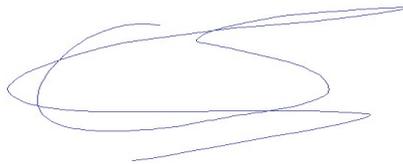


Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Evaluación Técnica y Económica de un Parque Solar Fotovoltaico
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2024/25 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

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



Fdo.: Carlos Samuel Lucas Carpintero

Fecha: ...26.../ ...11.../ ...2024...

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



2024.11.25

13:11:22

+11'00'

Fdo.: Ignacio Martín Gutiérrez.

Fecha: ...25.../ ...11.../ ...2024...



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**EVALUACIÓN
TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN
PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO**

Autor: Carlos Samuel Lucas Carpintero

Director: Ignacio Martín Gutiérrez

Madrid

Agradecimientos

Me gustaría aprovechar este apartado del presente Trabajo Final de Grado para agradecer a mi familia y en especial a mis padres y hermana, por la confianza, cariño y apoyo que me han mostrado durante estos años de carrera y que me han resultado fundamentales durante estos años.

También me gustaría agradecerles a los profesores que me han ido ayudando a formarme durante los años de grado, por su paciencia, atención y empatía que han mostrado durante estos años de aprendizaje.

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO

Autor: Lucas Carpintero, Carlos Samuel.

Director: Martín Gutiérrez, Ignacio.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

1. Introducción

Este Trabajo de Fin de Grado (TFG) se centra en estudiar la viabilidad de instalar una planta solar fotovoltaica en el municipio de Motilla del Palancar, ubicado en la provincia de Cuenca, Castilla-La Mancha. En las últimas décadas, se ha hecho evidente que la sociedad global depende cada vez más de la energía eléctrica, una tendencia impulsada por el aumento en el uso de dispositivos electrónicos, la interconexión tecnológica y el crecimiento poblacional sostenido, producto de las mejoras en las condiciones de vida. Este incremento en la demanda eléctrica hace necesario considerar fuentes de energía sostenibles y con bajo impacto ambiental.

Las plantas solares fotovoltaicas ofrecen una respuesta a esta necesidad al generar electricidad de manera limpia, evitando daños significativos al medio ambiente. Además, representan una tecnología de generación que se perfila como una de las principales fuentes de suministro en el sector eléctrico nacional. Este proyecto no solo evalúa el potencial de implantación en esta localidad específica, sino que también analiza cómo estas instalaciones pueden contribuir a satisfacer las crecientes necesidades energéticas de una sociedad en constante transformación, apuntando a un modelo de energía más sostenible y resiliente para el futuro.

2. Definición del proyecto

Durante el desarrollo del presente proyecto se tiene como objetivo principal analizar los pasos necesarios para evaluar técnica y económicamente la viabilidad de una planta solar fotovoltaica en Motilla del Palancar, Cuenca. El estudio se enfocará en calcular la potencia requerida para cubrir la demanda energética, adaptándola a las ofertas del mercado, y en aplicar conocimientos del sector eléctrico en España. Además, se evaluarán las tensiones y corrientes admisibles en los equipos, se analizarán las opciones de interconexión entre ellos y se aplicarán conocimientos económicos para valorar la inversión y rentabilidad del proyecto. En conjunto, el TFG busca proporcionar una base sólida para el desarrollo de una planta eficiente y sostenible en el entorno local.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

De cara a llevar a cabo este trabajo de fin de grado se han empleado dos tipos de calculadoras online, PVGIS y MonSolar, las cuales mediante simulaciones y una cierta entrada de datos inicial generaban estimaciones de generación y espacio relacionado con el dimensionamiento de las placas solares. Estos datos que arrojaban las calculadoras tenían que ver con la generación de energía fotovoltaica por parte de la calculadora PVGIS y el espacio a ocupar y relacionado con la separación entre placas por parte de la calculadora MonSolar. Con el fin de calcular los gastos que acarrearía este proyecto solar en Motilla del Palancar se ha llevado a cabo un estudio de los precios del mercado

de la apartamenta a utilizar además del contacto con los proveedores de ciertas herramientas con el fin de obtener estimación o incluso precios exactos de los equipos a emplear.

4. Resultados

El proyecto de parque solar en Motilla del Palancar busca producir la energía suficiente como para poder cubrir la demanda energética del municipio en su mes pico (3,05 GWh en diciembre) mediante una planta fotovoltaica de 36.587 kWp, diseñada para operar con paneles Huawei de 250 Wp y cuatro inversores SUNGROW SG8800UD -MV. Esta configuración, optimizada con un sistema de seguimiento de un eje, asegura un rendimiento anual eficiente con una eficiencia total del 14,03%, considerando pérdidas por factores como reflexión, temperatura y suciedad. La conexión a la red se realizará en una subestación cercana, simplificando la infraestructura y reduciendo costos adicionales.

La inversión inicial (CAPEX) asciende a 24,1 millones de euros, y se espera reducir hasta el 83% de este monto mediante fondos europeos, lo que haría viable el proyecto financieramente. Los costos operativos (OPEX) anuales se estiman en 1,17 millones de euros, necesarios para el mantenimiento de los paneles y la operación general. Se prevé que el retorno de la inversión inicial se logrará en aproximadamente 2 años y 8 meses; Sin embargo, considerando todos los costos, el período de retorno total sería de unos 29 años, en función de los precios de la electricidad.

5. Conclusiones

El proyecto de planta solar en Motilla del Palancar es viable técnicamente, con una capacidad de generación que cubre sobradamente la demanda local. La configuración óptima y el margen de producción permiten su operación estable, aunque a largo plazo requerirá renovar algunos equipos.

Económicamente, el proyecto presenta dificultades: requiere una alta inversión inicial, y su retorno, estimado en 29 años, coinciden con el fin de la vida útil de los paneles, lo cual limita la rentabilidad y los beneficios para inversores privados. Dado el bajo beneficio económico, sería más adecuado para la financiación pública, logrando así sus objetivos ambientales sin depender de un alto retorno financiero.

6. Referencias

- [1] Simulador de la Unión Europe PVGIS version 5.3 .
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/
- [2] Calculadora perteneciente a la empresa MonSolar. <https://www.monsolar.com/separacion-paneles-solares> .

TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF A PHOTOVOLTAIC SOLAR PARK.

Author: Lucas Carpintero, Carlos Samuel.

Supervisor: Martín Gutiérrez, Ignacio.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

1. Introduction

This Final Degree Project (TFG) focuses on studying the feasibility of installing a photovoltaic solar power plant in the municipality of Motilla del Palancar, located in the province of Cuenca, Castilla-La Mancha. In recent decades, it has become evident that global society increasingly depends on electrical energy, a trend driven by the rise in electronic device usage, technological interconnection, and sustained population growth resulting from improved living conditions. This increase in electricity demand makes it necessary to consider sustainable energy sources with low environmental impact.

Photovoltaic solar plants offer a solution to this need by generating electricity cleanly and avoiding significant environmental damage. Furthermore, they represent a generation technology that is positioned to become one of the main sources of supply in the national electric sector. This project not only evaluates the potential for implementation in this specific locality but also analyzes how these facilities can help meet the growing energy needs of society in constant transformation, aiming for a more sustainable and resilient energy model for the future.

2. Project definition

The main objective of this project is to analyze the necessary steps to technically and economically assess the feasibility of a photovoltaic solar plant in Motilla del Palancar, Cuenca. The study will focus on calculating the power required to meet energy demand, aligning it with market offerings, and applying knowledge from Spain's electrical sector. Additionally, it will evaluate the admissible voltages and currents for the equipment, analyze interconnection options among components, and apply economic principles to assess the investment and profitability of the project. Together, this TFG aims to provide a solid foundation for developing an efficient and sustainable plant in the local area.

3. Model/System/Tools description

To carry out this final degree project, two types of online calculators were used: PVGIS and MonSolar. These calculators generated estimates of energy generation and spatial requirements for the sizing of solar panels based on simulations and specific initial input data. The data provided by the calculators included photovoltaic energy generation estimates from PVGIS and space requirements related to panel spacing from MonSolar. To calculate the expenses involved in this solar project in Motilla del Palancar, a study of market prices for the necessary equipment was conducted, along with direct contact with suppliers of certain tools to obtain either estimates or exact prices for the equipment to be used.

4. Results

The solar park project in Motilla del Palancar aims to meet the municipality's energy demand during its peak month (3.05 GWh in December) through a photovoltaic plant with a capacity of 36,587 kWp, designed to operate with Huawei 250 Wp panels and four SUNGROW SG8800UD-MV inverters. This configuration, optimized with a single axis tracking system, ensures efficient annual performance with a total efficiency of 14.03%, accounting for losses due to factors like reflection, temperature, and dirt. The grid connection will be made at a nearby substation, simplifying infrastructure and reducing additional costs.

The initial investment (CAPEX) is €24.1 million, with up to 83% of this amount expected to be covered by European funds, making the project financially viable. Annual operating costs (OPEX) are estimated at €1.17 million, covering panel maintenance and general operations. The initial investment return is projected to be achieved in approximately 2 years and 8 months; However, considering all costs, the total payback period would be around 29 years, depending on electricity prices.

5. Conclusions

The solar plant project in Motilla del Palancar is technically viable, with a generation capacity that more than meets the local demand. Its optimal configuration and production margin allow for stable operation, although some equipment will need renewal in the long term.

Economically, the project faces challenges: it requires a high initial investment, and its estimated return period of 29 years coincides with the end of the panels' useful life, limiting profitability and benefits for private investors. Given the low economic return, public financing would be more suitable, achieving environmental goals without relying on a high financial return.

6. References

[1] [1] European Union PVGIS Simulator version 5.3.

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

[2] Calculator by MonSolar. <https://www.monsolar.com/separacion-paneles-solares>

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	7
1.1 Estado de la cuestión	7
1.2 Motivación del proyecto.....	8
1.3 Objetivos	9
1.4 Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible.....	10
1.5 Metodología.....	12
Capítulo 2. Contexto.....	14
2.1 Situación política	14
2.2 Situación del sistema eléctrico español	15
2.3 Situación fotovoltaica en España	16
2.4 Planes a futuro de la energía fotovoltaica en España	17
2.5 Retos y dificultades del sistema eléctrico español	21
•2.5.1 La eficiencia de los equipos utilizados	21
•2.5.2 Vertido eléctrico y los sistemas de almacenamiento.....	22
•2.5.3 Dependencia de las condiciones meteorológicas.....	24
•2.5.4 Caída del consumo con los años.....	25
Capítulo 3. Estudio del Entorno.....	26
3.1 Localización geográfica	26
3.2 Características meteorológicas y análisis del recurso solar.....	29
Capítulo 4. Introducción a la Energía Solar.....	31
4.1 Historia de la energía solar.....	31
4.2 Trayectoria de la energía solar en España.....	32
4.3 Funcionamiento hasta la obtención de la energía.....	34
4.4 Tipos de instalaciones y sus componentes básicos.....	34
•4.4.1 Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red.....	35
•4.4.2 Instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red.....	36
Capítulo 5. Marco Regulatorio para la Energía Solar en España.....	38

Capítulo 6. Viabilidad Técnica.....	40
6.1 Dimensionamiento de la planta	40
6.2 Diseño del sistema.....	48
•6.2.1 Elección de los paneles fotovoltaicos.....	48
•6.2.2 Elección del inversor	56
•6.2.3 Disposición del material en la planta.....	59
•6.2.4 Cajas combinadas	62
6.3 Análisis y Adecuación del Terreno	63
6.4 Perdidas del sistema	65
6.5 Eficiencia de la planta	66
6.6 Cálculo de la puesta a tierra	68
6.7 Sistema de protección.....	71
Capítulo 7. Viabilidad Económica	73
7.1 Análisis de costes	73
•7.1.1 Costes de inversión, CAPEX.....	73
•7.1.2 Costes operativos y de mantenimiento, OPEX.....	76
7.2 Fuentes de financiación y ayudas.....	80
7.3 Estimación de ingresos.....	82
7.4 Análisis financiero.....	85
•7.4.1 Payback period	85
•7.4.2 Cálculo del TIR	88
Capítulo 8. Conclusiones.....	92
8.1 Conclusiones Técnicas	92
8.2 Conclusiones Económicas	95
Capítulo 9. Bibliografía.....	100

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.	Objetivos ODS.....	10
Ilustración 2.	Situación del sistema eléctrico español.....	15
Ilustración 3.	Situación fotovoltaica en España.....	17
Ilustración 4.	PNIEC	18
Ilustración 5.	Tecnologías a reducir.....	20
Ilustración 6.	Eficiencia de los equipos.....	22
Ilustración 7.	Redes eléctricas.....	23
Ilustración 8.	Sistema de almacenamiento de energía.....	24
Ilustración 9.	Localización del parque fotovoltaico.....	27
Ilustración 10.	Perímetro y área disponible para la instalación.....	28
Ilustración 11.	Accesos a la zona seleccionada.....	29
Ilustración 12.	Instalación fotovoltaica conectada a la red.....	35
Ilustración 13.	Instalación fotovoltaica aislada de la red.....	37
Ilustración 14.	Mapa de irradiación solar en España.....	44
Ilustración 15.	Sistemas de seguimiento solar.....	51
Ilustración 16.	Captura de la simulación con PVGIS.....	52
Ilustración 17.	Resultados obtenidos tras la simulación con PVGIS.....	52