VC0, Simulation date:
04/06/24 17:52
with V7.4.6

CO₂ Emission Balance

Total: 320466.5 tCO₂
Generated emissions
Total: 50428.73 tCO₂
Source: Detailed calculation from table below
Replaced Emissions
Total: 427463.5 tCO₂
System production: 49647.33 MWh/yr
Grid Lifecycle Emissions: 287 gCO₂/kWh
Source: IEA List
Country: Spain
Lifetime: 30 years
Annual degradation: 1.0 %

Saved CO₂ Emission vs. Time



System Lifecycle Emissions Details

Item	LCE	Quantity	Subtotal [kgCO ₂]
Modules	1713 kgCO ₂ /kWp	28829 kWp	49375662
Supports	1.91 kgCO ₂ /kg	549120 kg	1051175
Inverters	190 kgCO ₂ /	10.00	1896

9.3 MODELO ECONÓMICO

9.3.1 VARIABLES

Variables	
INVERSIÓN INICIAL	10.213.356 €
Inflación Anual año1-2	3%
Inflación Anual cte	2%
% de Endeudamiento	70%
% Interes Banco	5%

9.3.2 INGRESOS

INGRESOS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Producción Eléctrica (Mwh)		49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647
Precio de la Electricidad por MWh	35,00 €	36,05 €	37,13 €	37,87 €	38,63 €	39,40 €	40,19 €	41,00 €	41,82 €	42,65 €	43,51 €
Producción Biomasa (t)		478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
Precio Biomasa por tonelada	60,00 €	61,20 €	62,42 €	64,30 €	66,23 €	68,21 €	70,26 €	72,37 €	74,54 €	76,77 €	79,08 €
Resultado		1.819.052 €	1.873.331 €	1.911.096 €	1.949.626 €	1.988.935 €	2.029.040 €	2.069.957 €	2.111.703 €	2.154.293 €	2.197.746 €

AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647
44,38 €	45,26 €	46,17 €	47,09 €	48,03 €	48,99 €	49,97 €	50,97 €	51,99 €	53,03 €
478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
81,45 €	83,89 €	86,41 €	89,00 €	91,67 €	94,42 €	97,25 €	100,17 €	103,18 €	106,27 €
2.242.080 €	2.287.311 €	2.333.458 €	2.380.541 €	2.428.578 €	2.477.588 €	2.527.591 €	2.578.608 €	2.630.660 €	2.683.767 €

AÑO 21	AÑO 22	AÑO 23	AÑO 24	AÑO 25	AÑO 26	AÑO 27	AÑO 28	AÑO 29	AÑO 30
49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647
54,09 €	55,18 €	56,28 €	57,40 €	58,55 €	59,72 €	60,92 €	62,14 €	63,38 €	64,65 €
478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
109,46 €	112,74 €	116,13 €	119,61 €	123,20 €	126,90 €	130,70 €	134,62 €	138,66 €	142,82 €
2.737.950 €	2.793.233 €	2.849.637 €	2.907.185 €	2.965.901 €	3.025.809 €	3.086.932 €	3.149.296 €	3.212.926 €	3.277.848 €

AÑO 31	AÑO 32	AÑO 33	AÑO 34	AÑO 35	AÑO 36	AÑO 37	AÑO 38	AÑO 39	AÑO 40
49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647	49.647
65,94 €	67,26 €	68,60 €	69,98 €	71,38 €	72,80 €	74,26 €	75,74 €	77,26 €	78,80 €
478	478	478	478	478	478	478	478	478	478
147,11 €	151,52 €	156,07 €	160,75 €	165,57 €	170,54 €	175,65 €	180,92 €	186,35 €	191,94 €
3.344.088 €	3.411.673 €	3.480.632 €	3.550.991 €	3.622.780 €	3.696.027 €	3.770.764 €	3.847.019 €	3.924.825 €	4.004.213 €

9.3.3 COSTES

COSTES	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
COSTES DE IMPLANTACIÓN											
Equipos Fotovoltaicos	8.805.860 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €
Instalación y Construcción	275.000 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €
Conexión a Red	72.000 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €
Sistemas de Biomasa	25.000 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €
Costes Indirectos	1.035.496 €										
COSTES DE FUNCIONAMIENTO											
Mantenimiento Fotovoltaico		120.016 €	123.616 €	126.088 €	128.610 €	131.182 €	133.806 €	136.482 €	139.212 €	141.996 €	144.836 €
Operación Fotovoltaica		25.750 €	26.523 €	27.053 €	27.594 €	28.146 €	28.709 €	29.283 €	29.869 €	30.466 €	31.075 €
Mantenimiento Biomasa		3.090 €	3.183 €	3.246 €	3.311 €	3.378 €	3.445 €	3.514 €	3.584 €	3.656 €	3.729 €
Operación Biomasa		10.300 €	10.609 €	10.821 €	11.038 €	11.258 €	11.484 €	11.713 €	11.947 €	12.186 €	12.430 €
Costes Administrativos		51.500 €	53.045 €	54.106 €	55.188 €	56.292 €	57.418 €	58.566 €	59.737 €	60.932 €	62.151 €

ICAI ICADE CIHS **PLEASE TAB TO APPLY TÍTULO 1 TO THE TEXT THAT YOU WANT TO APPEAR HERE.**

AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €
5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €
1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €
500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €
147.733 €	150.687 €	153.701 €	156.775 €	159.911 €	163.109 €	166.371 €	169.698 €	173.092 €	176.554 €
31.697 €	32.331 €	32.977 €	33.637 €	34.310 €	34.996 €	35.696 €	36.410 €	37.138 €	37.881 €
3.804 €	3.880 €	3.957 €	4.036 €	4.117 €	4.200 €	4.283 €	4.369 €	4.457 €	4.546 €
12.679 €	12.932 €	13.191 €	13.455 €	13.724 €	13.998 €	14.278 €	14.564 €	14.855 €	15.152 €
63.394 €	64.662 €	65.955 €	67.274 €	68.619 €	69.992 €	71.392 €	72.819 €	74.276 €	75.761 €

AÑO 21	AÑO 22	AÑO 23	AÑO 24	AÑO 25	AÑO 26	AÑO 27	AÑO 28	AÑO 29	AÑO 30
176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €
5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €
1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €
500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €
180.085 €	183.687 €	187.361 €	191.108 €	194.930 €	198.829 €	202.805 €	206.861 €	210.999 €	215.219 €
38.638 €	39.411 €	40.199 €	41.003 €	41.823 €	42.660 €	43.513 €	44.383 €	45.271 €	46.176 €
4.637 €	4.729 €	4.824 €	4.920 €	5.019 €	5.119 €	5.222 €	5.326 €	5.433 €	5.541 €
15.455 €	15.764 €	16.080 €	16.401 €	16.729 €	17.064 €	17.405 €	17.753 €	18.108 €	18.471 €
77.277 €	78.822 €	80.399 €	82.006 €	83.647 €	85.320 €	87.026 €	88.766 €	90.542 €	92.353 €

AÑO 31	AÑO 32	AÑO 33	AÑO 34	AÑO 35	AÑO 36	AÑO 37	AÑO 38	AÑO 39	AÑO 40
176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €	176.117 €
5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €	5.500 €
1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €	1.440 €
500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €	500 €
219.523 €	223.913 €	228.392 €	232.959 €	237.619 €	242.371 €	247.218 €	252.163 €	257.206 €	262.350 €
47.100 €	48.042 €	49.003 €	49.983 €	50.982 €	52.002 €	53.042 €	54.103 €	55.185 €	56.289 €
5.652 €	5.765 €	5.880 €	5.998 €	6.118 €	6.240 €	6.365 €	6.492 €	6.622 €	6.755 €
18.840 €	19.217 €	19.601 €	19.993 €	20.393 €	20.801 €	21.217 €	21.641 €	22.074 €	22.515 €
94.200 €	96.084 €	98.005 €	99.965 €	101.965 €	104.004 €	106.084 €	108.206 €	110.370 €	112.577 €

9.3.4 CUENTA DE RESULTADOS

COSTES	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
EBITDA		1.608.397 €	1.656.356 €	1.689.782 €	1.723.885 €	1.758.679 €	1.794.179 €	1.830.399 €	1.867.353 €	1.905.057 €	1.943.525 €
Amortización		- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €
Resultados financieros		- 357.467 €	- 329.047 €	- 299.206 €	- 267.872 €	- 234.972 €	- 200.427 €	- 164.155 €	- 126.069 €	- 86.079 €	- 44.089 €
BAI		1.067.372 €	1.143.752 €	1.207.019 €	1.272.455 €	1.340.150 €	1.410.195 €	1.482.687 €	1.557.727 €	1.635.421 €	1.715.879 €
Impuesto de sociedades		- 373.580 €	- 400.313 €	- 422.457 €	- 445.359 €	- 469.052 €	- 493.568 €	- 518.940 €	- 545.204 €	- 572.397 €	- 600.558 €
BDI		693.792 €	743.439 €	784.562 €	827.096 €	871.097 €	916.627 €	963.746 €	1.012.522 €	1.063.024 €	1.115.321 €

AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
1.982.774 €	2.022.819 €	2.063.677 €	2.105.364 €	2.147.897 €	2.191.294 €	2.235.571 €	2.280.748 €	2.326.842 €	2.373.872 €
- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1.799.217 €	1.839.262 €	1.880.120 €	1.921.807 €	1.964.340 €	2.007.736 €	2.052.014 €	2.097.191 €	2.143.285 €	2.190.315 €
- 629.726 €	- 643.742 €	- 658.042 €	- 672.632 €	- 687.519 €	- 702.708 €	- 718.205 €	- 734.017 €	- 750.150 €	- 766.610 €
1.169.491 €	1.195.520 €	1.222.078 €	1.249.174 €	1.276.821 €	1.305.029 €	1.333.809 €	1.363.174 €	1.393.135 €	1.423.705 €

AÑO 21	AÑO 22	AÑO 23	AÑO 24	AÑO 25	AÑO 26	AÑO 27	AÑO 28	AÑO 29	AÑO 30
2.421.858 €	2.470.819 €	2.520.775 €	2.571.746 €	2.623.753 €	2.676.817 €	2.730.961 €	2.786.205 €	2.842.574 €	2.900.088 €
- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
2.238.301 €	2.287.262 €	2.337.218 €	2.388.189 €	2.440.196 €	2.493.260 €	2.547.404 €	2.602.648 €	2.659.016 €	2.716.531 €
- 783.405 €	- 800.542 €	- 818.026 €	- 835.866 €	- 854.069 €	- 872.641 €	- 891.591 €	- 910.927 €	- 930.656 €	- 950.786 €
1.454.896 €	1.486.720 €	1.519.191 €	1.552.323 €	1.586.127 €	1.620.619 €	1.655.812 €	1.691.721 €	1.728.361 €	1.765.745 €

ICAI ICADE CIHS **PLEASE TAB TO APPLY TÍTULO 1 TO THE TEXT THAT YOU WANT TO APPEAR HERE.**

AÑO 31	AÑO 32	AÑO 33	AÑO 34	AÑO 35	AÑO 36	AÑO 37	AÑO 38	AÑO 39	AÑO 40
2.958.773 €	3.018.653 €	3.079.751 €	3.142.092 €	3.205.703 €	3.270.609 €	3.336.837 €	3.404.414 €	3.473.368 €	3.543.727 €
- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €	- 183.557 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
2.775.216 €	2.835.095 €	2.896.193 €	2.958.535 €	3.022.146 €	3.087.052 €	3.153.280 €	3.220.857 €	3.289.811 €	3.360.170 €
- 971.326 €	- 992.283 €	- 1.013.668 €	- 1.035.487 €	- 1.057.751 €	- 1.080.468 €	- 1.103.648 €	- 1.127.300 €	- 1.151.434 €	- 1.176.059 €
1.803.891 €	1.842.812 €	1.882.526 €	1.923.048 €	1.964.395 €	2.006.584 €	2.049.632 €	2.093.557 €	2.138.377 €	2.184.110 €

9.3.5 PRÉSTAMO

BANCO	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Saldo inicial	7.149.349 €	7.149.349 €	6.580.943 €	5.984.117 €	5.357.449 €	4.699.448 €	4.008.547 €	3.283.101 €	2.521.383 €	1.721.579 €	881.784 €
Interes	- €	- 357.467 €	- 329.047 €	- 299.206 €	- 267.872 €	- 234.972 €	- 200.427 €	- 164.155 €	- 126.069 €	- 86.079 €	- 44.089 €
Devolución nominal	- €	- 568.406 €	- 596.826 €	- 626.668 €	- 658.001 €	- 690.901 €	- 725.446 €	- 761.718 €	- 799.804 €	- 839.794 €	- 881.784 €
Pago anual	- €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €
CF antes de impuestos	7.149.349 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €	- 925.873 €
Ahorro impuestos	- €	125.114 €	115.167 €	104.722 €	93.755 €	82.240 €	70.150 €	57.454 €	44.124 €	30.128 €	15.431 €
CF después de impuestos	7.149.349 €	- 800.760 €	- 810.707 €	- 821.151 €	- 832.118 €	- 843.633 €	- 855.724 €	- 868.419 €	- 881.749 €	- 895.746 €	- 910.442 €

Coste de la deuda 3,25%

9.3.6 CASH FLOWS, TIR Y PAYBACK

Cash Flows	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
EBITDA	- €	1.608.397 €	1.656.356 €	1.689.782 €	1.723.885 €	1.758.679 €	1.794.179 €	1.830.399 €	1.867.353 €	1.905.057 €	1.943.525 €
Variación NOFs	- 300.000 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Cash Flow operativo	- 300.000 €	1.608.397 €	1.656.356 €	1.689.782 €	1.723.885 €	1.758.679 €	1.794.179 €	1.830.399 €	1.867.353 €	1.905.057 €	1.943.525 €
Inversión inicial	- 10.213.356 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Cash Flow proyecto A.I	- 10.513.356 €	1.608.397 €	1.656.356 €	1.689.782 €	1.723.885 €	1.758.679 €	1.794.179 €	1.830.399 €	1.867.353 €	1.905.057 €	1.943.525 €
Impuesto de sociedades	- €	- 373.580 €	- 400.313 €	- 422.457 €	- 445.359 €	- 469.052 €	- 493.568 €	- 518.940 €	- 545.204 €	- 572.397 €	- 600.558 €
Cash Flow proyecto D.I	- 10.513.356 €	1.234.817 €	1.256.043 €	1.267.325 €	1.278.526 €	1.289.627 €	1.300.611 €	1.311.459 €	1.322.149 €	1.332.660 €	1.342.968 €
Gastos Financieros	- €	- 357.467 €	- 329.047 €	- 299.206 €	- 267.872 €	- 234.972 €	- 200.427 €	- 164.155 €	- 126.069 €	- 86.079 €	- 44.089 €
Devolución principal	7.149.349 €	- 568.406 €	- 596.826 €	- 626.668 €	- 658.001 €	- 690.901 €	- 725.446 €	- 761.718 €	- 799.804 €	- 839.794 €	- 881.784 €
CF accionistas	- 3.364.007 €	308.943 €	330.169 €	341.452 €	352.652 €	363.754 €	374.738 €	385.585 €	396.275 €	406.786 €	417.094 €

TIR ACCIONISTAS	17,37%
TIR PROYECTO	12,87%
PAYBACK PROYECTO	8,19 años

AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
1.982.774 €	2.022.819 €	2.063.677 €	2.105.364 €	2.147.897 €	2.191.294 €	2.235.571 €	2.280.748 €	2.326.842 €	2.373.872 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1.982.774 €	2.022.819 €	2.063.677 €	2.105.364 €	2.147.897 €	2.191.294 €	2.235.571 €	2.280.748 €	2.326.842 €	2.373.872 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1.982.774 €	2.022.819 €	2.063.677 €	2.105.364 €	2.147.897 €	2.191.294 €	2.235.571 €	2.280.748 €	2.326.842 €	2.373.872 €
- 629.726 €	- 643.742 €	- 658.042 €	- 672.632 €	- 687.519 €	- 702.708 €	- 718.205 €	- 734.017 €	- 750.150 €	- 766.610 €
1.353.048 €	1.379.078 €	1.405.635 €	1.432.732 €	1.460.378 €	1.488.586 €	1.517.366 €	1.546.731 €	1.576.692 €	1.607.262 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1.353.048 €	1.379.078 €	1.405.635 €	1.432.732 €	1.460.378 €	1.488.586 €	1.517.366 €	1.546.731 €	1.576.692 €	1.607.262 €

AÑO 21	AÑO 22	AÑO 23	AÑO 24	AÑO 25	AÑO 26	AÑO 27	AÑO 28	AÑO 29	AÑO 30
2.421.858 €	2.470.819 €	2.520.775 €	2.571.746 €	2.623.753 €	2.676.817 €	2.730.961 €	2.786.205 €	2.842.574 €	2.900.088 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
2.421.858 €	2.470.819 €	2.520.775 €	2.571.746 €	2.623.753 €	2.676.817 €	2.730.961 €	2.786.205 €	2.842.574 €	2.900.088 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
2.421.858 €	2.470.819 €	2.520.775 €	2.571.746 €	2.623.753 €	2.676.817 €	2.730.961 €	2.786.205 €	2.842.574 €	2.900.088 €
- 783.405 €	- 800.542 €	- 818.026 €	- 835.866 €	- 854.069 €	- 872.641 €	- 891.591 €	- 910.927 €	- 930.656 €	- 950.786 €
1.638.453 €	1.670.277 €	1.702.749 €	1.735.880 €	1.769.684 €	1.804.176 €	1.839.370 €	1.875.279 €	1.911.918 €	1.949.302 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1.638.453 €	1.670.277 €	1.702.749 €	1.735.880 €	1.769.684 €	1.804.176 €	1.839.370 €	1.875.279 €	1.911.918 €	1.949.302 €

ICAI IC4DE CIH5 **PLEASE USE THE HOME TAB TO APPLY TÍTULO 1 TO THE TEXT THAT YOU WANT TO APPEAR HERE.**

AÑO 31	AÑO 32	AÑO 33	AÑO 34	AÑO 35	AÑO 36	AÑO 37	AÑO 38	AÑO 39	AÑO 40
2.958.773 €	3.018.653 €	3.079.751 €	3.142.092 €	3.205.703 €	3.270.609 €	3.336.837 €	3.404.414 €	3.473.368 €	3.543.727 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	300.000 €
2.958.773 €	3.018.653 €	3.079.751 €	3.142.092 €	3.205.703 €	3.270.609 €	3.336.837 €	3.404.414 €	3.473.368 €	3.843.727 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
2.958.773 €	3.018.653 €	3.079.751 €	3.142.092 €	3.205.703 €	3.270.609 €	3.336.837 €	3.404.414 €	3.473.368 €	3.843.727 €
- 971.326 €	- 992.283 €	- 1.013.668 €	- 1.035.487 €	- 1.057.751 €	- 1.080.468 €	- 1.103.648 €	- 1.127.300 €	- 1.151.434 €	- 1.176.059 €
1.987.448 €	2.026.369 €	2.066.083 €	2.106.605 €	2.147.952 €	2.190.141 €	2.233.189 €	2.277.114 €	2.321.934 €	2.667.668 €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
1.987.448 €	2.026.369 €	2.066.083 €	2.106.605 €	2.147.952 €	2.190.141 €	2.233.189 €	2.277.114 €	2.321.934 €	2.667.668 €