GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Business Case: Análisis de la viabilidad económica de un parque eólico.

Autor: Jaime García-Larrache Segura

Director: Mercedes Fernández García

Co-Director: Nombre Apellido1 Apellido2

Madrid

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

"Business Case: Análisis de la viabilidad económica de un parque eólico."

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.: Jaime García-Larrache Segura Fecha: 26/08/2025

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

FERNANDEZ GARCIA MARIA MERCEDES - 05203927Q

Firmado digitalmente por FERNANDEZ GARCIA MARIA MERCEDES - 05203927Q
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, serialNumber=IDCES-05203927Q, givenName=MARIA MERCEDES, sn=FERNANDEZ GARCIA, cn=FERNANDEZ GARCIA MARIA MERCEDES - 05203927Q
Fecha: 2025.08.28 11:10:20 +02'00'

Fdo.: Nombre del Director Fecha: ……/ ……/ ……

Agradecimientos

Esta sección es opcional

BUSINESS CASE: ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE UN PARQUE EÓLICO.

Autor: García-Larrache Segura, Jaime.
Director: Fernández García, Mercedes.
Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Este trabajo presenta un análisis integral de la viabilidad técnica, económica, medioambiental y estratégica del Parque Eólico Gecama (Cuenca, España), el mayor parque eólico terrestre construido en una sola fase en el país. Los resultados confirman su rentabilidad económica (VAN: +160 M€, TIR: 10,8 %, Payback: 10,6 años, LCOE: 40€/Mwh), su sostenibilidad ambiental (350.000 tCO_2 evitadas al año) y su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

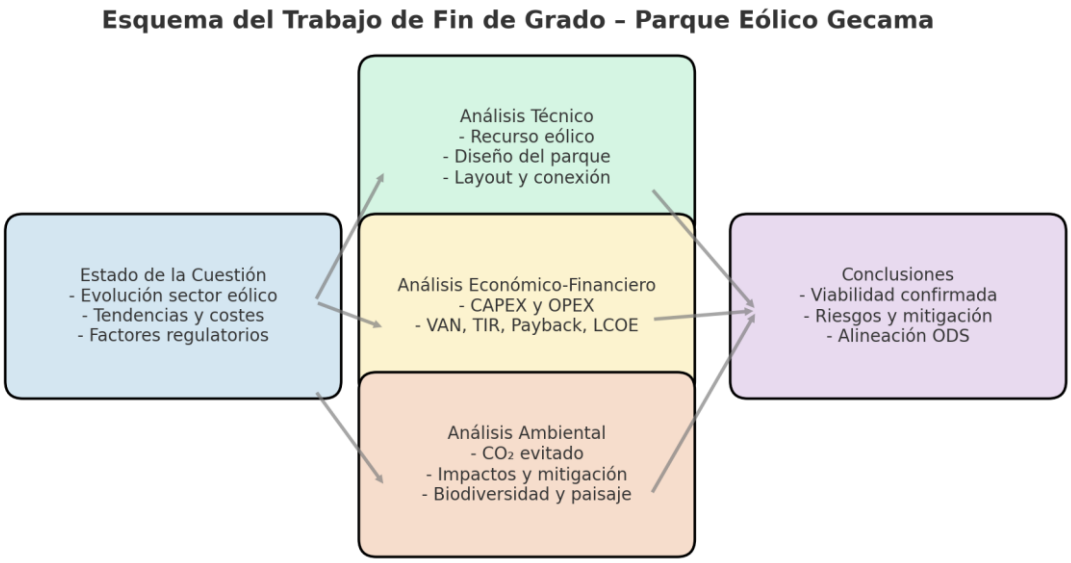

Figura 1: Esquema del Trabajo de Fin de Grado

Palabras clave: Energía eólica, Viabilidad económica, Estrategia, Transición energética, Desarrollo sostenible.

1. Introducción

La transición energética constituye uno de los mayores retos del siglo XXI, marcada por la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y garantizar un suministro energético sostenible y seguro. En este contexto, la energía eólica ha consolidado su papel como tecnología clave, tanto en España como en el conjunto de Europa.

El presente Trabajo de Fin de Grado se centra en el análisis de viabilidad del Parque Eólico Gecama, un proyecto emblemático de 312 MW de potencia instalado en la provincia de Cuenca. El estudio integra perspectivas técnicas, económicas, medioambientales y estratégicas, ofreciendo un Business Case completo extrapolable a futuros desarrollos en el sector.

2. Definición del proyecto

El Parque Eólico Gecama se configura como el mayor parque eólico terrestre construido en una sola fase en España, con una producción anual superior a 1.000 GWh, capaz de abastecer a más de 280.000 hogares. La inversión estimada se sitúa en 350–380 millones de euros, con un diseño optimizado que combina 69 aerogeneradores de última generación (Nordex Delta 4000, 4.5–5 MW cada uno) y una conexión robusta a la red de transporte de 400 kV.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

La evaluación se ha realizado mediante un enfoque multidisciplinar:

- Análisis técnico: caracterización del recurso eólico (>7 m/s de media), selección de turbinas y diseño del layout.
- Análisis económico-financiero: estimación de CAPEX, OPEX, ingresos y cálculo de indicadores (NPV, IRR, Payback, LCOE).
- Análisis estratégico: aplicación de herramientas DAFO, PESTEL, Porter y Business Model Canvas.
- Análisis medioambiental: cuantificación de emisiones evitadas, impacto en biodiversidad y medidas de mitigación.
- Alineación con ODS: evaluación de la contribución del proyecto a los objetivos 7, 8, 9, 11, 13 y 15 de la Agenda 2030.

4. Resultados

Los principales resultados obtenidos son los siguientes:

- Viabilidad técnica: factor de capacidad estimado ≈ 35 %, disponibilidad >97 %.
- Indicadores económicos:
  - NPV: +160 M€
  - IRR: 10.8 %
  - Payback: 10–12 años
  - LCOE: ≈ 40 €/MWh
- Impacto medioambiental: reducción de 350.000 tCO_2/año, equivalentes a 230.000 vehículos retirados de la circulación.
- Contribución socioeconómica: más de 2.000 empleos directos e indirectos creados en la fase de construcción, e ingresos recurrentes para los municipios locales.

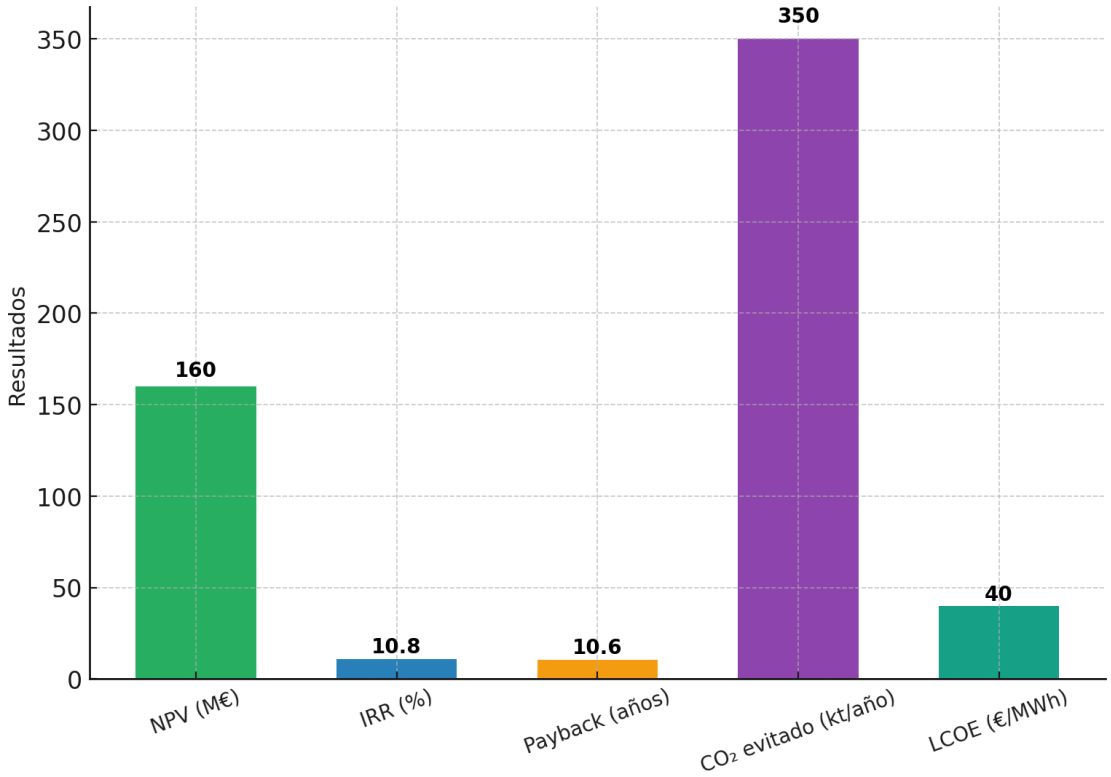

Figura 2: Resultados Económicos del Parque Eólico Gecama (Cuenca)

5. Conclusiones

- El Parque Eólico Gecama demuestra viabilidad técnica, económica y medioambiental, consolidándose como un proyecto estratégico para la transición energética en España.
- Los indicadores financieros reflejan una rentabilidad atractiva y sostenible, reforzada por la diversificación de ingresos mediante PPAs.
- El impacto positivo en la reducción de emisiones y el desarrollo socioeconómico local confirma la aportación del proyecto a los objetivos nacionales y europeos de descarbonización.
- El trabajo desarrollado constituye un modelo metodológico extrapolable a futuros proyectos renovables, integrando análisis técnico-financiero, estratégico y ambiental en una visión holística.

BUSINESS CASE: ECONOMIC VIABILITY ANALYSIS OF A WIND FARM

Author: García-Larrache Segura, Jaime.
Supervisor: Fernández García, Mercedes.
Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This project presents a comprehensive analysis of the technical, economic, environmental, and strategic feasibility of the Gecama Wind Farm (Cuenca, Spain), the largest onshore wind farm built in a single phase in the country. The results confirm its economic profitability (NPV: +€160 M, IRR: 10.8%, Payback: 10.6 years, LCOE: €40/MWh), its environmental sustainability (350,000 tCO_2 avoided per year) and its alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Wind energy, Economic viability, Strategy, Energy transition, Sustainable development.

1. Introduction

The energy transition constitutes one of the greatest challenges of the 21st century, driven by the need to reduce greenhouse gas emissions and ensure a sustainable and secure energy supply. In this context, wind energy has consolidated its role as a key technology, both in Spain and across Europe.

This Final Degree Project focuses on the feasibility analysis of the Gecama Wind Farm, an emblematic project with an installed capacity of 312 MW located in the province of Cuenca. The study integrates technical, economic, environmental, and strategic perspectives, providing a comprehensive business case that can be extrapolated to future developments in the sector.

2. Project definition

The Gecama Wind Farm is the largest onshore wind farm built in a single phase in Spain, with an annual production exceeding 1,000 GWh, enough to supply electricity to more than 280,000 households. The investment is estimated at €350–380 million, with an optimized design that includes 69 next-generation turbines (Nordex Delta 4000, 4.5–5 MW each) and a robust 400 kV transmission grid connection.

3. Description of the model/system/tool

The evaluation was carried out through a multidisciplinary approach:

- **Technical analysis**: characterization of the wind resource (>7 m/s average), turbine selection and layout design.

- **Economic-financial analysis**: estimation of CAPEX, OPEX, revenues, and calculation of key indicators (NPV, IRR, Payback, LCOE).

- **Strategic analysis**: application of SWOT, PESTEL, Porter's Five Forces and the Business Model Canvas.

- **Environmental analysis**: quantification of avoided emissions, biodiversity impact, and mitigation measures.

- **Alignment with SDGs**: assessment of the project's contribution to Goals 7, 8, 9, 11, 13 and 15 of the 2030 Agenda.

4. Results

- The main results obtained are as follows:
- Technical feasibility: estimated capacity factor ≈ 35%, availability >97%.
- Economic indicators:
  - NPV: +€160 M
  - IRR: 10.8%
  - Payback: 10–12 years
  - LCOE: ≈ €40/MWh
- Environmental impact: reduction of 350,000 tCO_2/year, equivalent to removing 230,000 cars from circulation.
- Socioeconomic contribution: more than 2,000 direct and indirect jobs created during the construction phase, plus recurring revenues for local municipalities.

5. Conclusions

- The Gecama Wind Farm demonstrates technical, economic, and environmental feasibility, consolidating itself as a strategic project for Spain's energy transition.
- Financial indicators reflect attractive and sustainable profitability, strengthened by income diversification through PPAs.
- The positive impact on emission reduction and local socioeconomic development confirms the project's contribution to national and European decarbonization goals.
- The study constitutes a methodological model that can be extrapolated to future renewable projects, integrating technical-financial, strategic, and environmental analysis into a holistic vision.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Resumen ***6***

Capítulo 2. Abstract ***9***

Capítulo 3. Introducción ***11***

3.1 Contextualización de la transición energética 11

3.2 Situación actual de las energías renovables 12

3.3 Importancia de la energía eólica en España 12

3.4 Motivación y objetivos del proyecto 13

3.5 Metodología de trabajo 14

Capítulo 4. Estado De La Cuestión ***16***

4.1 Tecnologías actuales en energía eólica 16

4.1.1 Principales elementos tecnológicos *16*

4.1.2 Avances recientes en el sector *17*

4.2 Tipos de parques eólicos: Onshore vs Offshore 17

4.3 Tendencias de mercado y evolución de costes 19

4.3.1 Tendencias globales *19*

4.3.2 Factores que impulsan esta tendencia *20*

4.3.3 Gecama en el contexto de costes *20*

4.4 Factores económicos y regulatorios en España 20

4.4.1 Factores económicos *20*

4.4.2 Marco regulatorio *21*

4.4.3 Relevancia para Gecama *21*

Capítulo 5. Análisis Teórico De La Viabilidad De Proyectos Eólicos ***22***

5.1 Factores internos 22

5.1.1 Eficiencia técnica *23*

5.1.2 Costes y rentabilidad esperada *25*

5.1.3 Gestión de riesgos operativos *26*

5.2 Factores externos 28

5.2.1 Condiciones de mercado *29*

5.2.2 Regulación y políticas de apoyo *31*
5.2.3 Factores sociales y medioambientales *32*
5.3 Principales metodologías de evaluación de proyectos energéticos 34

Capítulo 6. Análisis Estratégico Del Proyecto ***40***
6.1 Análisis interno 40
6.1.1 Análisis DAFO *40*
6.1.2 Análisis CAME *43*
6.1.3 Modelo de las 7S de McKinsey *45*
6.2 Análisis externo 48
6.2.1 Análisis PESTEL *48*
6.2.2 Análisis de las 5 Fuerzas de Porter *51*
6.3 Canvas estratégico del proyecto 53

Capítulo 7. Descripción Del Proyecto ***58***
7.1 Características generales del parque eólico Gecama (Cuenca) 59
7.2 Datos técnicos principales 60
7.3 Localización y recursos eólicos disponibles 62
7.4 Análisis estratégico en el contexto de la transición energética 63
7.4.1 Contribución a los objetivos nacionales e internacionales de descarbonización *64*
7.4.2 Posicionamiento dentro del sector eólico español *64*
7.4.3 Impacto económico y social en la región *65*
7.4.4 Ventajas competitivas del proyecto *65*
7.4.5 Retos y riesgos potenciales *66*
7.4.6 Perspectiva de futuro *66*

Capítulo 8. Análisis De Impacto Medioambiental ***67***
8.1 Emisiones evitadas y beneficios ambientales 67
8.2 Impacto sobre flora, fauna, paisaje e impacto acústico 68
8.3 Medidas de mitigación y buenas prácticas 70

Capítulo 9. Análisis Económico ***72***
9.1 Costes de inversión (CAPEX) 72
9.2 Costes de operación (OPEX) 74
9.3 Vida útil del proyecto y costes de desmantelamiento 76
9.4 Financiación del proyecto y posibles fuentes de inversión 77

9.5 Ingresos previstos (tarifas de electricidad, PPA, mercado libre) ... 78
9.6 Subvenciones y apoyos publicos ... 79

Capítulo 10. Evaluación De La Viabilidad Económica ... 82
10.1 Supuestos básicos del análisis ... 82
10.2 Cálculos de ingresos y flujo de caja operativo ... 83
10.3 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) ... 83
10.4 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) ... 84
10.5 Cálculo del Periodo de Retorno (Payback) ... 84
10.6 Cálculo del Level Cost Of Energy (LCOE) ... 85
10.7 Análisis de sensibilidad ... 85
10.8 Análisis de riesgos ... 86
10.8.1 Riesgo de recurso eólico ... 86
10.8.2 Riesgo de mercado eléctrico ... 86
10.8.3 Riesgo regulatorio ... 87
10.8.4 Riesgo financiero ... 87
10.8.5 Riesgo tecnológico y operativo ... 87
10.8.6 Riesgo medioambiental y social ... 88

Capítulo 11. Alineación Con Los Objetivos De Desarrollo Sostenible (ODS) ... 89

Capítulo 12. Conclusiones ... 92
12.1 Resumen de resultados económicos y medioambientales ... 92
12.2 Factores determinantes de la viabilidad ... 93
12.3 Recomendaciones para la toma de decisiones ... 94
12.4 Líneas futuras de investigación y mejora ... 95

Capítulo 13. Bibliografía ... 97

Índice de figuras

Figura 1: Esquema del Trabajo de Fin de Grado 4
Figura 2: Resultados Económicos del Parque Eólico Gecama (Cuenca) 6
Figura 3: Imagen visual de la diferencia entre parque eólico Onshore y Offshore 18
Figura 4: Imagen visual del Análisis DAFO 41
Figura 5: Imagen visual del Modelo de las 7S de McKinsey 47
Figura 6: Imagen visual del Análisis PESTEL 49
Figura 7: Imagen visual del Análisis de las 5 fuerzas de Porter 51
Figura 8: Imagen visual del Análisis del Canvas Estratégico 54
Figura 9: Planta Híbrida Parque Eólico Gecama (Cuenca) 58
Figura 10: Imagen Objetivos Desarrollo Sostenible Agenda 2030 89

Índice de tablas

Tabla 1: Resultados Análisis Sensibilidad 85

Capítulo 1. RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado analiza en profundidad la viabilidad técnica, económica, medioambiental y estratégica del Parque Eólico Gecama, localizado en la provincia de Cuenca. Este proyecto, con más de 300 MW de potencia instalada y una producción estimada superior a 1.000 GWh anuales, constituye el mayor parque eólico construido en una sola fase en España y un caso de estudio representativo de la transición energética nacional.

La investigación se enmarca en el contexto global de la transición energética, impulsada por la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar el cambio climático y disminuir la dependencia de combustibles fósiles. España ocupa un papel destacado en este proceso, con la energía eólica como principal tecnología del mix eléctrico en 2023. El Parque Gecama refleja esta estrategia, integrándose en los objetivos del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, que prevé alcanzar 50 GW de capacidad eólica para finales de la década.

El trabajo realiza un estado de la cuestión del sector eólico, abordando el progreso tecnológico de los aerogeneradores, la digitalización mediante sistemas SCADA y mantenimiento predictivo, así como la comparación entre eólica terrestre y marina. Se examinan también las tendencias de reducción del coste nivelado de la energía (LCOE), la creciente importancia de los contratos bilaterales (PPA) y la influencia de factores regulatorios, lo que sitúa a Gecama en un contexto favorable pero sujeto a riesgos de volatilidad de precios y cambios normativos.

Posteriormente, se desarrolla un análisis teórico de la viabilidad de proyectos eólicos, distinguiendo factores internos (eficiencia técnica, CAPEX, OPEX, rentabilidad y riesgos operativos) y factores externos (condiciones de mercado, regulación y aceptación social). En el caso de Gecama, destacan la calidad del recurso eólico (velocidades medias >7 m/s), el uso de aerogeneradores de última generación, un diseño de layout optimizado y una

conexión robusta a la red de transporte. Estos elementos permiten alcanzar un factor de capacidad cercano al 35 % y un LCOE competitivo (≈40 €/MWh), posicionando al parque como un activo de referencia en el sector.

El análisis estratégico integra herramientas como DAFO, CAME, PESTEL, las 5 Fuerzas de Porter, el Modelo 7S de McKinsey y el Canvas estratégico. Dichas metodologías permiten identificar fortalezas (alta potencia instalada, tecnología avanzada, apoyo institucional), debilidades (elevada inversión inicial, dependencia del recurso eólico), oportunidades (creciente demanda de renovables, innovación tecnológica) y amenazas (volatilidad de precios, cambios regulatorios). La estrategia resultante enfatiza la diversificación financiera, la innovación constante y la integración territorial mediante acuerdos con comunidades locales.

Desde el punto de vista medioambiental, el parque evita la emisión de más de 350.000 toneladas de CO_2 al año, lo que equivale a retirar de circulación unos 230.000 vehículos. Se aplican medidas de mitigación frente a impactos en avifauna y quirópteros, integración paisajística, control acústico y restauración de hábitats. Asimismo, se establecen planes de vigilancia y desmantelamiento sostenible, con alto potencial de reciclaje de materiales.

En el plano económico y financiero, el proyecto supone una inversión total estimada de 350–380 millones de euros, con un OPEX anual de 9–12 millones. Los ingresos previstos, combinando venta en mercado y PPAs, oscilan entre 50 y 65 millones de euros anuales en escenarios conservadores, pudiendo superar los 120 millones en contextos de precios elevados. La evaluación de viabilidad arroja resultados sólidos: VAN positivo de +160 M€, TIR del 10,8 % y Payback en torno a 10–12 años, confirmando la rentabilidad del proyecto frente a un horizonte de 25 años de vida útil.

Finalmente, el estudio demuestra que el Parque Eólico Gecama se encuentra plenamente alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, en particular con el acceso a energía limpia y asequible (ODS 7), la promoción del empleo y el crecimiento económico (ODS 8), la innovación en infraestructuras (ODS 9), la

sostenibilidad de comunidades locales (ODS 11), la acción por el clima (ODS 13) y la protección de ecosistemas terrestres (ODS 15).

En conclusión, el trabajo ofrece un Business Case integral que confirma la viabilidad técnica, ambiental y económica del Parque Eólico Gecama, situándolo como un proyecto emblemático de la transición energética española. Su análisis combina rigor académico y aplicabilidad práctica, aportando un marco metodológico extrapolable a futuros desarrollos de energía eólica en España y Europa.

Capítulo 2. ABSTRACT

This Final Degree Project presents a comprehensive analysis of the technical, economic, environmental, and strategic feasibility of the Gecama Wind Farm, located in the province of Cuenca, Spain. With an installed capacity of over 300 MW and an estimated annual generation exceeding 1,000 GWh, Gecama is the largest onshore wind farm built in a single phase in Spain and stands as a representative case within the country's ongoing energy transition.

The study is framed within the global energy transition, driven by the need to mitigate climate change, reduce greenhouse gas emissions, and decrease dependency on fossil fuels. Spain plays a leading role in this process, with wind power being the main technology in its electricity mix as of 2023. Against this background, Gecama aligns with the objectives of the Integrated National Energy and Climate Plan (PNIEC) 2021–2030, which sets ambitious renewable energy targets for the coming decade.

The project is analyzed through a multi-dimensional approach, combining a state-of-the-art review of the wind sector, a theoretical framework of feasibility factors, and several strategic analysis tools such as SWOT, PESTEL, Porter's Five Forces, McKinsey's 7S Model, and the Business Model Canvas. These methodologies highlight Gecama's key strengths—such as high installed capacity, modern turbine technology, and favorable regulatory support—while also identifying challenges including market price volatility and potential regulatory changes.

From a technical perspective, Gecama benefits from excellent wind resources (average speeds above 7 m/s), advanced turbine technology, optimized layout design, and robust grid connection, achieving a capacity factor of approximately 35%. On the economic side, the project involves an investment of €350–380 million (CAPEX) and annual operating costs of €9–12 million (OPEX). The financial evaluation confirms its profitability, with a

Net Present Value (NPV) of +€160 million, an Internal Rate of Return (IRR) of 10.8%, and a payback period of around 10–12 years.

The environmental analysis demonstrates significant benefits, with annual CO_2 savings of over 350,000 tonnes and strong alignment with Spain's climate commitments. Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity, landscape, and local communities are also incorporated, ensuring long-term sustainability.

Finally, the project's contribution to the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) is highlighted, particularly regarding affordable and clean energy (SDG 7), decent work and economic growth (SDG 8), innovation and infrastructure (SDG 9), sustainable communities (SDG 11), climate action (SDG 13), and terrestrial ecosystem protection (SDG 15).

In conclusion, the Gecama Wind Farm proves to be a profitable, sustainable, and strategically relevant project for Spain's energy transition. The methodology and results presented provide a solid reference for future large-scale wind power developments both nationally and across Europe.

Capítulo 3. INTRODUCCIÓN

3.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La transición energética representa un proceso transformador de gran escala, impulsado por la necesidad urgente de afrontar desafíos medioambientales globales y garantizar un suministro energético sostenible, asequible y seguro. Durante gran parte del siglo XX y comienzos del siglo XXI, el modelo energético mundial ha estado centrado principalmente en la explotación de recursos fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural. Aunque estas fuentes han posibilitado un crecimiento económico acelerado, también han provocado impactos negativos significativos en el entorno natural, entre los que destacan la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), el calentamiento global, la pérdida de biodiversidad y la contaminación del aire y del agua.

Este contexto ha generado una creciente concienciación global sobre la necesidad de transformar el modelo de producción y consumo energético. A nivel internacional, acuerdo como el Protocolo de Kioto (1997) y el Acuerdo de París (2015) han marcado hitos fundamentales al establecer compromisos vinculantes para reducir las emisiones de GEI y limitar el aumento de la temperatura global. Paralelamente, la Agenda 2030 para el desarrollo Sostenible, promovida por la ONU, ha situado el acceso a energía asequible y no contaminante como un objetivo prioritario (ODS 7), alineado con la mitigación del cambio climático (ODS13).

En este marco, la transición hacia un sistema energético basado en fuentes renovables se ha convertido en una prioridad estratégica a nivel mundial. Esta transición no solo responde a criterios medioambientales, sino también a consideraciones geopolíticas y económicas, como la reducción de la dependencia energética de terceros países, el impulso a la innovación tecnológica y la generación de empleo verde. En este nuevo paradigma, las energías renovables juegan un papel protagonista, permitiendo avanzar hacia un modelo más limpio, descentralizado y resiliente.

3.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

En los últimos años, las energías renovables han experimentado un crecimiento sostenido sin precedentes. Tecnologías como la energía eólica, la biomasa, la geotermia, la hidráulica o la solar fotovoltaica han mejorado significativamente en términos de eficiencia, fiabilidad y costes, lo que ha permitido su integración progresiva en los sistemas eléctricos a escala global. Según datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), en 2023, más del 40% de la nueva capacidad eléctrica instalada en el mundo correspondió a fuentes renovables, siendo la solar y la eólica las tecnologías más dinámicas.

En este escenario, la energía eólica se ha considerado una de las principales fuentes renovables de generación eléctrica. Su carácter modular, su escalabilidad y su madurez tecnológica la convierten en una opción viable y competitiva para muchos países. Además, la reducción del coste nivelado de la energía (LCOE) eólica, gracias a economías de escala, mejoras tecnológicas y nuevas estrategias de financiación, ha contribuido a su despliegue masivo tanto en instalaciones terrestres (onshore) como marinas (offshore).

Paralelamente, los marcos regulatorios han evolucionado para facilitar la inversión en renovables, mediante subastas, incentivos fiscales y políticas de fomento. La creciente presión social por adoptar modelos energéticos sostenibles también ha incentivado a empresas y gobiernos a apostar por tecnologías limpias, contribuyendo a una transición energética más inclusiva y equitativa.

3.3 IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA EÓLICA EN ESPAÑA

España se ha posicionado como uno de los líderes europeos y mundiales en el desarrollo de la energía eólica. En 2023, según la Asociación Empresarial Eólica (AEE), esta fuente renovable representó aproximadamente el 24 % de la generación eléctrica nacional,

siendo la primera tecnología del mix energético. El país cuenta con una potencia eólica instalada superior a los 30 GW, repartida en más de 1.200 parques eólicos distribuidos por todo el territorio peninsular e insular.

Las condiciones geográficas favorables, con extensas zonas de viento constante, junto con el apoyo institucional, han sido factores clave para este liderazgo. La implementación de normativas como el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 ha fijado objetivos ambiciosos en materia de renovables, entre ellos alcanzar una capacidad eólica superior a los 50 GW en 2030, con una creciente participación de parques offshore.

La energía eólica no solo ha contribuido a reducir las emisiones de CO_2, sino que también ha generado importantes beneficios socioeconómicos. Se estima que el sector emplea a más de 30.000 personas en España y que moviliza inversiones superiores a los 3.000 millones de euros anuales. Además, el desarrollo de parques eólicos ha ayudado a dinamizar zonas rurales, favoreciendo la cohesión territorial y la creación de nuevas oportunidades económicas en regiones con problemas de despoblación.

3.4 MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente Trabajo de Fin de Grado se enmarca en la necesidad de analizar con rigor la viabilidad económica de proyectos de generación eólica, en un contexto donde las energías renovables se perfilan como elementos clave para la transición energética. A pesar de la madurez tecnológica y competitividad de la energía eólica, el desarrollo de un parque eólico continúa requiriendo decisiones estratégicas bien fundamentadas, basadas en un análisis detallado de múltiples factores: costes, ingresos esperados, riesgos operativos, evolución del mercado eléctrico y políticas de apoyo.

La motivación principal del proyecto reside en aportar una visión práctica y analítica sobre estos aspectos, tomando como caso de estudio el Parque Eólico Gecama, situado en la

provincia de Cuenca y desarrollado por la empresa Elecnor. Este parque representa uno de los mayores proyectos eólicos terrestres construidos en España en los últimos años, con unas condiciones técnicas y de localización representativas de la realidad del sector.

Los objetivos específicos del trabajo son los siguientes:

1. Analizar los costes de inversión del parque eólico, incluyendo componentes como la compra de aerogeneradores, infraestructuras, conexión a red y permisos.
2. Evaluar los costes operativos y de mantenimiento (OPEX) durante la vida útil del proyecto.
3. Estimar la producción energética anual del parque a partir del recurso eólico disponible.
4. Calcular los principales indicadores económicos de rentabilidad: VAN, TIR, Payback y LCOE.
5. Estudiar el impacto ambiental del parque eólico y su afectación al entorno natural.

Con ello, se busca generar un Business Case sólido que permita determinar si el proyecto analizado es económicamente viable y competitivo dentro del contexto energético actual.

3.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para alcanzar los objetivos planteados, se ha adoptado una metodología de trabajo multidisciplinar que combina el análisis técnico, económico y estratégico. El estudio se estructura en varias fases diferenciadas:

1. Revisión documental y bibliográfica: Se han consultado fuentes oficiales, artículos científicos, informes de organismos nacionales e internacionales como REE, IDAE, IEA, IRENA, AEE, así como normativa vigente sobre energías renovables.
2. Análisis estratégico: Se han aplicado un conjunto de herramientas estratégicas como el análisis DAFO, el análisis PESTEL, las 5 Fuerzas de Porter, el Modelo 7S de McKinsey y el Canvas estratégico para evaluar tanto los factores internos como externos que afectan a la viabilidad del proyecto.

3. Caracterización técnica del parque: Se recopilaron los datos técnicos del Parque Eólico Gecama (potencia instalada, número de aerogeneradores, producción estimada, ubicación, etc), utilizando fuentes de la empresa promotora y registros públicos.

4. Estudio económico-financiero: Se ha desarrollado un modelo financiero detallado en el que se evalúan los flujos de caja, la inversión total, los ingresos previstos por venta de electricidad y las subvenciones disponibles. Con estos datos se calculan los indicadores económicos clave.

5. Análisis de impacto medioambiental: Se ha considerado el ahorro en emisiones de GEI, el efecto sobre la biodiversidad, el paisaje y las medidas de mitigación adoptadas, evaluando el desempeño ambiental del proyecto.

El enfoque adoptado persigue ofrecer una evaluación rigurosa, coherente y aplicable a proyectos reales, aportando valor tanto académico como profesional en el ámbito de las energías renovables y la gestión de proyectos energéticos.

Capítulo 4. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El estado de la cuestión constituye una revisión estructurada de la situación actual del sector eólico, tanto desde el punto de vista tecnológico como económico y regulatorio. Este apartado tiene como objetivo contextualizar el proyecto del Parque Eólico Gecama dentro del marco global, nacional y sectorial, evaluando las tecnologías existentes, los tipos de parques eólicos, las tendencias de mercado y la influencia de factores económicos y regulatorios en España.

Dado que el sector eólico evoluciona de forma constante, es importante destacar que los avances en materiales, digitalización y modelos de negocio están redefiniendo su competitividad y su papel en la transición energética.

4.1 TECNOLOGÍAS ACTUALES EN ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica es actualmente una de las fuentes renovables más maduras y competitivas a nivel mundial. Su desarrollo tecnológico ha permitido incrementar la potencia unitaria de los aerogeneradores, mejorar la eficiencia de conversión energética y reducir los costes de operación y mantenimiento.

4.1.1 PRINCIPALES ELEMENTOS TECNOLÓGICOS

- **Aerogeneradores de gran potencia:**

Los modelos más recientes superan los 6 MW para parques terrestres y los 15 MW en offshore.

En el caso de Gecama, se emplean turbinas Siemens Gamesa SG 4.5-145, con 145 metros de rotor y 4,5 MW de potencia nominal, optimizadas para vientos medios-altos.

- **Sistemas de control y optimización:**

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) que monitoriza en tiempo real el rendimiento de cada aerogenerador.

Algoritmos de yaw y pitch control para optimizar la captura de energía y reducir el desgaste mecánico.

- **Materiales avanzados:**

Palas fabricadas con composites ligeros (fibra de vidrio y carbono), que permiten mayores longitudes y mejor comportamiento estructural.

- **Integración digital:**

Uso de inteligencia artificial y machine learning para predecir fallos y optimizar mantenimientos, aumentando el factor de capacidad.

4.1.2 AVANCES RECIENTES EN EL SECTOR

Los avances recientes en el sector son los siguientes:

- Sistemas híbridos con almacenamiento en baterías.
- Mayor altura de buje para capturar vientos más estables.
- Aerogeneradores con control individualizado para minimizar el efecto sombra entre turbinas.

4.2 TIPOS DE PARQUES EÓLICOS: ONSHORE VS OFFSHORE

- **EÓLICA ONSHORE (TERRESTRE)**

- **Ventajas**:
  - Coste de instalación más bajo (LCOE en España en torno a 30-50 €/MWh).

- Mayor madurez tecnológica.
- Menores retos logísticos que el offshore.

- **Inconvenientes**:
  - Disponibilidad limitada de emplazamientos óptimos.
  - Impacto visual y posible oposición social en zonas habitadas.

- **EÓLICA OFFSHORE (MARINA)**

- **Ventajas**:
  - Vientos más constantes y de mayor velocidad.
  - Posibilidad de instalar turbinas de mayor potencia.
- **Inconvenientes**:
  - Costes más elevados (LCOE 60-120 €/MWh).
  - Necesidad de infraestructura marina especializada.
  - Complejidad en operación y mantenimiento.

Figura 3: Imagen visual de la diferencia entre parque eólico Onshore y Offshore

CASO GECAMA

El Parque Eólico Gecama es onshore y aprovecha la elevada disponibilidad de recurso eólico de la región de Cuenca, con un factor de capacidad competitivo. El emplazamiento se seleccionó por su acceso a la red, baja densidad poblacional y favorables características topográficas.

4.3 TENDENCIAS DE MERCADO Y EVOLUCIÓN DE COSTES

En la última década, el sector eólico ha experimentado una fuerte reducción de costes y una mayor competitividad frente a las fuentes fósiles y otras renovables.

4.3.1 TENDENCIAS GLOBALES

- **Reducción del LCOE:**

En España, el coste medio nivelado de energía para eólica terrestre se ha reducido un 40% desde 2010, situándose por debajo de 40 €/MWh en proyectos de gran escala.

- **Tamaño creciente de turbinas:**

A mayor potencia unitaria, menor coste por MW instalado.

- **Mercados de energía más competitivos:**

Integración de renovables en subastas y PPAs corporativos.

4.3.2 FACTORES QUE IMPULSAN ESTA TENDENCIA

Los factores que impulsan esta tendencia son los siguientes:

- Avances tecnológicos y economías de escala.
- Mayor competencia entre fabricantes de aerogeneradores.
- Innovaciones en logística, instalación y mantenimiento.

4.3.3 GECAMA EN EL CONTEXTO DE COSTES

- Capex estimado: 326 millones de euros (precio de mercado para proyectos de esta escala).
- Opex anual: En torno al 2-3% del Capex.
- Producción estimada: >660 GWh/año, lo que permite un LCOE competitivo y atractivo para contratos PPA.

4.4 FACTORES ECONÓMICOS Y REGULATORIOS EN ESPAÑA

La viabilidad de los proyectos eólicos en España depende en gran medida del marco regulatorio y de las condiciones económicas del mercado eléctrico.

4.4.1 FACTORES ECONÓMICOS

- **Precio mayorista de electricidad:**

Volátil, influenciado por el mix energético, costes de combustibles fósiles y mercado europeo.

- **Financiación verde:**

Fondos de inversión y bancos priorizan proyectos alineados con objetivos ESG.

- **Contratos PPA:**

Cada vez más utilizados para asegurar ingresos estables y reducir riesgos.

4.4.2 MARCO REGULATORIO

- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030: Objetivo de alcanzar 50 GW de capacidad eólica instalada en 2030.
- Subastas renovables organizadas por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).
- Procedimientos de acceso y conexión regulados por la CNMC y REE.
- Legislación ambiental que obliga a estudios de impacto y medidas compensatorias.

4.4.3 RELEVANCIA PARA GECAMA

- Se beneficia de un entorno regulatorio favorable a las renovables.
- Acceso a financiación competitiva por tratarse de un proyecto alineado con la descarbonización.
- Su conexión a red fue tramitada bajo un marco de asignación de capacidad anterior a las restricciones actuales, lo que facilitó su ejecución.

Capítulo 5. ANÁLISIS TEÓRICO DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EÓLICOS

Antes de acometer el análisis económico detallado del Parque Eólico Gecama, resulta imprescindible establecer un marco teórico que permita comprender los principales factores que influyen en la viabilidad de este tipo de infraestructuras energéticas. La evaluación de la viabilidad de un proyecto eólico requiere una visión multidimensional, que combine criterios técnicos, económicos, regulatorios, medioambientales y sociales.

Esta sección se centra en identificar y clasificar los elementos clave que condicionan el éxito o fracaso de un proyecto eólico, dividiéndolos en factores internos (relativos a la configuración técnica, costes y operación del proyecto) y factores externos (vinculados al entorno de mercado, normativo y social). Finalmente, se describen las metodologías más utilizadas para evaluar este tipo de inversiones, como el análisis de flujos de caja descontados y los indicadores de rentabilidad.

5.1 FACTORES INTERNOS

Los factores internos son aquellos elementos que dependen directamente del diseño, ejecución, operación y mantenimiento del parque eólico. A diferencia de los factores externos, que están condicionados por el entorno económico, normativo o social, estos factores son gestionables por el promotor del proyecto, por lo que su correcta planificación y optimización resulta clave para garantizar la viabilidad técnica y económica del mismo.

Analizar adecuadamente estos elementos permite maximizar la eficiencia energética, minimizar los costes de inversión y operación, controlar los riesgos asociados y, en última instancia, asegurar una rentabilidad sostenida a lo largo de la vida útil del parque.

A continuación, se desarrollan los tres factores internos principales: eficiencia técnica, costes y rentabilidad esperada, y gestión de riesgos operativos.

5.1.1 EFICIENCIA TÉCNICA

La eficiencia técnica de un parque eólico mide su capacidad para transformar el recurso eólico disponible en energía eléctrica de forma constante, segura y rentable. Este factor depende de múltiples variables interrelacionadas que afectan directamente al rendimiento energético global del sistema.

- **CALIDAD Y ESTABILIDAD DEL RECURSO EÓLICO**

La primera variable crítica es el potencial eólico del emplazamiento. Este se evalúa mediante estudios anemométricos que registran las velocidades y direcciones del viento durante al menos un año, idealmente dos. La velocidad media del viento afecta exponencialmente a la energía generada, ya que la potencia del viento es proporcional al cubo de su velocidad.

En el caso del Parque Eólico Gecama, ubicado entre los municipios de Tébar y Atalaya del Cañavate (Cuenca), los estudios anemométricos indican una velocidad media anual superior a 7 m/s a 120 metros de altura, lo que lo convierte en uno de los emplazamientos más prometedores del centro peninsular. Estas condiciones permiten alcanzar un elevado factor de capacidad, estimado en torno al 35%, muy por encima de la media nacional (alrededor del 25%).

- **TECNOLOGÍAS DE LOS AEROGENERADORES**

Otro aspecto esencial de la eficiencia técnica es el tipo de aerogeneradores seleccionados. En Gecama se han instalado 69 aerogeneradores Nordex N149/4.X, con una potencia nominal de 4,5 MW cada uno y una altura de buje de 105 a 125 metros, lo que permite optimizar el aprovechamiento del viento a mayores alturas. Este modelo cuenta con tecnología de control activo, sistemas de regulación de paso (pitch) y orientación (yaw), así como algoritmos de adaptación al entorno que mejoran la generación en condiciones de viento variable.

- **CONFIGURACIÓN DEL PARQUE Y LAYOUT**

El diseño del parque, es decir, la disposición física de los aerogeneradores también influye en la eficiencia. Una mala planificación puede generar efectos de estela entre turbinas, reduciendo su rendimiento. En Gecama, la disposición se ha diseñado para maximizar la producción neta teniendo en cuenta la topografía y la dirección predominante del viento.

- **DISPONIBILIDAD Y MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

La disponibilidad técnica se refiere al porcentaje de tiempo durante el cual los aerogeneradores están operativos. Un mantenimiento adecuado, basado en sistemas de monitorización remota y mantenimiento predictivo, permite mantener valores de disponibilidad superiores al 97%. Nordex ofrece contratos de mantenimiento full-service que garantizan alta fiabilidad y rápida resolución de incidencias.

En conjunto, la eficiencia técnica del parque Gecama se considera alta, gracias al buen recurso eólico, una tecnología avanzada, un diseño bien ejecutado y un plan de mantenimiento robusto.

5.1.2 COSTES Y RENTABILIDAD ESPERADA

La viabilidad de un proyecto eólico depende directamente de su capacidad para generar ingresos suficientes para cubrir los costes de inversión, operación y obtener una rentabilidad adecuada para los inversores. Para ello, es necesario analizar tanto los costes como los indicadores económicos clave que permiten evaluar la rentabilidad.

- **COSTES DE INVERSIÓN (CAPEX)**

El CAPEX representa la inversión inicial necesaria para poner en marcha el parque. En el caso de Gecama, con una potencia total instalada de 312 MW, la inversión global estimada ha sido de aproximadamente 350 millones de euros. Esta cifra incluye:

- Compra e instalación de aerogeneradores
- Obra civil (caminos de acceso, cimentaciones)
- Red interna de media tensión y subestación eléctrica
- Conexión a la red de transporte (línea de evacuación a 400 kV)
- Estudios de impacto ambiental, licencias y trámites administrativos
- Costes financieros durante la construcción

Esto supone un coste medio de alrededor de 1,12 millones de euros por MW instalado, en línea con el rango habitual para proyectos terrestres de gran escala en España.

- **COSTES OPERATIVOS (OPEX)**

Los costes de operación y mantenimiento incluyen:

- Mantenimiento preventivo y correctivo
- Personal técnico y de vigilancia

- Seguro de activos
- Alquileres de terreno (canon a propietarios)
- Gestión técnica, administrativa y financiera

Para un parque como Gecama, el OPEX anual se sitúa entre los 7 y 9 millones de euros, lo que representa aproximadamente un 2,5% del CAPEX anualizado.

- **RENTABILIDAD ESPERADA**

Los principales indicadores para evaluar la rentabilidad de un proyecto son:

- **VAN (Valor Actual Neto)**: Representa el valor presente de los flujos netos de caja esperados descontados a una tasa determinada. Un VAN positivo indica un proyecto rentable.
- **TIR (Tasa Interna de Retorno)**: Es la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero. Para proyectos eólicos exitosos se espera una TIR del 8% al 12%, aunque puede variar según el modelo de financiación.
- **PAYBACK**: Periodo de recuperación de la inversión. Para Gecama se estima entre 8 y 10 años, en función del precio medio de la electricidad.
- **LCOE (Levelized Cost of Energy)**: Coste total por MWh generado. Para Gecama, este se sitúa en torno a los 38-42 €/MWh, muy competitivo respecto al mercado mayorista.

Teniendo en cuenta estos indicadores, Gecama se posiciona como un proyecto rentable y competitivo, alineado con los objetivos del PNIEC y con capacidad para atraer financiación institucional y privada.

5.1.3 GESTIÓN DE RIESGOS OPERATIVOS

Los riesgos operativos pueden afectar tanto la producción como los costes, y por tanto impactar negativamente en la rentabilidad. Una gestión adecuada de estos riesgos es clave para garantizar la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

- **RIESGOS TÉCNICOS**

Los fallos en aerogeneradores, subestaciones o líneas de evacuación pueden provocar pérdidas de producción o incluso paradas prolongadas. Para mitigarlos se recurre a:

- Contratos de mantenimiento con el fabricante
- Sistemas SCADA de monitorización 24/7
- Redundancia en componentes críticos
- Planes de contingencia y seguros específicos

- **RIESGOS DE PRODUCCIÓN**

El viento, aunque previsible a largo plazo, puede variar interanualmente. Un año atípico con menos viento puede reducir la producción esperada. Para amortiguar este riesgo, se aplican márgenes de seguridad en la estimación de ingresos y, en algunos casos, se contratan seguros paramétricos de producción.

- **RIESGOS LOGÍSTICOS Y CONSTRUCTIVOS**

Durante la fase de construcción, pueden surgir retrasos por problemas en la cadena de suministro, condiciones meteorológicas adversas o conflictos con contratistas. Gecama, gracias a una planificación robusta y la experiencia de Elecnor, logró cumplir los plazos previstos y evitar sobrecostes significativos.

- **RIESGOS REGULATORIOS Y DE CONEXIÓN**

Aunque forman parte de los factores externos, tienen consecuencias operativas. Una mala planificación de la conexión a red, o un retraso en las autorizaciones administrativas, puede impedir la entrada en operación comercial. En el caso de Gecama, se logró una conexión estable a la red de transporte de Red Eléctrica Española (REE) a 400 kV, asegurando la evacuación de toda la energía generada.

- **RIESGOS FINANCIEROS INTERNOS**

El tipo de interés de la deuda, la inflación de los costes O&M o desviaciones en las previsiones de ingresos son riesgos financieros operativos que deben monitorizarse. Para ello, se diseñan modelos financieros flexibles y se establecen cláusulas de cobertura (hedging) si es necesario.

5.2 FACTORES EXTERNOS

Los factores externos son todos aquellos elementos del entorno que, si bien no dependen directamente del promotor del proyecto, influyen de forma decisiva en la viabilidad de una instalación eólica. Su análisis es fundamental para anticipar riesgos, detectar oportunidades y adaptar la estrategia de diseño, financiación y operación del proyecto.

En este contexto, la viabilidad de un parque como Gecama, el mayor parque eólico de la península ibérica está condicionada por variables externas que abarcan desde las condiciones del mercado eléctrico hasta las políticas energéticas y los impactos sociales y

medioambientales. Evaluar estos factores de forma rigurosa permite contextualizar el proyecto dentro del sistema energético español y europeo, reforzando su carácter estratégico.

A continuación, se analizan los principales factores externos:

5.2.1 CONDICIONES DE MERCADO

Las condiciones del mercado eléctrico son determinantes para evaluar la rentabilidad de un parque eólico. Estas condiciones afectan directamente al precio de la energía, la competencia, las oportunidades de venta, y las estrategias de comercialización.

- **PRECIO DE LA ELECTRICIDAD**

El precio del MWh en el mercado mayorista (POOL) es el principal determinante de los ingresos del parque, salvo que se haya asegurado la venta a través de contratos PPA (Power Purchase Agreements) o mecanismos de subasta. En los últimos años, el precio medio del mercado español ha oscilado entre los 40 y 90 €/MWh, con picos durante la crisis energética de 2021-2022 por encima de los 150 €/MWh.

Para proyectos como Gecama, que entraron en operación a partir de 2022, la opción de combinar venta en mercado y PPA es una estrategia habitual. Los contratos PPA permiten estabilizar ingresos y facilitar el acceso a financiación bancaria.

- **COMPETENCIA Y SATURACIÓN DEL SISTEMA**

La elevada penetración de energías renovables en algunas zonas de España puede provocar congestión en la red, curtailments (limitaciones de vertido), y menor valor horario de la energía eólica (cuando todos generan al mismo tiempo). Este fenómeno, conocido como canibalización de precios, afecta a los parques que operan sin respaldo o almacenamiento.

Gecama, al estar conectado a la red de transporte de alta tensión (400 kV) y ubicado en una zona con buena infraestructura eléctrica, reduce el riesgo de vertido, pero no queda exento de posibles caídas de precios durante las horas punta de generación renovable.

- **MERCADO DE CERTIFICADOS Y GARANTÍAS DE ORIGEN**

Además del mercado de electricidad, existen mercados complementarios como el de garantías de origen (GdO), que certifican el origen renovable de la energía y permiten obtener ingresos adicionales, especialmente en países con políticas de descarbonización más agresivas. Estos certificados pueden aportar entre 1 y 3 €/MWh adicional.

- **COSTE DEL CAPITAL Y FINANCIAICIÓN**

El coste de financiación del proyecto está directamente relacionado con la percepción de riesgo por parte de inversores y bancos. En contextos de inflación o tipos de interés altos, como los vividos entre 2022 y 2024, el coste de la deuda puede aumentar significativamente, afectando al VAN y TIR del proyecto. La estabilidad del mercado y la confianza institucional son, por tanto, claves.

5.2.2 REGULACIÓN Y POLÍTICAS DE APOYO

El marco normativo y regulatorio es uno de los factores externos más decisivos para el desarrollo de proyectos eólicos. La legislación afecta tanto a la fase de desarrollo (autorizaciones, evaluación ambiental), como a la fase de operación (remuneración, acceso a red, impuestos).

- **PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA (PNIEC)**

España ha fijado en su PNIEC (2023-2030) el objetivo de alcanzar 62 GW de potencia eólica instalada para 2030, lo que implica un crecimiento medio anual de más de 2 GW. Este ambicioso plan convierte a proyectos como Gecama en piezas fundamentales del proceso de descarbonización y refuerzo de la independencia energética del país.

- **PERMISOS Y TRAMITACIÓN**

La normativa exige superar una serie de hitos para autorizar un parque eólico: acceso y conexión a red, evaluación de impacto ambiental, autorización administrativa previa, construcción y explotación. El parque Gecama superó estos trámites entre 2018 y 2021, destacando por su rapidez en un contexto en el que muchos proyectos renovables enfrentan cuellos de botella administrativos.

- **REMUNERACIÓN REGULADA Y SUBASTAS**

Aunque Gecama no participa en el régimen retributivo específico de las subastas, en España existen mecanismos que ofrecen ingresos estables durante 12 años a través de tarifas fijas adjudicadas mediante subastas competitivas. Esta posibilidad es clave para nuevos proyectos, pero no para aquellos como Gecama, que operan en mercado y pueden buscar PPAs como alternativa.

- **FISCALIDAD Y REGULACIÓN LOCAL**

Los parques eólicos están sujetos a impuestos como el IAE, el IBI (si aplicable) y el Impuesto sobre el Valor de la Producción de Energía Eléctrica (IVPEE). Este último fue suspendido temporalmente durante los picos de precios de 2021-2022, pero representa un coste del 7% sobre los ingresos de producción. También se abonan cánones a los propietarios de los terrenos donde se ubican los aerogeneradores.

- **FONDOS EUROPEOS Y AYUDAS**

El parque Gecama no recibió financiación directa de fondos Next Generation EU, pero futuros proyectos eólicos pueden beneficiarse de estas líneas de apoyo si incorporan innovación, almacenamiento o hibridación con otras tecnologías renovables.

5.2.3 FACTORES SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES

Los proyectos eólicos deben cumplir con la normativa ambiental vigente y mantener una buena relación con las comunidades locales. En este sentido, el componente social y medioambiental se ha convertido en un factor crítico de éxito.

- **IMPACTO AMBIENTAL Y BIODIVERSIDAD**

La instalación de aerogeneradores puede afectar a la fauna, especialmente aves y murciélagos, así como alterar el paisaje natural. Por ello, la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) obliga a los promotores a implementar medidas correctoras y sistemas de seguimiento.

Gecama ha implementado planes de vigilancia ambiental, control de avifauna, y medidas de integración paisajística. El proyecto fue diseñado respetando zonas de alto valor ecológico y evitando áreas protegidas de la Red Natura 2000.

- **ACEPTACIÓN SOCIAL**

La aceptación por parte de la población local es clave para evitar conflictos sociales que pueden retrasar o bloquear proyectos. Gecama ha generado empleo local durante la fase de construcción y mantiene acuerdos económicos con propietarios y ayuntamientos. Este tipo de compensaciones (alquiler de terrenos, tasas municipales, colaboración con el desarrollo rural) mejora la percepción pública del proyecto.

- **CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO LOCAL**

Un parque eólico de gran escala puede dinamizar la economía de la zona: mejora de infraestructuras, generación de empleo directo e indirecto, y aumento de ingresos

municipales. Además, muchas promotoras crean fondos sociales o colaboran con programas formativos y medioambientales, lo cual refuerza la licencia social para operar.

- **CAMBIO CLIMÁTICO Y OPINIÓN PÚBLICA**

La creciente preocupación por el cambio climático y el consenso social e institucional en torno a la descarbonización de la economía juegan a favor de las energías renovables. Sin embargo, también se exige cada vez más transparencia, participación ciudadana e integración ambiental.

En conjunto, el análisis de estos factores externos permite concluir que el Parque Eólico Gecama se beneficia de un entorno regulatorio favorable, una creciente demanda de energía limpia y una localización con buena aceptación social y ambiental. No obstante, la volatilidad del mercado eléctrico y los desafíos regulatorios siguen siendo riesgos que gestionar.

5.3 PRINCIPALES METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS

La evaluación de un proyecto energético, especialmente en el sector de las energías renovables, requiere el uso de herramientas metodológicas que permitan determinar su viabilidad técnica, económica y financiera, así como valorar sus impactos sociales y medioambientales. En el caso concreto de proyectos eólicos, estas metodologías deben adaptarse a las características propias del recurso eólico, los costes específicos de la tecnología y el marco regulador del país en el que se desarrollan.

Este tipo de análisis permite tomar decisiones fundamentadas en relación con la inversión, la rentabilidad esperada, los riesgos asumibles y el horizonte temporal del proyecto. A continuación, se presentan las principales metodologías utilizadas para evaluar la viabilidad de proyectos energéticos como el Parque Eólico Gecama, actualmente en operación en la provincia de Cuenca, Castilla-La Mancha.

- **ANÁLISIS DE VIABILIDAD TÉCNICA Y OPERATIVA**

Este análisis estudia si el proyecto es técnicamente ejecutable y si podrá operar correctamente a lo largo de su vida útil. Incluye:

- **Estudios de recurso eólico**: Se utilizan mediciones in situ con torres anemométricas, datos satelitales y modelos de predicción para estimar la velocidad media del viento, la distribución de frecuencias y la densidad energética. El parque Gecama se ubica en una zona con velocidades medias superiores a los 7,5 m/s, lo que garantiza una buena productividad.
- **Ingeniería básica y diseño**: Evaluación de layout (disposición de aerogeneradores), tipología de turbinas, accesos, cimentaciones, subestaciones, línea de evacuación y conexión a red.
- **Factibilidad de conexión**: Incluye análisis de capacidad de la red eléctrica para absorber la energía generada, acuerdos de acceso y conexión con Red Eléctrica de España (REE) y viabilidad de la infraestructura de evacuación.
- **Estimación del Factor de Capacidad**: Este parámetro, que representa la relación entre la energía realmente producida y la que se produciría si la planta operara al 100% durante todo el año, es fundamental. En el caso de Gecama, se estima en torno al 32-35%, valor alto para parques terrestres.

- **ANÁLSIS ECONÓMICO-FINANCIERO**

Es la metodología central para evaluar la rentabilidad del proyecto y su viabilidad económica. Incluye una serie de indicadores que permiten tomar decisiones de inversión:

a) Valor Actual Neto (VAN)

Es el parámetro más utilizado en evaluación de inversiones. Calcula el valor presente de los flujos de caja futuros descontados a una tasa determinada (normalmente el coste del capital). Un VAN positivo indica que el proyecto es rentable.

Para Gecama, con una inversión total cercana a los 326 millones de euros y una producción anual estimada en más de 660 GWh, el VAN será muy sensible al precio del MWh y a los costes de operación (OPEX).

b) Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. Si la TIR es superior al coste del capital (WACC), el proyecto es atractivo para los inversores.

En el sector eólico, una TIR superior al 7-8% suele considerarse favorable. En proyectos financiados parcialmente con deuda, la TIR del equity puede superar el 10-12%, como es el caso de Gecama según estimaciones del mercado.

c) Periodo de Recuperación de la Inversión (Payback)

Mide cuántos años se tarda en recuperar la inversión inicial a partir de los flujos netos generados. En proyectos eólicos, el payback medio suele situarse entre 8 y 12 años sobre una vida útil de 25-30 años.

d) Análisis de sensibilidad

Permite analizar cómo varían los resultados económicos ante cambios en variables clave: precio de la energía, coste de mantenimiento, tasas de interés, inflación, carga fiscal, etc. Es esencial para identificar los factores más críticos y establecer márgenes de seguridad.

- **ANÁLISIS DE RIESGOS Y ESCENARIOS**

Además del análisis financiero base, es imprescindible estudiar la incertidumbre inherente a los proyectos energéticos. Para ello se utilizan herramientas como:

- **Análisis de escenarios (pesimista, base, optimista):** Permite comparar distintos resultados posibles en función de cómo se comportan las variables clave.
- **Simulación Monte Carlo:** Técnica estadística que simula miles de combinaciones posibles de variables para evaluar la probabilidad de obtener distintos resultados (VAN, TIR).
- **Matriz de riesgos:** Identifica, clasifica y evalúa los riesgos del proyecto (regulatorios, técnicos, climáticos, financieros), así como las medidas de mitigación.

Para Gecama, los principales riesgos identificados son la volatilidad del precio de la electricidad, el coste de financiación y el riesgo regulatorio. Estos se han gestionado mediante la firma de contratos PPA, diversificación de inversores (DIF Capital Partners, Enlight Renewable Energy) y una estructura de deuda estable.

- **ANÁLISIS MULTICRITERIO**

En algunos casos, especialmente en entornos de planificación estratégica o políticas públicas, se utilizan métodos de evaluación multicriterio (MEC) que ponderan distintos aspectos:

- Rentabilidad financiera
- Impacto ambiental
- Aceptación social
- Contribución a objetivos de descarbonización
- Creación de empleo

Este tipo de análisis permite valorar proyectos de forma más integral, especialmente cuando compiten varias alternativas o tecnologías. Aunque Gecama es un proyecto privado, su escala y visibilidad hacen que este análisis sea relevante para evaluar su alineación con los objetivos nacionales y europeos.

- **CRITERIOS DE BANCA E INVERSORES INSTITUCIONALES**

En proyectos como Gecama, que han recibido financiación estructurada de entidades financieras internacionales, se aplican metodologías propias de análisis de riesgo y retorno, incluyendo:

- Due diligence técnica, legal y financiera
- Criterios ESG (Environmental, Social and Governance)
- Indicadores de sostenibilidad

- Evaluación del riesgo país y riesgo sectorial

Estas metodologías son cada vez más comunes debido al peso creciente de la financiación verde y los fondos climáticos.

Capítulo 6. ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROYECTO

6.1 ANÁLISIS INTERNO

El análisis interno permite examinar los factores propios del proyecto que pueden influir en su éxito o fracaso. Se centra en identificar las fortalezas y debilidades que forman parte del entorno interno de la organización o del proyecto, es decir, aquellos elementos sobre los que se tiene capacidad directa de control o intervención.

En el contexto del Parque Eólico Gecama, este análisis evalúa aspectos clave como la estructura técnica del proyecto, la experiencia del promotor, los recursos disponibles, la gestión operativa y la capacidad de innovación. Comprender estos elementos resulta fundamental para determinar el grado de preparación del proyecto frente a los desafíos del entorno energético actual.

Este apartado recoge un conjunto de herramientas estratégicas que permiten organizar y valorar la información interna de forma estructurada. En primer lugar, se realiza un análisis DAFO para identificar las principales fortalezas y debilidades del proyecto. A continuación, se aplica el análisis CAME, que permite definir líneas de actuación en base a los resultados del DAFO. Por último, se utiliza el modelo de las 7S de McKinsey para examinar la alineación interna entre los distintos componentes del proyecto.

6.1.1 ANÁLISIS DAFO

El análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) es una herramienta estratégica que permite identificar los factores internos y externos que influyen en el desarrollo del proyecto. En este caso, se aplica al Parque Eólico Gecama con el objetivo

de evaluar su situación actual y establecer una base sólida para la toma de decisiones estratégicas.

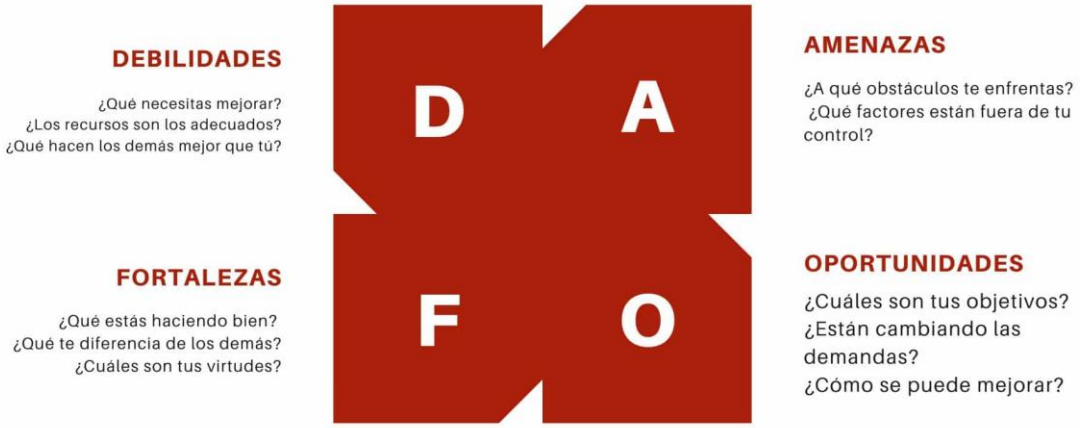

Figura 4: Imagen visual del Análisis DAFO

FORTALEZAS

- Alta potencia instalada: El parque cuenta con una capacidad total de 312 MW, lo que lo posiciona como uno de los mayores de España.
- Recurso eólico favorable: La ubicación geográfica presenta un régimen de vientos constante y adecuado para la generación eficiente de energía.
- Tecnología moderna y eficiente: Utiliza aerogeneradores de última generación que permiten maximizar la producción y reducir costes operativos.
- Promotor con experiencia: Elecnor posee una sólida trayectoria en el sector de las energías renovables, lo que aporta fiabilidad técnica y financiera al proyecto.

- Apoyo institucional y cumplimiento normativo: El proyecto se alinea con los objetivos del PNIEC y cumple con los requisitos legales y medioambientales establecidos.

DEBILIDADES

- Alta inversión inicial: La magnitud del proyecto implica un elevado coste de capital, lo que puede dificultar su financiación en entornos adversos.
- Dependencia de factores climáticos: Aunque el recurso eólico es favorable, la generación no es totalmente predecible y puede verse afectada por variaciones meteorológicas.
- Complejidad operativa: La gestión de un parque de gran escala requiere una infraestructura técnica y humana altamente especializada.
- Impacto ambiental y social: A pesar de ser una energía limpia, puede generar rechazo local por su efecto visual, acústico o sobre la biodiversidad.

OPORTUNIDADES

- Creciente demanda de energía renovable: El contexto energético actual favorece proyectos sostenibles, tanto por parte de gobiernos como del sector privado.
- Disponibilidad de incentivos y ayudas públicas: Existen programas de financiación, subvenciones e incentivos fiscales que pueden mejorar la rentabilidad del proyecto.
- Innovación tecnológica constante: La mejora continua de los aerogeneradores y sistemas de control permite aumentar la eficiencia y reducir los costes por MWh generado.
- Mercado eléctrico favorable a las renovables: La evolución del mix energético y la descarbonización favorecen la integración de este tipo de proyectos en el sistema eléctrico.

AMENAZAS

- Volatilidad del precio de la electricidad: La rentabilidad del proyecto puede verse afectada por las fluctuaciones en los mercados energéticos.
- Cambios regulatorios futuros: Posibles modificaciones en la legislación o en los mecanismos de apoyo pueden alterar las condiciones económicas del proyecto.
- Conflictos territoriales o legales: Oposición social o litigios por cuestiones medioambientales pueden retrasar o limitar la explotación del parque.
- Competencia creciente en el sector renovable: La entrada de nuevos actores y proyectos similares puede dificultar el acceso a recursos estratégicos y financiación.

6.1.2 ANÁLISIS CAME

El análisis CAME se basa en la formulación de estrategias a partir de los elementos detectados en el DAFO. Su objetivo es definir un plan estratégico que permita corregir las debilidades, afrontar las amenazas, mantener las fortalezas y explotar las oportunidades. A continuación, se detallan las diferentes estrategias del análisis CAME:

- **ESTRATEGIA DE REORIENTACIÓN** – Corregir debilidades

    - Diversificar las fuentes de financiación mediante alianzas con fondos de inversión verde o instituciones multilaterales, aprovechando el interés creciente por proyectos sostenibles.
    - Implementar sistemas avanzados de predicción meteorológica y control operativo para minimizar el impacto de la variabilidad del recurso eólico.
    - Desarrollar planes de comunicación y participación ciudadana, que expliquen los beneficios del proyecto y reduzcan el rechazo social.

- **ESTRATEGIA DE SUPERVIVENCIA** – Afrontar amenazas

- Diseñar un plan financiero sólido y conservador, que contemple escenarios de precios bajos en el mercado eléctrico y posibles cambios normativos.
- Reforzar la gestión ambiental y legal del proyecto, asegurando una documentación exhaustiva y una relación fluida con las autoridades locales y regionales.
- Mejorar la eficiencia operativa mediante formación continua, optimización de recursos y contratación de personal especializado.

- **ESTRATEGIA DEFENSIVA** – Mantener fortalezas

  - Consolidar alianzas estratégicas con proveedores y entidades públicas, que refuercen la estabilidad del proyecto ante cambios regulatorios.
  - Mantener un sistema robusto de mantenimiento preventivo para asegurar la disponibilidad de los aerogeneradores y reducir riesgos técnicos.
  - Reforzar la posición de liderazgo técnico y reputacional de Elecnor, como promotor del parque, frente a la competencia creciente del sector.

- **ESTRATEGIA OFENSIVA** – Explotar oportunidades

  - Reinvertir beneficios en nuevas mejoras tecnológicas que permitan seguir liderando el desarrollo eólico terrestre en España.
  - Ampliar el alcance del proyecto a otros servicios asociados, como almacenamiento energético o hibridación con fotovoltaica, aprovechando las sinergias.
  - Utilizar el parque como caso de éxito para atraer nuevas inversiones, posicionando a Elecnor como referencia internacional en energías renovables.

6.1.3 MODELO DE LAS 7S DE MCKINSEY

El Modelo de las 7S de McKinsey es una herramienta de análisis organizativo que permite evaluar la alineación interna de una empresa o proyecto en torno a siete elementos clave que determinan su rendimiento. Se utiliza para diagnosticar el grado de coherencia entre los factores estructurales y culturales de una organización, facilitando la identificación de fortalezas, debilidades y áreas de mejora.

Este modelo se estructura en siete variables interrelacionadas: Estrategia, Estructura, Sistemas, Estilo de dirección, Personal (Staff), Habilidades (Skills) y Valores compartidos (Shared Values). A través del análisis de estas dimensiones, se puede valorar el grado de integración y consistencia interna de un proyecto, elemento fundamental para su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo.

En el caso del Parque Eólico Gecama, esta herramienta permite examinar cómo se articula el proyecto en sus diferentes niveles organizativos y operativos, asegurando que todos los componentes trabajan de forma alineada hacia los objetivos establecidos.

A continuación, se ilustran las distintas variables presentes en el Modelo de la 7S de McKinsey, aplicadas al parque eólico en cuestión:

1. **Estrategia**

   La estrategia del proyecto Gecama se centra en aprovechar el potencial eólico de la zona de Cuenca para generar electricidad limpia, rentable y a gran escala. Se busca maximizar la eficiencia operativa y económica del parque, integrándose en el mercado eléctrico español y contribuyendo a los objetivos del PNIEC 2021-2030.

2. **Estructura**

   El proyecto cuenta con una estructura organizativa liderada por Elecnor como promotor principal, que coordina diferentes áreas: ingeniería, financiación, operación y mantenimiento, relaciones institucionales y medio ambiente. Se trabaja en

colaboración con administraciones públicas, entidades financieras y empresas subcontratadas especializadas.

3. Sistemas

Se han implementado sistemas de gestión avanzados en las distintas fases del proyecto:

- Software de modelización eólica para el diseño técnico.
- Sistemas SCADA para el control y supervisión en tiempo real.
- Protocolos de mantenimiento predictivo y correctivo.
- Herramientas financieras para el seguimiento de la rentabilidad.

4. Estilo

El estilo de gestión es profesional, colaborativo y orientado a resultados. Se fomenta la toma de decisiones basada en datos y la cooperación entre departamentos y socios externos. La transparencia y la responsabilidad social son elementos centrales del liderazgo.

5. Valores compartidos

Los valores que vertebran el proyecto son la sostenibilidad, la innovación, la eficiencia y el compromiso con el desarrollo territorial. Existe una clara orientación a largo plazo hacia el respeto medioambiental y la transición energética justa.

6. Personal

El personal involucrado combina experiencia técnica y conocimiento sectorial. Incluye ingenieros, economistas, expertos medioambientales y técnicos

operativos. Se promueve la formación continua y la retención de talento mediante condiciones laborales competitivas.

7. Habilidades

El equipo destaca por sus competencias en desarrollo de proyectos renovables, análisis de viabilidad, operación técnica de infraestructuras energéticas y gestión de riesgos. Estas habilidades permiten garantizar el éxito y la sostenibilidad del parque a largo plazo.

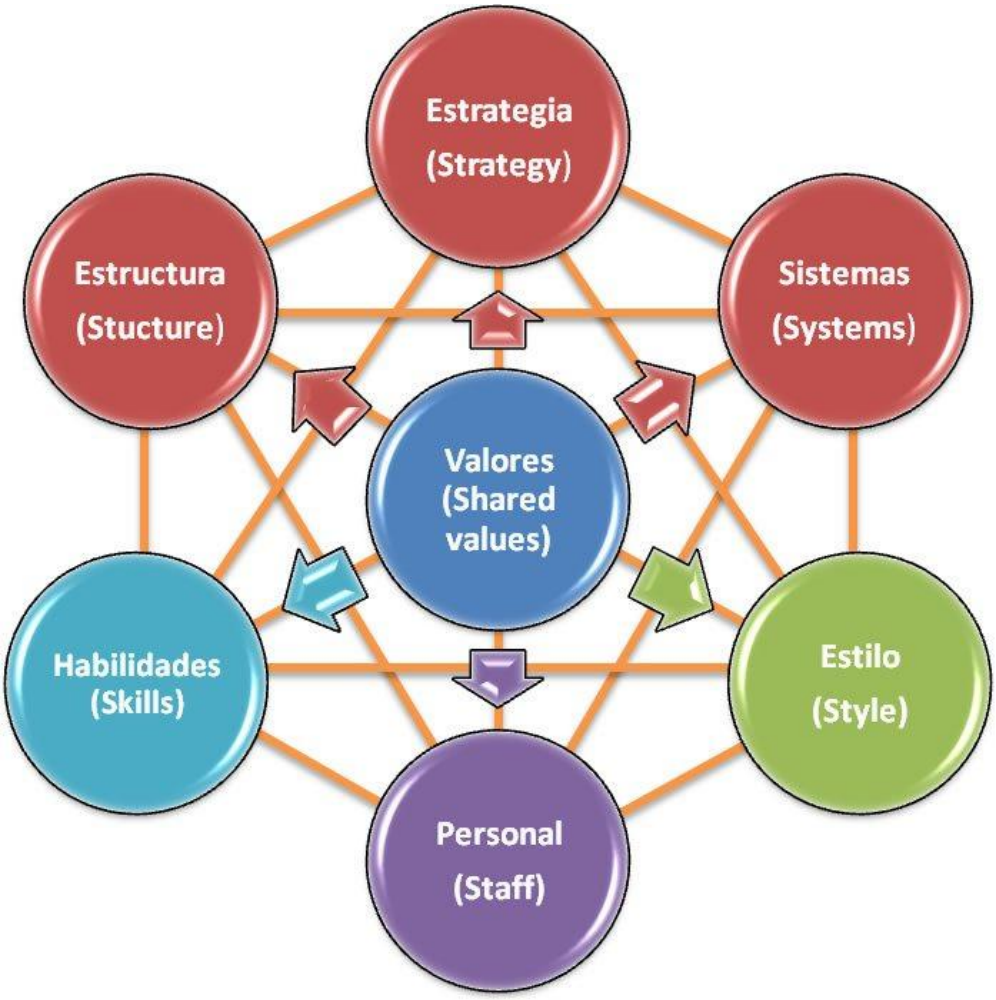

Figura 5: Imagen visual del Modelo de las 7S de McKinsey

6.2 ANÁLISIS EXTERNO

El análisis externo permite identificar los factores del entorno que influyen en el desarrollo y viabilidad de un proyecto desde una perspectiva macroeconómica, sectorial y competitiva. A diferencia del análisis interno, centrado en los recursos y capacidades propias, este enfoque examina variables externas que escapan al control directo del promotor pero que pueden condicionar de forma decisiva su éxito.

En el caso del Parque Eólico Gecama, el análisis externo se estructura en dos herramientas estratégicas: el análisis PESTEL, que permite evaluar el contexto político, económico, social, tecnológico, ecológico y legal; y el análisis de las 5 Fuerzas de Porter, que estudia la dinámica competitiva del sector eléctrico y renovable. Con ambos enfoques se pretende ofrecer una visión integral del entorno en el que se inserta el proyecto.

6.2.1 ANÁLISIS PESTEL

El análisis PESTEL es una herramienta estratégica que permite identificar y evaluar los factores del entorno macroeconómico que pueden influir en el desarrollo de un proyecto. Se basa en el estudio de seis dimensiones clave: factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales, lo que facilita una comprensión global del contexto externo. En el caso del Parque Eólico Gecama, este análisis resulta fundamental para valorar las oportunidades y amenazas que ofrece el entorno actual del sector energético en España.

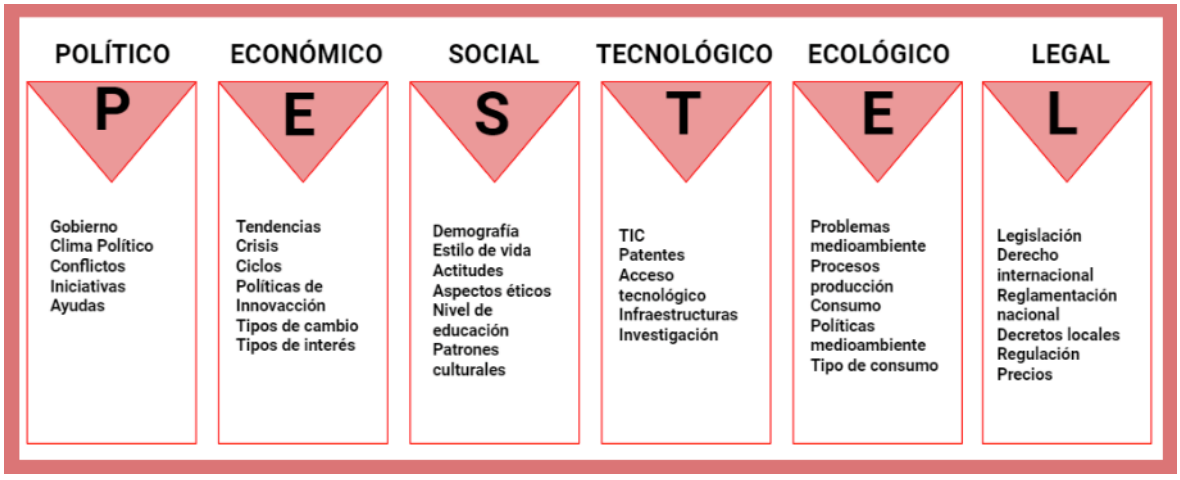

Figura 6: Imagen visual del Análisis PESTEL

- **Factores políticos**

España cuenta con una política energética claramente orientada hacia la descarbonización y el impulso de las energías renovables, en línea con los compromisos europeos del Pacto Verde. Planes como el PNIEC 2021-2030 proporcionan un marco estable y favorable para proyectos eólicos, incluyendo objetivos concretos de expansión y mecanismos de apoyo institucional.

- **Factores económicos**

El contexto económico es favorable al desarrollo de infraestructuras renovables gracias a la disponibilidad de financiación verde, el abaratamiento tecnológico y los retornos sostenibles a largo plazo. No obstante, factores como la inflación, la volatilidad del precio de la electricidad o el coste de los materiales pueden afectar a la rentabilidad del proyecto.

- **Factores sociales**

Existe un creciente apoyo social hacia las energías limpias, motivado por la conciencia medioambiental y la necesidad de reducir la dependencia energética exterior. Sin embargo, en algunos casos, la oposición local por el impacto visual o acústico de los aerogeneradores puede generar conflictos, especialmente en zonas rurales o de alto valor paisajístico.

- **Factores tecnológicos**

El sector eólico se beneficia de avances constantes en aerogeneradores, almacenamiento energético y digitalización. La innovación ha permitido aumentar la eficiencia y reducir costes, lo que fortalece la viabilidad de parques como Gecama. También destacan las tecnologías de predicción del recurso eólico y mantenimiento predictivo, claves para mejorar el rendimiento operativo.

- **Factores ecológicos**

La energía eólica presenta un bajo impacto ambiental comparado con fuentes fósiles, aunque implica ciertas afecciones a la biodiversidad, al paisaje o a aves migratorias. La evaluación ambiental y la adopción de medidas correctoras son imprescindibles para garantizar la sostenibilidad del proyecto.

- **Factores legales**

El marco normativo español y europeo apoya el desarrollo de renovables mediante regulaciones específicas, licencias simplificadas, subastas públicas y acceso prioritario a la red eléctrica. Sin embargo, la complejidad administrativa y los retrasos en la tramitación pueden representar un obstáculo para el desarrollo ágil de nuevos proyectos.

6.2.2 ANÁLISIS DE LAS 5 FUERZAS DE PORTER

El modelo de las 5 Fuerzas de Porter permite analizar la estructura competitiva de un sector, evaluando el grado de rivalidad y los factores que pueden afectar a la rentabilidad de una empresa o proyecto. En el caso del sector eólico, estas fuerzas ayudan a comprender el entorno de competencia y los retos estratégicos a los que se enfrenta el desarrollo del Parque Eólico Gecama.

Figura 7: Imagen visual del Análisis de las 5 fuerzas de Porter

1. Amenaza de nuevos competidores

La barrera de entrada en el sector eólico es moderada-alta. Aunque la tecnología está madura y existen marcos regulatorios favorables, los elevados costes iniciales, los largos procesos administrativos y la necesidad de experiencia técnica limitan el acceso a nuevos operadores. Sin embargo, el crecimiento del mercado renovable y los incentivos gubernamentales podrían atraer a nuevos competidores en el medio plazo.

2. Poder de negociación de los proveedores

Los proveedores de aerogeneradores y componentes clave (torres, palas, sistemas de control) tienen un poder de negociación relativamente alto, especialmente cuando se trata de fabricantes líderes con tecnología avanzada. La dependencia tecnológica y los contratos a largo plazo pueden reducir la flexibilidad del promotor. No obstante, la competencia entre proveedores globales ha aumentado, lo que empieza a equilibrar esta fuerza.

3. Poder de negociación de los clientes

En el caso de los parques eólicos, el cliente principal suele ser el mercado eléctrico mayorista o empresas comercializadoras mediante contratos PPA (Power Purchase Agreement). El poder de negociación es limitado cuando se vende en el mercado spot, pero se incrementa en contratos bilaterales, donde las condiciones pueden ser exigentes. El contexto de alta demanda de energía renovable reduce esta presión actualmente.

4. Amenaza de productos sustitutivos

Las principales fuentes sustitutivas son otras tecnologías renovables (solar fotovoltaica, biomasa, hidráulica) y, en menor medida, las energías convencionales (gas, nuclear). Aunque la eólica compite directamente con la solar en costes y despliegue, ambas tecnologías suelen ser complementarias en la transición energética. La amenaza de sustitución es baja, dado el posicionamiento competitivo de la energía eólica.

5. Rivalidad entre competidores existentes

La competencia en el sector es alta, especialmente entre grandes grupos energéticos y fondos de inversión que buscan posicionarse en un mercado en expansión. Existe presión por conseguir los mejores emplazamientos, aerogeneradores más eficientes y acceso a financiación verde. En este entorno, la capacidad de innovación, la eficiencia operativa y la reputación del promotor son factores clave para mantener una ventaja competitiva.

6.3 CANVAS ESTRATÉGICO DEL PROYECTO

El modelo Business Model Canvas, desarrollado por Alexander Osterwalder, es una herramienta estratégica que permite visualizar de forma estructurada y sintética los elementos clave que conforman el modelo de negocio de un proyecto. Se compone de nueve bloques fundamentales que abarcan desde la propuesta de valor hasta la estructura de costes y las fuentes de ingresos. Su principal utilidad radica en facilitar una comprensión global del proyecto, identificar fortalezas y debilidades, y alinear todos los elementos estratégicos en torno a un objetivo común.

Aplicado al Parque Eólico Gecama, el Canvas permite analizar de manera integrada cómo se crea, entrega y captura valor en el marco de la generación eléctrica a partir de fuentes renovables.

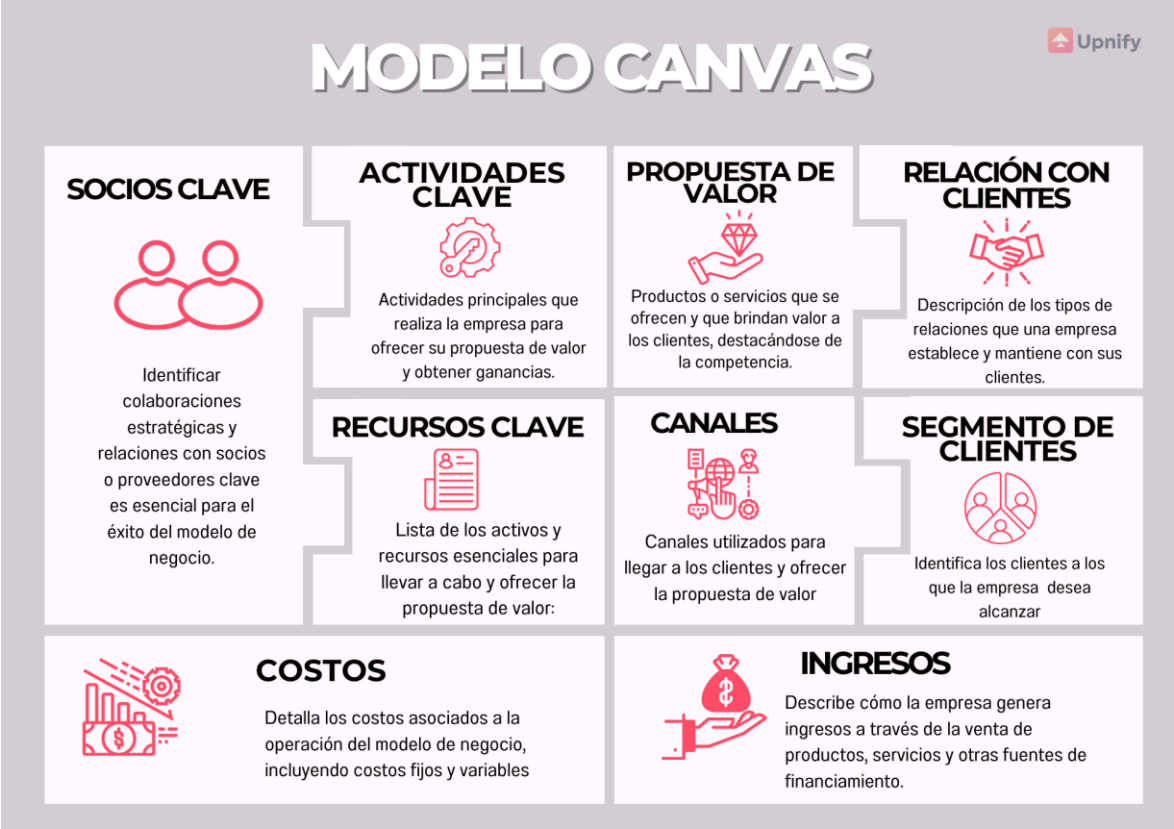

Figura 8: Imagen visual del Análisis del Canvas Estratégico

1. Propuesta de valor

El proyecto Gecama ofrece una solución energética limpia, sostenible y competitiva, basada en la generación de electricidad a partir del viento. Su principal valor reside en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la diversificación del mix energético nacional, y la contribución a la seguridad del suministro. Además, promueve el desarrollo socioeconómico local mediante la creación de empleo, la mejora de infraestructuras y el impulso a la economía verde.

2. Segmentos de clientes

Los clientes principales del proyecto son los comercializadores eléctricos, que adquieren la energía generada para su distribución a consumidores finales. También pueden incluirse grandes consumidores industriales que optan por contratos PPA (Power Purchase Agreements) directamente con productores de energía renovable, así como operadores del mercado eléctrico mayorista.

3. Canales

La electricidad generada se vierte a la red eléctrica a través de la infraestructura de Red Eléctrica de España (REE), y se comercializa en el mercado eléctrico diario o mediante contratos bilaterales. Los canales de comunicación con inversores, administraciones públicas y comunidades locales también forman parte del modelo, especialmente en lo relativo a la transparencia del impacto y los beneficios del proyecto.

4. Relación con los clientes

La relación se basa en contratos a largo plazo, confianza y cumplimiento regulatorio. En el caso de acuerdos PPA, se establece una relación estable y directa con los compradores. Además, existe una dimensión institucional clave, ya que el proyecto debe mantener relaciones continuas con entidades públicas, autoridades medioambientales y organismos reguladores.

5. Actividad clave

Entre las principales actividades se encuentran:

- Operación y mantenimiento del parque eólico.
- Monitorización del rendimiento energético.
- Gestión de los permisos y cumplimiento normativo.
- Comercialización de la energía producida.
- Gestión del impacto medioambiental y social.

6. Recursos clave

Los recursos fundamentales del proyecto incluyen:

- Los aerogeneradores y equipos técnicos instalados.
- El recurso eólico disponible en la zona.
- El personal técnico y de gestión.
- La infraestructura de conexión a la red.
- El capital financiero para inversión inicial y operaciones.

7. Socios clave

El éxito del proyecto depende de una red de alianzas estratégicas:

- Empresas tecnológicas (fabricantes de aerogeneradores como Nordex o Siemens Gamesa).
- Entidades financieras (para la obtención de financiación).
- Administraciones públicas (licencias y subvenciones).
- Comunidades locales y propietarios de terrenos (colaboración social y territorial).

8. Estructura de costes

Los costes principales se agrupan en:

- Inversión inicial: aerogeneradores, obra civil, subestación, líneas de evacuación.
- Costes operativos: mantenimiento, seguros, personal técnico, tasas administrativas.
- Costes financieros: intereses y amortización de préstamos.
- Costes medioambientales: medidas correctoras, seguimiento ecológico.

9. Fuentes de ingresos

Los ingresos del proyecto provienen fundamentalmente de:

- Venta de energía en el mercado eléctrico mayorista.
- Contratos PPA con empresas.
- Subvenciones públicas o incentivos fiscales por generación renovable.
- Posibles ingresos complementarios por certificados de origen o participación en mercados de capacidad.

Capítulo 7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este apartado se describe con detalle el Parque Eólico Gecama, localizado en la provincia de Cuenca, abordando sus características generales, parámetros técnicos y datos clave sobre el emplazamiento y el recurso eólico disponible. El objetivo es ofrecer una visión completa que permita entender la magnitud del proyecto y su relevancia tanto a nivel energético como socioeconómico y ambiental.

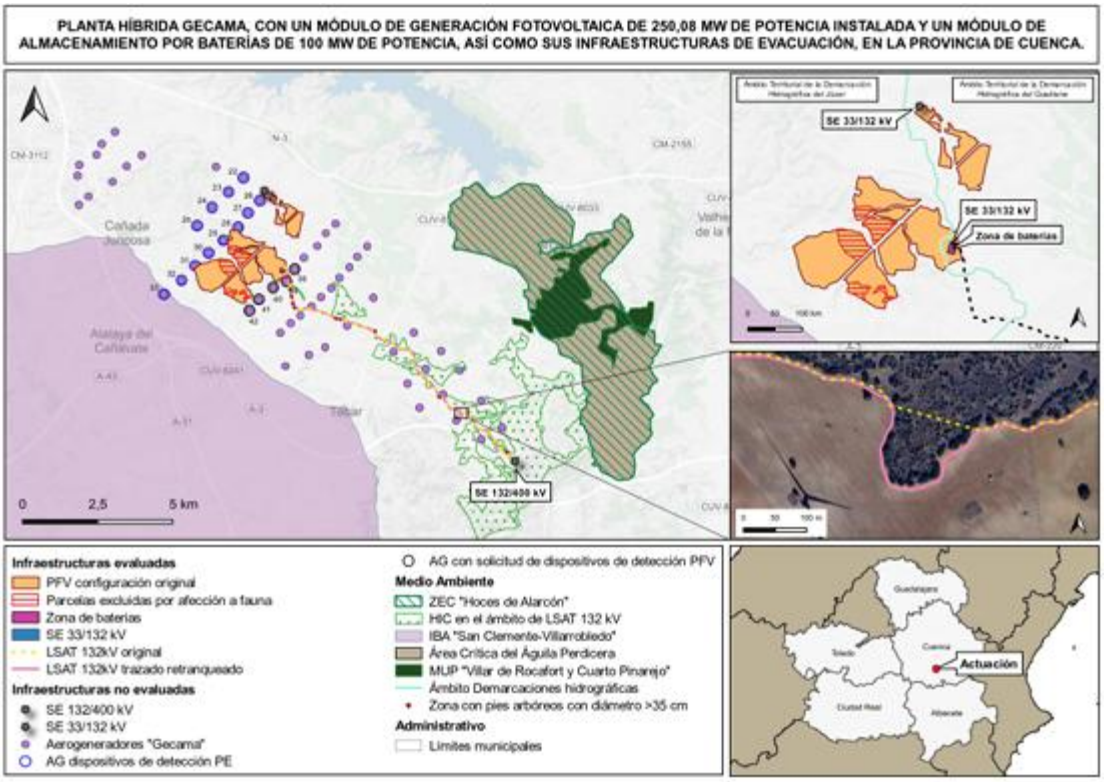

Figura 9: Planta Híbrida Parque Eólico Gecama (Cuenca)

7.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PARQUE EÓLICO GECAMA (CUENCA)

El Parque Eólico Gecama constituye un referente en el sector de las energías renovables en España por su escala, diseño y concepción. Se trata del mayor parque eólico construido en una sola fase en el territorio nacional, con una superficie aproximada de 41 km². Está ubicado en la provincia de Cuenca, abarcando los términos municipales de Tébar, Honrubia, Cañada Juncosa y Atalaya del Cañavate.

El promotor del proyecto es Enlight Renewable Energy, compañía de origen israelí especializada en energías renovables, mientras que la ejecución de la obra fue realizada por Elecnor, una de las principales constructoras e ingenierías del sector energético en España. La inversión total se estima en torno a los 640 millones de euros, lo que refleja la envergadura económica de la instalación.

Uno de los aspectos distintivos de Gecama es que fue concebido desde su fase inicial como un proyecto integrado en el territorio, optimizando tanto el rendimiento energético como la aceptación social y la minimización de impactos ambientales. Para ello, se desarrolló un extenso proceso de estudios previos que incluyó:

- Análisis detallado del recurso eólico de la zona durante varios años.
- Estudios de impacto ambiental con especial atención a la avifauna y quirópteros.
- Evaluación de la conexión a la red de transporte eléctrico.
- Diseño de la infraestructura interna para minimizar el uso de superficie agrícola y ganadera.

Desde el punto de vista socioeconómico, el parque ha tenido un impacto muy significativo:

- En el momento álgido de la construcción, llegaron a trabajar más de 400 personas de forma simultánea, muchas de ellas procedentes de la provincia de Cuenca.
- A lo largo de todo el desarrollo se generaron cerca de 2.000 empleos directos e indirectos.
- Se incentivó la economía local mediante contratación de servicios de transporte, logística, hostelería y suministro de materiales.
- Se alcanzaron acuerdos con los ayuntamientos implicados para destinar parte de los ingresos fiscales y de arrendamientos de terrenos a inversiones en infraestructuras y servicios locales.

7.2 DATOS TÉCNICOS PRINCIPALES

- **POTENCIA INSTALADA Y CONFIGURACIÓN DE AEROGENERADORES**

El Parque Eólico Gecama cuenta con una potencia total instalada de 312 MW, repartida en 69 aerogeneradores de última generación. Cada turbina se asienta sobre torres de hormigón de 120 metros de altura de buje, y las palas elevan la altura total hasta aproximadamente 195 metros. Esta configuración responde a una estrategia de optimización del rendimiento, permitiendo captar capas de viento más estables y veloces.

El diseño inicial preveía hasta 100 aerogeneradores de 3 MW cada uno (300 MW totales), pero durante la fase de ingeniería se optó por reducir el número de unidades y aumentar su potencia individual y altura, maximizando así el factor de capacidad y minimizando el impacto en el terreno.

- **PRODUCCIÓN ENERGÉTICA ESTIMADA**

La producción anual prevista ronda los 1.000 GWh, suficiente para abastecer el consumo eléctrico de aproximadamente 280.000 hogares en España. Este volumen de

generación supone evitar la emisión de cerca de 150.000 toneladas de CO_2 al año, contribuyendo de manera directa a los objetivos de descarbonización establecidos por la Estrategia Nacional Integrada de Energía y Clima (PNIEC).

- **INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA**

Para la evacuación de la energía producida, el parque cuenta con:

- 114 km de cableado subterráneo de media tensión (30 kV).
- 18 km de líneas subterráneas a 132 kV para conexión a las subestaciones.
- Tres subestaciones eléctricas intermedias para la elevación de tensión.
- Conexión final a la red de transporte mediante una línea de 400 kV hacia la subestación de Minglanilla de Red Eléctrica de España (REE).

Esta infraestructura ha sido diseñada para minimizar pérdidas energéticas, garantizar fiabilidad y permitir en el futuro la integración de nuevas plantas renovables próximas.

- **ASPECTOS CONSTRUCTIVOS**

La fabricación de las torres de hormigón se realizó parcialmente en plantas próximas a Motilla del Palancar, reduciendo costes logísticos y la huella de carbono del transporte. El montaje de los aerogeneradores requirió el uso de grúas de gran capacidad, capaces de operar a alturas cercanas a los 200 metros.

7.3 LOCALIZACIÓN Y RECURSOS EÓLICOS DISPONIBLES

- **UBICACIÓN ESTRATÉGICA**

El parque está situado en el sur de la provincia de Cuenca, en una zona de altiplanicie con baja densidad de población, buen acceso a carreteras nacionales (A-3, N-III) y proximidad a puntos de conexión a la red eléctrica de alta tensión. Estas condiciones facilitan tanto el transporte de componentes de gran tamaño como la operación y el mantenimiento posterior.

- **RECURSO EÓLICO**

Los estudios anemométricos realizados durante varios años confirmaron que la zona presenta velocidades medias de viento superiores a 7 m/s a la altura de buje, con baja turbulencia. Este recurso, unido a la configuración técnica de los aerogeneradores, permite alcanzar un factor de capacidad cercano al 35%, superior a la media de los parques eólicos onshore en España (que suele situarse entre el 25% y el 30%).

- **INTEGRACIÓN AMBIENTAL**

El emplazamiento fue elegido tras descartar ubicaciones con mayor valor ecológico o paisajístico. La Declaración de Impacto Ambiental (DIA), aprobada en 2017, incluyó medidas como:

- Paradas temporales de aerogeneradores en periodos de migración de especies sensibles.

- Programas de seguimiento de avifauna y quirópteros durante toda la vida útil del parque.
- Restauración de zonas afectadas durante las obras.
- Minimización de apertura de nuevos caminos, aprovechando las vías rurales ya existentes.

- **RELACIÓN CON LA COMUNIDAD LOCAL**

El proyecto ha contado con la colaboración de propietarios de terrenos, ayuntamientos y vecinos de la zona. Se han establecido contratos de arrendamiento a largo plazo que generan ingresos recurrentes para particulares y administraciones, contribuyendo al desarrollo económico de la comarca.

7.4 ANÁLISIS ESTRATÉGICO EN EL CONTEXTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La puesta en marcha del Parque Eólico Gecama no solo supone la construcción de una instalación renovable de gran escala, sino que representa un hito estratégico en la transición energética española. Su relevancia se puede evaluar desde diversas perspectivas clave:

7.4.1 CONTRIBUCIÓN A LOS OBJETIVOS NACIONALES E INTERNACIONALES DE DESCARBONIZACIÓN

España, en el marco del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, se ha comprometido a alcanzar para 2030 una penetración del 74% de generación renovable en el mix eléctrico, con el objetivo final de lograr la neutralidad climática en 2050.

La producción anual de aproximadamente 1.000 GWh que aporta Gecama:

- Evita la emisión de unas 150.000 toneladas de CO_2 cada año.
- Permite sustituir parte de la generación eléctrica de origen fósil, reduciendo la dependencia energética exterior.
- Se alinea con las directrices europeas establecidas en el Pacto Verde Europeo y en la directiva RED II de fomento de energías renovables.

7.4.2 POSICIONAMIENTO DENTRO DEL SECTOR EÓLICO ESPAÑOL

El sector eólico en España se encuentra en una etapa de consolidación, con más de 30 GW instalados y un crecimiento moderado centrado en repotenciación y proyectos estratégicos de gran tamaño. En este contexto, Gecama destaca por:

- **Escala:** es el mayor parque eólico en una única fase en España, lo que lo convierte en un referente de capacidad de ejecución y gestión de proyectos complejos.
- **Tecnología de última generación:** uso de aerogeneradores de gran altura y rotor amplio, optimizados para vientos medios, que marcan tendencia en futuros desarrollos.
- **Modelo de desarrollo eficiente:** integración de la fase de diseño, construcción y puesta en marcha en un calendario reducido, con altos estándares de control de calidad y logística.

7.4.3 IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL EN LA REGIÓN

La provincia de Cuenca presenta una baja densidad poblacional y un tejido industrial limitado, lo que hace que proyectos como Gecama tengan un papel dinamizador relevante:

- Generación de empleo directo e indirecto durante las fases de construcción y operación.
- Incremento de ingresos fiscales municipales vía impuestos y arrendamientos de terrenos.
- Fomento de la cadena de suministro local, incluyendo transporte, fabricación parcial de componentes y servicios de mantenimiento.

A medio y largo plazo, la presencia de este tipo de infraestructuras puede favorecer la atracción de otras inversiones en energías renovables o industrias asociadas.

7.4.4 VENTAJAS COMPETITIVAS DEL PROYECTO

Entre los elementos que refuerzan la posición estratégica de Gecama destacan:

- Recurso eólico excepcional para una instalación onshore, con vientos medios >7 m/s y baja turbulencia.
- Diseño optimizado para maximizar la producción con el menor número de aerogeneradores, reduciendo el impacto ambiental y los costes de mantenimiento.
- Infraestructura eléctrica robusta con conexiones a alta tensión que garantizan la evacuación de energía sin restricciones significativas.
- Alta aceptación social gracias a acuerdos previos con propietarios, comunidades y ayuntamientos.

7.4.5 RETOS Y RIESGOS POTENCIALES

A pesar de su solidez, el proyecto no está exento de retos:

- **Evolución de precios del mercado eléctrico (pool):** una caída sostenida de precios podría afectar la rentabilidad si no existen contratos PPA o mecanismos de estabilización de ingresos.
- **Cambios regulatorios:** las políticas de remuneración, fiscalidad y acceso a red pueden variar en el futuro, afectando el marco de explotación.
- **Condiciones ambientales:** aunque la zona tiene baja conflictividad ecológica, se requiere un seguimiento continuo para garantizar el cumplimiento de las medidas correctoras establecidas en la DIA.

7.4.6 PERSPECTIVA DE FUTURO

Gecama se posiciona como un activo estratégico de generación renovable a largo plazo, con una vida útil estimada de 25 a 30 años y potencial para:

- Integración con almacenamiento (baterías o hidrógeno verde) para mejorar la gestión de excedentes de producción.
- Repotenciación futura con aerogeneradores aún más eficientes cuando la tecnología y la regulación lo permitan.
- Participación en mercados de servicios de ajuste gracias a la flexibilidad creciente de los sistemas de control de turbinas.

Capítulo 8. ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El análisis del impacto medioambiental en proyectos de generación de energía renovable constituye un apartado esencial dentro de la evaluación global de su viabilidad. Aunque la energía eólica es considerada una de las tecnologías más limpias y sostenibles para la producción eléctrica, la implantación de parques eólicos conlleva alteraciones en el medio natural y social que deben estudiarse cuidadosamente.

En el caso del Parque Eólico Gecama, ubicado en Cuenca, con una potencia instalada de 312 MW, es necesario evaluar tanto los beneficios ambientales derivados de la generación libre de emisiones como los impactos potenciales en flora, fauna, paisaje y entorno socioeconómico. Además, es fundamental definir medidas de mitigación y buenas prácticas que garanticen la integración del proyecto en el medio y reduzcan al mínimo sus externalidades negativas.

8.1 EMISIONES EVITADAS Y BENEFICIOS AMBIENTALES

- **REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2**

- El Parque Eólico Gecama, con una producción media estimada de 1.050 GWh anuales, evita la emisión de aproximadamente 350.000 toneladas de CO_2 cada año.
- Esta reducción se calcula tomando como referencia las emisiones medias del sistema eléctrico español (≈0,33 tCO_2/MWh en 2022, incluyendo generación fósil).
- A lo largo de una vida útil de 25 años, el parque evitará más de 8,7 millones de toneladas de CO_2.

- **EQUIVALENCIAS AMBIENTALES**

- La reducción anual equivale a la absorción de CO_2 de más de 16 millones de árboles o a retirar de la circulación aproximadamente 230.000 automóviles.
- También representa un ahorro indirecto de consumo de agua, ya que las centrales térmicas de carbón y gas requieren grandes volúmenes para refrigeración, mientras que la eólica no precisa de este recurso.

- **CONTRIBUCIÓN A POLÍTICAS CLIMÁTICAS**

- El proyecto se alinea con los objetivos del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) y con el compromiso europeo de alcanzar la neutralidad climática en 2050.
- Ayuda a reducir la dependencia energética española de combustibles fósiles importados, reforzando la seguridad energética.

8.2 IMPACTO SOBRE FLORA, FAUNA, PAISAJE E IMPACTO ACÚSTICO

- **IMPACTO SOBRE LA FLORA**

- Durante la fase de construcción se produce una alteración puntual del suelo y pérdida de cobertura vegetal en las áreas destinadas a cimentaciones, caminos de acceso y tendidos eléctricos.
- En Gecama se han habilitado planes de revegetación con especies autóctonas adaptadas al clima de la Mancha conquense, que buscan restaurar la biodiversidad vegetal y prevenir la erosión.
- El impacto a largo plazo es bajo, siempre que se realice un seguimiento adecuado y se evite la introducción de especies invasoras.

- **IMPACTO SOBRE LA FAUNA**

- El riesgo más relevante está asociado a la colisión de aves y murciélagos con los aerogeneradores.
- La zona de Gecama se encuentra en una ruta de migración de aves rapaces y de planeadoras como el milano real, por lo que se han adoptado medidas de seguimiento exhaustivo.
- Se han implementado sistemas de detección automática de aves que permiten activar paradas selectivas de aerogeneradores en momentos de riesgo elevado.
- Asimismo, las líneas eléctricas del parque han sido diseñadas con dispositivos antielectrocución y señalización para reducir el riesgo de colisión.
- En el caso de los murciélagos, se han programado paradas nocturnas durante periodos de alta actividad biológica, principalmente en verano.

- **IMPACTO SOBRE EL PAISAJE**

- Los aerogeneradores, de más de 100 metros de altura de buje y rotores de gran envergadura, tienen un impacto visual significativo, especialmente en un territorio caracterizado por la llanura manchega.
- Sin embargo, la ubicación del parque se ha seleccionado para minimizar su visibilidad desde áreas habitadas y zonas de valor histórico-cultural.
- El impacto visual tiende a atenuarse con el tiempo debido a la percepción social positiva de las energías renovables como símbolo de transición energética.

- **IMPACTO ACÚSTICO**

- La operación de los aerogeneradores genera niveles de ruido generalmente inferiores a 45 dB(A) en áreas residenciales cercanas, por debajo de los límites legales establecidos en la normativa española.
- El control acústico incluye mediciones periódicas y, en caso de superación de umbrales, ajustes en la operación nocturna.

8.3 MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y BUENAS PRÁCTICAS

- **DURANTE LA CONSTRUCCIÓN**

- Planificación de accesos para minimizar la fragmentación del hábitat.
- Control de emisiones de polvo y ruidos mediante riego de caminos y limitación de horarios de obra.
- Restitución de la cubierta vegetal en las zonas afectadas con especies locales.

- **DURANTE LA OPERACIÓN**

- Implementación de un plan de vigilancia ambiental con seguimiento de avifauna y murciélagos, para adaptar la operación del parque en función de la presencia de especies vulnerables.
- Aplicación de tecnologías de detección y parada automática de aerogeneradores en momentos críticos para las aves.
- Mantenimiento preventivo de equipos para evitar vertidos de aceites y residuos.
- Monitorización del ruido para asegurar el cumplimiento normativo.

- **COMPENSACIONES Y ACTUACIONES COMPLEMENTARIAS**

- Inversión en programas de restauración de hábitats y creación de refugios para especies afectadas.
- Colaboración con universidades y centros de investigación para realizar estudios sobre fauna y biodiversidad.
- Fomento de la educación ambiental en comunidades locales, acercando los beneficios y retos de la energía eólica.

- **EN EL DESMANTELAMIENTO**

- El diseño del parque incluye planes de desmantelamiento para retirar los aerogeneradores al final de su vida útil.
- Los materiales de los aerogeneradores (acero, cobre, aluminio) son altamente reciclables.
- La reutilización y reciclaje de palas de fibra compuesta es un reto tecnológico en evolución, en el que se prevé que España tenga soluciones avanzadas en los próximos 20 años.

Capítulo 9. ANÁLISIS ECONÓMICO

La viabilidad de un parque eólico depende en gran medida de su análisis económico, ya que este permite determinar si el proyecto es financieramente sostenible y atractivo para los inversores. El análisis incluye tanto la estimación de los costes de inversión (CAPEX) y de operación y mantenimiento (OPEX), como la proyección de los ingresos futuros, los esquemas de financiación disponibles y las obligaciones derivadas de la vida útil y desmantelamiento del parque.

En el caso del Parque Eólico Gecama, con una potencia de 312 MW y una producción estimada anual de 1.050 GWh, este análisis es clave para valorar su impacto en el mix energético español y su rentabilidad a largo plazo. A continuación, se detallan los principales componentes del análisis económico.

9.1 COSTES DE INVERSIÓN (CAPEX)

El CAPEX (Capital Expenditure) representa el gasto inicial necesario para la construcción del parque eólico. En proyectos de esta magnitud, se incluyen los siguientes apartados principales:

- **COSTE DE AEROGENERADORES**

- Los aerogeneradores suelen representar entre el 65 % y el 75 % del CAPEX total.
- Para Gecama, se instalaron 69 turbinas Nordex Delta 4000, con una potencia unitaria de entre 4,5 y 5,7 MW.
- Cada aerogenerador, incluyendo torre, góndola y rotor, puede costar entre 3 y 4 millones de euros según la configuración final y contratos de suministro.

- En total, se estima que el coste de aerogeneradores supera los 250 millones de euros.

- **OBRAS CIVILES Y ELÉCTRICAS**

- Incluyen cimentaciones, caminos de acceso, plataformas de montaje y líneas de evacuación.
- En un parque de gran tamaño como Gecama, estos costes representan aproximadamente el 15 % del CAPEX, es decir, en torno a 50 – 60 millones de euros.

- **INFRAESTRCUTURA DE CONEXIÓN A RED**

- Construcción de subestaciones eléctricas y tendidos de alta tensión hasta los puntos de conexión a la red de transporte.
- Este concepto suele suponer alrededor del 5 – 8 % del CAPEX, equivalente a unos 20 – 25 millones de euros.

- **OTROS COSTES ASOCIADOS**

- Incluyen permisos, licencias, estudios ambientales, gestión de obra y gastos financieros durante la construcción.
- Se sitúan entre el 3 % y el 5 % del CAPEX, es decir, unos 10 – 15 millones de euros.

En conjunto, el CAPEX total estimado para el Parque Eólico Gecama asciende a unos 350 – 380 millones de euros, situándolo en la media de proyectos de gran escala en España.

Este cálculo del CAPEX se ve respaldado por un artículo publicado por la escuela de negocios "EALDE Business School", en el que se establece que el coste por MW instalado oscila entre 1,2 y 1,5 millones de euros.

$$1{,}2\,\frac{M€}{MW} * 312\ MW = 374\ M€ \approx 380\ M€$$

Se tomará 380 M€ como CAPEX para futuros cálculos.

9.2 COSTES DE OPERACIÓN (OPEX)

El OPEX (Operational Expenditure) incluye los gastos recurrentes necesarios para mantener el parque en funcionamiento a lo largo de su vida útil. Sus principales componentes son:

- **MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO**

- Contratos de operación con el fabricante de aerogeneradores (en este caso Nordex) que cubren el mantenimiento preventivo, revisiones periódicas y reparaciones.
- Estos contratos suelen costar entre 20.000 y 30.000 €/MW/año.
- Para Gecama, con 312 MW, esto implica un gasto anual de entre 6,5 y 9,3 millones de euros.

- **COSTES DE PERSONAL Y GESTIÓN**

- Incluyen técnicos de operación, personal administrativo y servicios de vigilancia.
- Se estima en torno a 1 millón de euros anuales para un parque de esta escala.

- **SEGUROS**

- Coberturas frente a daños en aerogeneradores, responsabilidad civil y pérdida de ingresos por inactividad.
- Suelen representar un 2 – 3 % del OPEX anual, es decir, en torno a 0,5 millones de euros.

- **OTROS COSTES RECURRENTES**

- Tasas municipales, arrendamientos de terrenos (habitualmente pagos a propietarios locales) y costes de conexión a la red eléctrica.
- Estos pueden ascender a 1 – 2 millones de euros anuales.

En total, el OPEX anual de Gecama se sitúa en torno a 9 – 12 millones de euros, lo que equivale a unos 30 €/MWh generado.

Este cálculo del OPEX se ve respaldado por un artículo publicado por "Wind Market Reports: 2024 Edition", en el que se ofrece una estimación del coste por mantenimiento y operación de aproximadamente 32.000 €/MW/año.

$$32.000\,\frac{€}{MW} * 312\ MW = 9{,}98\ M€ \approx 10\ M€$$

Se tomará 10 M€ como OPEX anual para futuros cálculos.

9.3 VIDA ÚTIL DEL PROYECTO Y COSTES DE DESMANTELAMIENTO

- **VIDA ÚTIL**

- Los parques eólicos modernos tienen una vida útil estimada de 25 – 30 años, con posibilidad de repowering (sustitución de aerogeneradores por modelos más eficientes).
- En Gecama, se prevé una vida útil mínima de 25 años, sujeta a revisión tecnológica futura.

- **COSTES DE DESMANTELAMIENTO**

- Incluyen el desmontaje de aerogeneradores, restauración del terreno y reciclaje de materiales.
- El coste estimado es de 60.000 – 80.000 €/MW, lo que supone para Gecama unos 20 – 25 millones de euros al final de su ciclo.
- Sin embargo, gran parte de los materiales (acero, cobre, aluminio) son reciclables, y pueden recuperar hasta el 15 % de los costes de desmantelamiento.

Actualmente, se están desarrollando tecnologías para reciclar palas de aerogeneradores fabricadas en fibra de vidrio y carbono, lo que reducirá aún más el impacto económico y ambiental del desmantelamiento.

9.4 FINANCIACIÓN DEL PROYECTO Y POSIBLES FUENTES DE INVERSIÓN

Los proyectos eólicos de gran escala suelen financiarse mediante esquemas de Project Finance, que permiten separar el riesgo financiero del promotor de la viabilidad del propio proyecto.

- **ESTRUCTURA DE FINANCIACIÓN TÍPICA**

- 70 – 80 % deuda bancaria (préstamos sindicados con entidades nacionales e internacionales).
- 20 – 30 % capital propio (equity) aportado por los promotores o fondos de inversión.

- **EN EL CASO DE GECAMA**

- El proyecto está impulsado por Bruc Energy, participada por OPTrust y otros inversores internacionales.
- La financiación combina aportaciones de capital con deuda bancaria respaldada por entidades financieras europeas.

- **POSIBLES FUENTE DE INVERSIÓN**

- Fondos de inversión en infraestructuras.
- Emisión de bonos verdes.
- Apoyo de programas europeos (Next Generation EU) y del Instituto de Crédito Oficial (ICO) en España.

Este esquema de financiación permite reducir el riesgo y mejorar la rentabilidad para los accionistas, dado que los ingresos futuros (PPA, mercado eléctrico) actúan como garantía del préstamo.

9.5 INGRESOS PREVISTOS (TARIFAS DE ELECTRICIDAD, PPA, MERCADO LIBRE)

- **MERCADO ELÉCTRICO (pool)**

- La electricidad generada por Gecama se puede vender directamente en el mercado mayorista.
- En 2022-2023, el precio medio del pool en España fue de 120 €/MWh, aunque en periodos anteriores ha oscilado entre 40 y 60 €/MWh.
- Esto introduce una incertidumbre significativa en los ingresos futuros.

- **CONTRATOS BILATERALES (PPA, Power Purchase Agreement)**

- Los PPAs permiten fijar un precio estable a largo plazo, reduciendo la volatilidad del mercado.
- Gecama cuenta con contratos de compraventa de energía a largo plazo con grandes consumidores industriales, lo que garantiza una parte de sus ingresos durante 10 – 15 años.

- **INGRESOS TOTALES ESPERADOS**

- Con una producción anual de 1.050 GWh y precios medios de 50 – 60 €/MWh a largo plazo, los ingresos se estiman entre 50 y 65 millones de euros anuales.
- En escenarios de precios elevados como en 2022 (120 €/MWh), los ingresos podrían superar los 120 millones de euros anuales.

La combinación de PPAs y mercado eléctrico proporciona un equilibrio entre estabilidad y potencial de ingresos, aumentando la seguridad financiera del proyecto.

9.6 SUBVENCIONES Y APOYOS PUBLICOS

El desarrollo de proyectos de energías renovables en España, como el Parque Eólico Gecama, se enmarca dentro de un contexto de políticas públicas orientadas a fomentar la descarbonización, el cumplimiento de los objetivos europeos de reducción de emisiones y la independencia energética.

Los mecanismos de subvención y apoyo público juegan un papel fundamental en la viabilidad de este tipo de proyectos, ya que permiten reducir el riesgo financiero, asegurar ingresos mínimos y atraer inversión privada hacia infraestructuras estratégicas.

- **SUBVENCIONES A LA INVERSIÓN**

- **Programas nacionales y autonómicos:** El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Junta de Castilla-La Mancha han impulsado ayudas para cubrir parte del CAPEX de proyectos renovables.
- **Fondos europeos Next Generation EU:** Dirigidos a apoyar inversiones en energías limpias, almacenamiento y digitalización de redes.
- Aunque el Parque Eólico Gecama se concibió como un proyecto fundamentalmente privado, se beneficia indirectamente de estos programas al reducir costes de infraestructuras de conexión o estudios medioambientales.

- **APOYOS A LA FINANCIACIÓN**

- **Préstamos blandos y garantías públicas:** Entidades como el Instituto de Crédito Oficial (ICO) o el Banco Europeo de Inversiones (BEI) proporcionan condiciones de financiación más favorables.
- Estas herramientas permiten obtener deuda a largo plazo con intereses reducidos, mejorando el perfil financiero del proyecto.

- **REGÍMENES DE RETRIBUCIÓN A LA GENERACIÓN RENOVABLE**

- España cuenta con un sistema de subastas de energías renovables, donde los proyectos compiten ofreciendo precios por la energía generada.
- Aunque Gecama no participa directamente en el sistema de subastas, este marco regula los precios de referencia y aporta estabilidad al mercado eléctrico.
- En proyectos similares, las subastas han cerrado precios entre 25 y 35 €/MWh, lo que actúa como una señal de mercado para futuros desarrollos.

- **INGRESOS COMPLEMENTARIOS Y BENEFICIOS FISCALES**

- **Exenciones o reducciones fiscales:** en algunos casos, los promotores pueden beneficiarse de reducciones en impuestos vinculados a la construcción y operación.
- **Pagos por capacidad o servicios de red:** la normativa española prevé mecanismos de remuneración adicional por la contribución de renovables a la estabilidad del sistema.
- **Bonos verdes:** en línea con la estrategia climática de la UE, existen incentivos para emitir deuda verde, con condiciones ventajosas para proyectos alineados con objetivos de sostenibilidad.

- **RELEVANCIA ESTRATÉGICA EN CASTILLA-LA MANCHA**

- Castilla-La Mancha es una de las comunidades autónomas con mayor recurso eólico y solar, y ha declarado prioritario el desarrollo de renovables en su mix energético.
- Esto se traduce en agilidad en tramitaciones, facilidades administrativas y apoyo institucional, lo que ha permitido que proyectos de gran envergadura como Gecama se materialicen en plazos razonables.

Capítulo 10. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

La evaluación de viabilidad económica determina si el Parque Eólico Gecama generará una rentabilidad suficiente para justificar la inversión, considerando el riesgo asumido y las condiciones del mercado eléctrico. Se emplean herramientas como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el periodo de retorno (Payback) y análisis de sensibilidad frente a variaciones en los parámetros clave.

10.1 SUPUESTOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS

Para realizar la evaluación, se adoptan hipótesis basadas en datos reales del proyecto y en valores típicos del sector eólico en España:

- **Potencia instalada:** 312 MW.
- **Producción anual estimada:** 1.050 GWh/año (factor de capacidad ≈ 38,4 %).
- **Vida útil del proyecto:** 25 años.
- **Precio medio de venta de electricidad:** 55 €/MWh (escenario base). (dato respaldado por el Informe Integrado Grupo OMIE 2024)
- **CAPEX total:** 380 millones €.
- **OPEX anual:** 10 millones €.
- **Costes de desmantelamiento:** 10 millones € al final de la vida útil (valor actualizado).
- **Tasa de descuento:** 6 %. (dato respaldado por un artículo publicado por "Wind Market Reports: 2024 Edition")
- **Estructura de financiación:** 70 % deuda – 30 % capital.

- **Tipo de interés de deuda:** 4 %, amortización lineal a 12 años.

10.2 CÁLCULOS DE INGRESOS Y FLUJO DE CAJA OPERATIVO

- **Ingresos anuales (escenario base):**

  1.050.000 MWh × 55 €/MWh = 57,75 millones €/año.

- **Gastos operativos anuales:**

  OPEX = 10 millones €/año.

- **Flujo de caja operativo neto (antes de impuestos):**

  57,75 M€ – 10 M€ = 47,75 millones €/año.

- **Impuesto de sociedades:**

  Tipo impositivo = 25 % → Impuesto ≈ 11,94 millones €/año.

- **Flujo neto después de impuestos:**

  47,75 – 11,94 = 35,81 millones €/año.

10.3 CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El VAN se calcula descontando los flujos netos de caja durante 25 años, restando la inversión inicial y sumando el valor residual negativo por desmantelamiento.

$$VAN = \sum_{t-1}^{25} \frac{35{,}81}{(1+0{,}06)^t} - 380 - \frac{10}{(1+0{,}06)^{25}} = +160\ millones\ de\ euros$$

- **VAN resultado (escenario base): ≈ +160 millones €.**

Un VAN positivo indica que el proyecto no solo recupera la inversión inicial, sino que genera valor adicional para los inversores.

10.4 CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que iguala a cero el VAN.

$$TIR \rightarrow \sum_{t-1}^{25} \frac{35{,}81}{(1+TIR)^t} - 380 - \frac{10}{(1+TIR)^{25}} = 0 \rightarrow TIR = 10{,}8\%$$

- **TIR del proyecto (escenario base): ≈ 10,8 %.**

Este valor supera ampliamente la tasa de descuento (6 %), lo que confirma la atractiva rentabilidad del proyecto.

10.5 CÁLCULO DEL PERIODO DE RETORNO (PAYBACK)

El Payback simple indica el número de años necesarios para recuperar la inversión inicial mediante los flujos netos de caja.

$$Payback = \frac{CAPEX}{Flujo\ net\ anual} = \frac{380.000.000}{35.810.000} = 10{,}6\ años$$

- **Payback simple: 380 / 35,81 ≈ 10,6 años.**

10.6 CÁLCULO DEL LEVEL COST OF ENERGY (LCOE)

El LCOE representa el coste medio de producir un MWh de electricidad a lo largo de la vida útil del proyecto, considerando todos los costes actualizados y la energía generada.

$$LCOE = \frac{380 * 10^6 + \sum_{t=1}^{25} \frac{10 * 10\text{^}6}{(1{,}06)^t}}{\sum_{t=1}^{25} \frac{1.050 * 10\text{^}3}{(1{,}06)^t}} = \frac{380 + 127{,}83}{13{,}42} = 37{,}84\ €/MWh \approx 40€/MWh$$

- **LCOE: 507,83/13,42 ≈ 37,84 €/MWh ≈ 40 €/MWh**

10.7 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se analiza el impacto en el VAN y la TIR ante variaciones del ±10 % en el precio de venta de electricidad y en la producción anual.

Escenario	Precio (€/MWh)	Producción (GWh)	VAN (M€)	TIR (%)
Base	55	1.050	+160	10,8
Precio +10%	60,5	1.050	+228	12,4
Precio -10%	49,5	1.050	+92	8,9
Producción +10%	55	1.155	+222	12,3
Producción -10%	55	945	+98	9,0

Tabla 1: Resultados Análisis Sensibilidad

10.8 ANÁLISIS DE RIESGOS

Aunque el análisis financiero realizado refleja la rentabilidad y viabilidad del Parque Eólico Gecama, todo proyecto energético está expuesto a una serie de riesgos que pueden afectar sus ingresos, costes y, en última instancia, la rentabilidad esperada. La identificación y gestión adecuada de estos riesgos resulta esencial para garantizar la sostenibilidad del proyecto en el largo plazo.

Los principales riesgos asociados al proyecto son los siguientes:

10.8.1 RIESGO DE RECURSO EÓLICO

El factor más determinante en los ingresos es la variabilidad del recurso eólico. Si bien las estimaciones de producción se basan en estudios de viento con series históricas y simulaciones (P50, P75, P90), existe incertidumbre inherente en la velocidad y constancia del viento.

- **Impacto potencial:** una reducción del 10 % en la producción implica una caída significativa en VAN y TIR.
- **Medidas de mitigación:** selección de emplazamientos con registros meteorológicos fiables, diversificación geográfica y contratación de seguros de producción (hedge eólico).

10.8.2 RIESGO DE MERCADO ELÉCTRICO

El precio de la electricidad en el mercado mayorista es volátil, influido por factores como la evolución de la demanda, precios de gas y CO_2, penetración renovable y regulaciones.

- **Impacto potencial:** reducciones prolongadas en el precio del pool (ej. 2020 durante la pandemia) afectan directamente a los ingresos.

- **Medidas de mitigación:** firma de contratos PPA a largo plazo con consumidores industriales o comercializadoras, que aseguran ingresos estables y reducen exposición al mercado.

10.8.3 RIESGO REGULATORIO

El sector eléctrico en España y Europa está altamente regulado. Cambios en normativa sobre fiscalidad, cánones, acceso a red o sistemas de subastas pueden modificar la rentabilidad del proyecto.

- **Impacto potencial:** aumento de impuestos específicos a la generación o cambios en el acceso al mercado.
- **Medidas de mitigación:** seguimiento regulatorio activo, diversificación de cartera de proyectos y adaptación contractual en PPAs para contemplar cambios normativos.

10.8.4 RIESGO FINANCIERO

Los proyectos eólicos requieren un elevado apalancamiento (70 % deuda). Las condiciones financieras (tipos de interés, disponibilidad de crédito) afectan directamente al coste del capital.

- **Impacto potencial:** subidas de tipos de interés aumentan los costes financieros y reducen el VAN.
- **Medidas de mitigación:** negociación de financiación con tipos fijos o cobertura de tipos (swaps) y diversificación de fuentes de financiación (bancos comerciales, fondos verdes, bonos de infraestructura).

10.8.5 RIESGO TECNOLÓGICO Y OPERATIVO

Los aerogeneradores son equipos complejos sujetos a averías, fallos técnicos o menor rendimiento que el previsto. Además, un inadecuado mantenimiento puede reducir la disponibilidad del parque.

- **Impacto potencial:** reducción del factor de capacidad y aumento del OPEX.
- **Medidas de mitigación:** selección de tecnología de fabricantes consolidados, contratos de mantenimiento a largo plazo con disponibilidad garantizada (>97 %) y uso de sistemas de monitorización en tiempo real (SCADA).

10.8.6 RIESGO MEDIOAMBIENTAL Y SOCIAL

Los proyectos eólicos están expuestos a oposición social, impactos paisajísticos y exigencias ambientales (fauna, flora, biodiversidad). Retrasos en permisos o conflictos con comunidades locales pueden afectar el calendario y los costes.

- **Impacto potencial:** retrasos en la puesta en marcha, sobrecostes por medidas adicionales o limitaciones de operación (restricciones horarias por protección de aves).
- **Medidas de mitigación:** estudios de impacto ambiental rigurosos, aplicación de medidas de compensación ambiental, programas de participación ciudadana y comunicación transparente con las comunidades locales.

Capítulo 11. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Figura 10: Imagen Objetivos Desarrollo Sostenible Agenda 2030

El proyecto se encuentras plenamente alineado con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas de la Agenda 2030, contribuyendo de manera activa a la consecución de un modelo energético más sostenible, inclusivo y respetuoso con el medio ambiente. Dichos ODS son los siguientes:

ODS 7: Energía asequible y no contaminante

El desarrollo de parques eólicos promueve el acceso a una energía limpia, asequible y segura. El análisis de viabilidad económica busca garantizar que estas instalaciones sean no solo ambientalmente sostenibles, sino también financieramente competitivas, impulsando así su expansión y accesibilidad para la sociedad.

ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico

La implementación de proyectos de energía renovable como los parques eólicos genera empleo de calidad en múltiples fases: construcción, operación, mantenimiento y gestión administrativa. La evaluación económica del proyecto tiene en cuenta también su capacidad para dinamizar la economía local y regional.

ODS 9: Industria, innovación e infraestructura

El estudio promueve el desarrollo de infraestructuras sostenibles y fomenta la innovación tecnológica en el sector energético. Analizar y optimizar la implantación de parques eólicos impulsa el avance hacia una infraestructura moderna, resiliente y baja en carbono.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

El fomento de fuentes de energía limpia y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles es crucial para el desarrollo de comunidades más sostenibles. Este proyecto apoya la transición hacia ciudades y comunidades más resilientes al promover una infraestructura energética menos contaminante y más eficiente.

ODS 13: Acción por el clima

La generación de electricidad a partir del viento contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, mitigando el cambio climático. Evaluar la viabilidad de nuevos parques eólicos implica un compromiso directo con la

disminución del impacto ambiental de la producción energética convencional basada en combustibles fósiles.

ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres

La generación de energía eólica promueve prácticas respetuosas con el medio ambiente, ayudando a conservar los ecosistemas terrestres. Este proyecto también aborda los impactos potenciales de la instalación de parques eólicos y busca promover la sostenibilidad de los ecosistemas cercanos.

Capítulo 12. CONCLUSIONES

12.1 RESUMEN DE RESULTADOS ECONÓMICOS Y MEDIOAMBIENTALES

El análisis integral del Parque Eólico Gecama demuestra de forma concluyente la solidez de su viabilidad tanto económica como ambiental, consolidándolo como un proyecto estratégico dentro de la transición energética española. Desde un punto de vista financiero, los resultados muestran un VAN positivo de +160 M€, una TIR del 10,8 % y un periodo de Payback en torno a 10–12 años, indicadores que se sitúan muy por encima de los umbrales mínimos de rentabilidad exigidos en el sector. Con un horizonte de operación de 25 años y un LCOE competitivo cercano a 40 €/MWh, el parque se posiciona como un activo de referencia capaz de generar flujos de caja estables y sostenibles incluso en escenarios de volatilidad de precios.

En términos de impacto ambiental, los resultados son igualmente significativos. El parque evita anualmente la emisión de más de 350.000 toneladas de CO_2, cifra equivalente a retirar de la circulación aproximadamente 230.000 vehículos, contribuyendo de manera directa a los compromisos nacionales e internacionales en materia de mitigación del cambio climático. A ello se suma la implementación de medidas de protección de la biodiversidad (control de avifauna y quirópteros), planes de integración paisajística, mitigación acústica y protocolos de desmantelamiento sostenible. Estas acciones garantizan que los beneficios ambientales no se vean contrarrestados por impactos locales no gestionados, consolidando el carácter sostenible del proyecto.

En conjunto, los resultados económicos y medioambientales confirman que Gecama no solo es rentable en términos financieros, sino que además constituye un claro ejemplo de cómo un proyecto de gran escala puede alinearse plenamente con los Objetivos de Desarrollo

Sostenible (ODS), particularmente en materia de energía limpia, acción climática y protección de ecosistemas.

12.2 FACTORES DETERMINANTES DE LA VIABILIDAD

El estudio permite identificar una serie de factores clave que determinan la viabilidad del Parque Eólico Gecama y, por extensión, de cualquier proyecto eólico de gran envergadura:

- **Recurso eólico de calidad**: La disponibilidad de vientos con velocidades medias superiores a 7 m/s, combinada con un layout optimizado, asegura un factor de capacidad cercano al 35 %, situando a Gecama en un rango de excelencia dentro de la eólica terrestre.
- **Tecnología avanzada**: El uso de aerogeneradores de última generación y la digitalización mediante sistemas SCADA y mantenimiento predictivo maximizan la eficiencia técnica y reducen los riesgos operativos.
- **Entorno regulatorio e institucional favorable**: El apoyo del PNIEC 2021–2030 y los mecanismos de fomento a las energías renovables constituyen un pilar fundamental para la viabilidad, si bien persisten riesgos asociados a la volatilidad normativa.
- **Estructura financiera equilibrada**: La combinación de ingresos procedentes del mercado eléctrico y de contratos bilaterales (PPAs) proporciona estabilidad, mitigando los riesgos derivados de la variabilidad del precio spot.
- **Aceptación social y territorial**: El establecimiento de acuerdos con comunidades locales y la integración del proyecto en el desarrollo rural de Cuenca refuerzan la sostenibilidad social, un aspecto cada vez más crítico en la expansión de las renovables.
- **Impacto ambiental controlado**: La correcta gestión de impactos sobre biodiversidad, paisaje y ruido ha sido determinante para compatibilizar la explotación energética con la conservación del entorno natural.

En síntesis, la viabilidad de Gecama no se explica únicamente por su fortaleza técnica y económica, sino por la interacción equilibrada de factores tecnológicos, regulatorios, sociales y ambientales que, en conjunto, configuran un caso ejemplar de desarrollo sostenible.

12.3 RECOMENDACIONES PARA LA TOMA DE DECISIONES

El análisis integral del Parque Eólico Gecama demuestra de forma concluyente la solidez de su viabilidad tanto económica como ambiental, consolidándolo como un proyecto estratégico dentro de la transición energética española. Desde un punto de vista financiero, los resultados muestran un VAN positivo de +160 M€, una TIR del 10,8 % y un periodo de Payback en torno a 10–12 años, indicadores que se sitúan muy por encima de los umbrales mínimos de rentabilidad exigidos en el sector. Con un horizonte de operación de 25 años y un LCOE competitivo cercano a 40 €/MWh, el parque se posiciona como un activo de referencia capaz de generar flujos de caja estables y sostenibles incluso en escenarios de volatilidad de precios.

A partir de los resultados obtenidos, pueden derivarse una serie de recomendaciones útiles tanto para la gestión del Parque Eólico Gecama como para futuros proyectos de características similares:

1. **Diversificación de ingresos**: Ampliar la proporción de energía vendida a través de PPAs a largo plazo permitirá reducir la exposición a la volatilidad del mercado mayorista y garantizar mayor estabilidad financiera.
2. **Optimización de costes de O&M**: Mantener una estrategia de innovación constante en mantenimiento predictivo, drones de inspección y digitalización permitirá minimizar el OPEX y aumentar la disponibilidad de los aerogeneradores.
3. **Gestión proactiva de riesgos regulatorios**: Se recomienda una monitorización constante de los marcos normativos nacionales y europeos, así como la participación activa en foros sectoriales, con el fin de anticipar y adaptarse a cambios regulatorios que puedan afectar a la rentabilidad.

4. **Refuerzo de la integración social**: Potenciar acuerdos de colaboración con comunidades locales, mediante programas de empleo, formación y reinversión en infraestructuras, contribuirá a consolidar la aceptación social del proyecto a largo plazo.
5. **Planificación del ciclo de vida completo**: Adoptar una estrategia clara para el desmantelamiento y reciclaje de componentes (palas, torres, cimentaciones) no solo reducirá costes futuros, sino que también reforzará la sostenibilidad y reputación del proyecto.

12.4 LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN Y MEJORA

El análisis desarrollado abre la puerta a nuevas líneas de investigación que podrían enriquecer y complementar los resultados alcanzados:

- **Optimización de la integración en red**: Estudiar mecanismos de almacenamiento energético (baterías o hidrógeno verde) para mejorar la gestionabilidad de la producción y reducir la dependencia de la variabilidad del recurso eólico.
- **Modelos financieros avanzados**: Desarrollar escenarios más sofisticados de modelización de precios de la electricidad que integren factores como el aumento de penetración renovable, el papel del hidrógeno y la evolución del mercado europeo.
- **Análisis comparativo onshore–offshore**: Realizar estudios que contrasten de forma más detallada la rentabilidad y riesgos de proyectos terrestres frente a marinos, considerando las tendencias de reducción de costes en eólica offshore.
- **Evaluación del ciclo de vida (LCA)**: Profundizar en el análisis completo del ciclo de vida de los componentes del parque, incluyendo huella de carbono y huella hídrica, para afianzar la transparencia y sostenibilidad del proyecto.
- **Innovación en reciclaje de palas**: Investigar nuevos métodos de reciclaje y reutilización de materiales compuestos, actualmente uno de los principales retos ambientales de la eólica.

En definitiva, Gecama se presenta como un caso de éxito en la transición energética española, pero también como una oportunidad para seguir avanzando en innovación tecnológica, integración territorial y sostenibilidad ambiental, abriendo el camino hacia una

nueva generación de proyectos eólicos más eficientes, competitivos y socialmente responsables.

Capítulo 13. BIBLIOGRAFÍA

[1] TYPSA. (s. f.). Parque eólico Gecama. TYPSA. Recuperado el 26 de agosto de 2025, de **HTTPS://WWW.TYPSA.COM/PROYECTOS/PARQUE-EOLICO-GECAMA/**

[2] Boletín Oficial del Estado (BOE). (2024, 11 de diciembre). Resolución de 25 de noviembre de 2024, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula la declaración de impacto ambiental del proyecto «Planta híbrida Gecama, con un módulo de generación fotovoltaica de 250,08 MW de potencia instalada y un módulo de almacenamiento por baterías de 100 MW de potencia, así como sus infraestructuras de evacuación, en la provincia de Cuenca» (BOE-A-2024-25850). Boletín Oficial del Estado, núm. 298, 168636-168669. **HTTPS://WWW.BOE.ES/DIARIO_BOE/TXT.PHP?ID=BOE-A-2024-25850**

[3] Stehly, T., Duffy, P., & Mulas Hernando, D. (2024). Cost of wind energy review: 2024 edition. National Renewable Energy Laboratory (NREL). **HTTPS://WWW.ENERGY.GOV/EERE/WIND/WIND-MARKET-REPORTS-2024-EDITION**

[4] Rodríguez, R. N. (2017). Diseño de un parque eólico de 50 MW (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería.

[5] Asociación Empresarial Eólica (AEE). (2020, 3 de marzo). Elecnor construye el mayor proyecto eólico de España por 643 millones. AEE. **HTTPS://AEEOLICA.ORG/ELECNOR-CONSTRUYE-EL-MAYOR-PROYECTO-EOLICO-DE-ESPANA-POR-643-MILLONES/?UTM_SOURCE=MAILPOET&UTM_MEDIUM=EMAIL&UTM_CAMPAIGN=AEE-INFORMA-2_3**

[6] Antala. (2021, 7 de junio). El parque eólico más grande de España. Antala. **HTTPS://WWW.ANTALA.ES/PARQUE-EOLICO-MAS-GRANDE-ESPANA/**

[7] Wind Systems. (2011, 1 de febrero). Maintenance. Wind Systems Magazine. **HTTPS://WWW.WINDSYSTEMSMAG.COM/MAINTENANCE-11/**

[8] Windfair. (2003, 11 de septiembre). Nordex: Wind turbines with reliability-oriented maintenance in the future. Windfair. **HTTPS://W3.WINDFAIR.NET/WIND-ENERGY/NEWS/935-NORDEX-WIND-TURBINES-WITH-RELIABILITY-ORIENTED-MAINTENANCE-IN-THE-FUTURE**

[9] Ideas Medioambientales. (2021, 12 de abril). Estudio de impacto ambiental del mayor parque eólico de España. Ideas Medioambientales. **HTTPS://WWW.IDEASMEDIOAMBIENTALES.COM/BLOG/ESTUDIO-DE-IMPACTO-AMBIENTAL-MAYOR-PARQUE-EOLICO**

[10] Sintef. (2019, 27 de mayo). How wind energy impacts ecosystems: Vegetation studies at Norwegian wind farm sites. Sintef Blog. **HTTPS://BLOG.SINTEF.COM/ENERGY/HOW-WIND-ENERGY-IMPACTS-ECOSYSTEMS-VEGETATION-STUDIES-AT-NORWEGIAN-WIND-FARM-SITES/**

[11] Urziceanu, M., Rozylowicz, L., Stefanescu, D. M., & Anastasiu, P. (2024). Monitoring plant diversity in wind farm areas: An approach to early detection of alien plant species. Conservation Science and Practice, 6(4), e13109. **HTTPS://DOI.ORG/10.1111/CSP2.13109**

[12] Fraga, M. I., Romero-Pedreira, D., Souto, M., Castro, D., & Sahuquillo, E. (2008). Assessing the impact of wind farms on the plant diversity of blanket bogs in the Xistral Mountains (NW Spain). Mires and Peat, 4(06), 1–15. International Mire Conservation Group and International Peat Society. **HTTP://WWW.MIRES-AND-PEAT.NET/PAGES/VOLUMES/MAP04/MAP0406.PHP**

[13] EALDE Business School. (2021, 8 de junio). Costes de proyectos de energía eólica. EALDE Business School. **HTTPS://WWW.EALDE.ES/COSTES-DE-PROYECTOS-DE-ENERGIA-EOLICA/**

[14] Pacto Mundial Red Española. (s. f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Pacto Mundial. **HTTPS://WWW.PACTOMUNDIAL.ORG/QUE-PUEDES-HACER-TU/ODS/**

[15] International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). Renewable power generation costs in 2019. International Renewable Energy Agency. **HTTPS://WWW.IRENA.ORG/PUBLICATIONS/2020/JUN/RENEWABLE-POWER-COSTS-IN-2019**

[16] Asociación Empresarial Eólica (AEE). (2023, 27 de junio). El sector eólico en España: datos y perspectivas 2023. AEE. **HTTPS://AEEOLICA.ORG/?ACTION=VIEW&DATA=WZUXOSWIMJC2NDFIZJI1NDC3II WWLDASNDGYLDFD&ENDPOINT=VIEW_IN_BROWSER&MAILPOET_ROUTER=**

[17] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2021). Proyecto de inversión eólico adjudicatario de la subasta: EOL_PE31 Elawan Energy, S.L. 105 MW. Gobierno de España. **HTTPS://WWW.MITECO.GOB.ES/CONTENT/DAM/MITECO/ES/ENERGIA/FILES-1/RENOVABLES/REGIMEN-ECONOMICO/26ENERO/PROYECTOS%20DE%20INVERSI%C3%B3N%20E%C3%B3LICOS%20ADJUDICATARIOS%20DE%20LA%20SUBASTA/EOL_PE31%20ELAWAN%20ENERGY%2C%20S.L%20105%20MW.PDF**

[18] Asociación Empresarial Eólica (AEE). (2022). Opciones de fin de vida de las palas de los aerogeneradores. Asociación Empresarial Eólica. **HTTPS://AEEOLICA.ORG**

[19] OpenAI. (2025). ChatGPT (versión GPT-5) [Modelo de lenguaje grande]. OpenAI. **HTTPS://CHAT.OPENAI.COM/**

[20] Quipu. (2021, 15 de junio). WACC: qué es y cómo se calcula. Quipu Blog. **HTTPS://GETQUIPU.COM/BLOG/WACC/**

[21] Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). (2018). Propuesta de metodología de cálculo de la tasa de retribución financiera de la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos para el periodo regulatorio 2020-2025 (INF/DE/113/18). CNMC. **HTTPS://WWW.CNMC.ES/SITES/DEFAULT/FILES/EDITOR_CONTENIDOS/ENERGIA/CONSULTA%20PUBLICA/PROPUESTA_METODOLOG%C3%ADA_TASA_RETRIBUCI%C3%B3N_FINANCIERA_RES%20INF_DE_113_18.PDF**

[22] Damodaran, A. (2014). Applied corporate finance: A user's manual (4th ed.). Stern School of Business, New York University. **HTTPS://PAGES.STERN.NYU.EDU/~ADAMODAR/PDFILES/ACF4E/ACF4EBOOK.PDF**

[23] Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMIE). (s. f.). Mercado Ibérico de Electricidad. OMIE. **HTTPS://WWW.OMIE.ES/**

[24] McKinsey & Company. (2008, 1 de marzo). Enduring ideas: The 7-S framework. McKinsey & Company. **HTTPS://WWW.MCKINSEY.COM/CAPABILITIES/STRATEGY-AND-CORPORATE-FINANCE/OUR-INSIGHTS/ENDURING-IDEAS-THE-7-S-FRAMEWORK**

[25] Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa (DGIPYME). (s. f.). Herramienta DAFO online. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. **HTTPS://DAFO.IPYME.ORG/HOME**

[26] ESERP Business School. (2021, 15 de septiembre). ¿Qué es el análisis PESTEL y cómo aplicarlo en tu empresa? ESERP. **HTTPS://ES.ESERP.COM/ARTICULOS/QUE-ES-ANALISIS-PESTEL/**

[27] Emprende a Conciencia. (s. f.). Canvas estratégico: Qué es y cómo aplicarlo. Emprende a Conciencia. **HTTPS://WWW.EMPRENDEACONCIENCIA.COM/HERRAMIENTAS/CANVAS-ESTRATEGICO/**

[28] IEBS Business School. (2022, 10 de junio). Qué es un análisis CAME y cómo se hace. IEBSchool. **HTTPS://WWW.IEBSCHOOL.COM/HUB/QUE-ES-UN-ANALISIS-CAME-Y-COMO-SE-HACE-MARKETING-DIGITAL/**

[29] Corporate Finance Institute (CFI). (2023, 9 de junio). Levelized cost of energy (LCOE). Corporate Finance Institute. **HTTPS://CORPORATEFINANCEINSTITUTE.COM/RESOURCES/VALUATION/LEVELIZED-COST-OF-ENERGY-LCOE/**