



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**Trabajo de Fin de Máster:  
Diseño de un modelo económico  
para la optimización del uso  
almacenamiento de energía**

**Autor: Isabel Quiralte Arveras**

**Director: Julio Rafael Portillo García**

**Firma del Autor:**

**VºBº:**

## Índice

1. Introducción .....	3
2. Estado de la cuestión .....	4
3. Objetivos del proyecto .....	5
4. Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) .....	6
5. Metodología de trabajo .....	7
6. Recursos a emplear .....	8

## 1. Introducción

Con el objetivo de desarrollar más en profundidad y poner en práctica los conocimientos adquiridos en grado y máster a lo largo de los últimos 6 años, y seguir explorando el mundo de las energías renovables para trabajar en proyectos más abstractos, creativos y aplicados a la ingeniería, el siguiente Trabajo de Fin de Máster se centrará en el diseño de un modelo económico de gestión de almacenamiento de energía, que actuará tanto como reserva como sistema de control de frecuencia.

Este almacenamiento se ubicará en un parque eólico que genera energía renovable. El sistema permitirá almacenar la energía generada en momentos de alta producción, como durante vientos fuertes o cuando los precios de la energía son bajos debido a la baja demanda o la sobrecarga de la red. En estos momentos, la energía generada no puede ser vertida directamente a la red, pero puede ser almacenada eficientemente para su posterior uso. Posteriormente, esta energía almacenada se podrá inyectar a la red durante las horas de mayor demanda, como los picos de consumo en la tarde, o puede servir como reserva de frecuencia.

La combinación de estas dos funciones, almacenamiento en momentos de baja demanda y vertido en momentos de alta demanda o precios elevados, no solo optimiza el aprovechamiento de la energía generada, sino que también mejora la rentabilidad de la inversión.

Además, se incluirá un modelo económico que permitirá estudiar la rentabilidad de la inversión a lo largo de la vida útil de la instalación, estimada en 20 años. Este análisis económico considerará tanto los costos iniciales como los ingresos provenientes de la venta de energía en los momentos más rentables, lo que permitirá determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto en el largo plazo.

Con la creación de este modelo, se pretende analizar las tendencias de los precios en el mercado de la energía, con el fin de desarrollar un sistema que sea capaz de determinar cuándo resulta más conveniente utilizar las baterías, maximizando así el beneficio al obtener el mejor precio por la energía en cada momento.

## 2. Estado de la cuestión

Como se mencionó en la introducción, el trabajo explorará la creación de un modelo económico para la gestión de baterías que almacenan energía proveniente de un parque eólico.

Las fuentes renovables son el futuro de la energía, pero presentan una gran desventaja para la red que resulta difícil de resolver: su intermitencia en la producción. Las energías renovables, y en particular la eólica que se empleará en este caso, dependen de las condiciones climáticas. Además, a esto se suma la necesidad de estabilidad en la red, lo que puede generar periodos de sobrecarga, durante los cuales se requiera parar la producción de energías renovables, desaprovechando así parte de la energía que esta tecnología podría generar.

Por otro lado, y debido a la estabilidad que requiere la red, es necesario contar con un sistema de control de frecuencia. Este mecanismo permite mantener un equilibrio entre la demanda y la producción en la red, actuando sobre ella para evitar que la frecuencia disminuya en caso de sobrecarga o se dispare en caso contrario, manteniéndola siempre dentro de rangos aceptables de estabilidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se podría instalar un sistema de baterías en un parque eólico para almacenar la energía desaprovechada cuando sea necesario detener la producción. Además, dicha energía almacenada podría servir para la reserva de frecuencia, a disposición de la red en caso de necesidad.

Para cada uso de la batería, existe una regulación y un precio asociado al almacenamiento de energía. Por ello, se tendrán en cuenta todos estos factores al desarrollar el modelo económico que permitirá gestionar dichas baterías y evaluar la viabilidad económica de esta tecnología.

### 3. Objetivos del proyecto

Con este proyecto se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

En primer lugar, se busca profundizar en los conocimientos adquiridos durante la carrera y el máster en temas como la gestión de la red eléctrica y la producción de energía. El objetivo es comprender a alto nivel cómo interactúan los diferentes sistemas dentro de la red eléctrica, desde la generación hasta el consumo, y cómo se gestiona la energía para asegurar un suministro estable y eficiente. Estos conocimientos servirán para completar y enriquecer lo aprendido durante mis estudios, ayudarme a afrontar los retos y las oportunidades que surgirán en mi futuro laboral, especialmente los relacionados con las renovables.

En segundo lugar, el proyecto tiene como objetivo entender de manera detallada el funcionamiento de las baterías, su papel crucial en la estabilización de la red eléctrica y cómo pueden ser utilizadas para mejorar la eficiencia del sistema energético. Se pretende explorar cómo las baterías actúan como sistema de control de frecuencia, almacenando energía durante los periodos de baja demanda o de sobreproducción y liberándola durante los picos de demanda. Además, se buscará analizar la importancia de estas baterías como reservas estratégicas para garantizar la estabilidad de la red frente a fluctuaciones de la red. También es fundamental comprender el marco legislativo que regula este tipo de almacenamiento, así como las dinámicas de precios del mercado de electricidad relacionadas con el uso de baterías y su integración en la red.

En tercer lugar, el proyecto tiene como propósito desarrollar las capacidades necesarias para crear un modelo económico que permita evaluar la viabilidad económica de la gestión de baterías en un parque eólico. Este modelo económico será esencial para analizar los costes asociados con la instalación, operación y mantenimiento de las baterías, así como los posibles ingresos generados a partir de su uso para la estabilización de la red mediante el control de la frecuencia y el aprovechamiento de energía. Uno de los principales objetivos es responder a la pregunta clave: ¿es rentable incorporar baterías en un parque eólico, y en qué condiciones sería una opción viable?

#### 4. Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

El TFM está alineado principalmente con dos de los objetivos de desarrollo sostenible:

Objetivo 7 (energía asequible y no contaminante): el trabajo se centra precisamente en como poder utilizar al máximo energía proveniente de fuentes verdes para no desperdiciar nada y hacerlo de la manera menos contaminante posible.

Objetivo 9 (industria, innovación e infraestructura): este trabajo respalda la innovación en el sistema eléctrico, investigando sobre la viabilidad de las baterías.

## 5. Metodología de trabajo

Tareas	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Investigación sobre el uso de almacenamiento en parque eólicos						
Investigación sobre la regulación de frecuencia						
Investigación sobre la elaboración de un modelo económico						
Investigación sobre las variables a emplear en el modelo económico						
Elaboración de modelo económico						
Análisis de los resultados obtenidos						

## 6. Recursos a emplear

Para llevar a cabo este trabajo se emplearán las siguientes herramientas:

- Apuntes de asignaturas cursadas previamente.
- Material proporcionado por el tutor.
- Material obtenido mediante la búsqueda propia en manuales e informes encontrados durante la investigación realizada a lo largo del trabajo, incluyendo información de Red Eléctrica sobre precios de reserva de energía y almacenamiento.
- **Excel** para la elaboración del modelo
- Otros **softwares** relevantes.