



# Resumen Ejecutivo

Proyecto IA4BAT

Mayo de 2023

Resumen.....	3
Introducción.....	3
Objetivos del proyecto .....	4
Modelo de solución .....	6
Emisiones totales evitadas.....	7
Anexos.....	8
I.    Asunciones y estimaciones .....	8
II.   Fuentes de Información .....	8
Resultados y conclusiones.....	9

## Resumen

La Sostenibilidad es, más que nunca, el eje fundamental sobre el que pivota la transformación social y económica hoy en día, y con ello la evolución de distintas industrias, muy especialmente la energética. En este sentido, la digitalización se erige como una oportunidad decisiva en la transición energética, jugando la tecnología un rol decisivo en la transformación de los sistemas energéticos, a nivel global. Derivado de lo anterior, la sostenibilidad ha de constituirse como eje nuclear en los procesos de digitalización de toda organización. Así, en Capital Energy, como empresa centrada en el desarrollo y despliegue de energías renovables, creemos firmemente en ello como valor central de negocio. En este sentido, y de cara a asegurar un despliegue y operación de infraestructuras de generación 100% renovables, las tecnologías de almacenamiento energético juegan un papel de máxima relevancia, ya que el excedente energético debe poder ser utilizado, ya sea por medio de su reaprovechamiento en el sistema, o bien a través de su transformación para revertir en el caudal energético. Pese a ello, éste es un perímetro de plena ebullición en el ámbito de la investigación. Las baterías son, hoy en día, un activo relativamente frágil dada su corta vida útil en comparación con la del activo renovable al que complementa.

En estrecha colaboración **con empresas españolas** como Ikerland , BeePlanet , CIC Consulting Informático y Red Eléctrica (RED.ES), y en alianza estratégica con Google España, en Capital Energy hemos constituido IA4BAT, un proyecto de innovación que, trabajando con baterías de segundo uso, conjuga de forma activa tecnologías de sensorización (Industrial Internet of things – IIOT), procesamiento Big Data, analítica avanzada basada en técnicas predictivas de Inteligencia Artificial, y Aprendizaje Automático y Modelos de Operación Industrial Remota y Virtualizada. Todo lo anterior ha permitido constituir un activo escalable y replicable que será pieza imprescindible en el ecosistema de valor del sistema energético renovable español; así mismo, permitirá descubrir la vida media de las baterías y poder operar tácticamente sobre ellas, ampliando la elongación de su ciclo de vida, así como su capacidad de reutilización. Como describiremos a lo largo de este texto, esta iniciativa tiene un claro impacto en el ámbito de la sostenibilidad, pero también supone un importante avance en innovación y transformación digital.

## Introducción

Capital Energy tiene como propósito de compañía contribuir de manera decisiva a la Transición Ecológica y Digital de la economía, conciliando el objetivo de descarbonización a partir de energías renovables con el compromiso con el desarrollo de los territorios donde se ubican nuestras instalaciones y una apuesta decidida por la innovación y el talento.

Así, nos constituimos como una compañía 100% renovable, sostenible y verticalmente integrada, que abarca toda la cadena de valor de generación renovable: desde la promoción, donde lidera con una posición y madurez consolidada, hasta la construcción, operación, almacenamiento y comercialización y que apalancándose en su posición y capacidades, invierte y opera en negocios adyacentes, siempre con las energías renovables como hilo conductor, pero maximizando los ecosistemas y negocios que se erigen en la era digital.

En este sentido, contamos con una Estrategia de Sostenibilidad a nivel compañía cuyos pilares fundamentales son la ética y el buen gobierno, el desarrollo económico y sociodemográfico de los territorios en los que operamos., el desarrollo y el cuidado del talento, y el cambio climático y excelencia ambiental. La innovación y la digitalización son dos de los habilitadores fundamentales de misma, de la mano de las finanzas sostenibles y la cultura ESG.

Así, en el dominio de la innovación y la digitalización, Capital Energy ya ha puesto en marcha proyectos como IA4BAT, un piloto consistente en un sistema de gestión de energía basado en inteligencia artificial, integrado en un sistema de almacenamiento con baterías de segunda vida, conectado a la red del sistema energético. Las baterías permiten almacenar el excedente de producción de energía renovable en momentos en que la demanda es baja, posibilitando el uso de dicha energía almacenada en momentos en que la demanda es alta. Esto significa que se puede integrar más energía renovable en la red, lo que conduce a una mayor descarbonización y a una reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además de que al hacerlo con baterías de segunda vida se alarga la vida útil de las baterías, reduciendo las emisiones asociadas a los procesos de reciclaje y producción de nuevas baterías para almacenamiento estacionario

Solo mediante activos digitales y tecnologías de esta naturaleza será posible constituir un sistema energético renovable en España, posibilitando la generación y suministro de energías renovables en momentos de alta demanda energética, así como su almacenamiento en situaciones de baja necesidad. Así, el activo digital IA4BAT es piloto que se constituye como fundamental e imperativo para la materialización de un sistema energético español renovable e interoperable.

## Objetivos del proyecto

Esta iniciativa nace con el objetivo de servir como proyecto de demostración y validación del almacenamiento energético, en entornos representativos y condiciones reales de funcionamiento, como son las plantas de generación renovable gestionadas por Capital Energy.

El almacenamiento eléctrico, entendido como vector energético, posibilitará la gestionabilidad y operación de la generación renovable y las dotará de mejoras técnicas y nuevas prestaciones que no están asentadas a día hoy. Para el desarrollo del módulo de baterías Capital Energy ha trabajado en una plataforma de IA que emplea técnicas de machine learning, y que ha sido integrado y validada en la **plataforma Cloud que actualmente se disponibiliza sobre Google Cloud España, en la región de Madrid**. La plataforma ha sido integrada, validada y desplegada en un entorno de laboratorio, para su despliegue en parque de Las Tadeas a lo largo del 2023.

A nivel nacional, la integración de la plataforma IA4BAT representa una oportunidad única para maximizar las emisiones evitadas a la atmósfera, descarbonizando así la red de distribución eléctrica. En concreto, si consideramos la necesidad de almacenamiento necesaria a 2030 contemplada en la Estrategia Española de Almacenamiento Energético para lograr los objetivos establecidos en el PNIEC 2021-2030, se estima un potencial de **35 millones de toneladas de CO<sub>2e</sub>**.

El ahorro de emisiones procede de la penetración de renovables en el sistema eléctrico, gracias a la integración de los sistemas de almacenamiento con plantas de energías renovables y optimizada con IA4BAT. Por un lado, cuando la carga de baterías debe realizarse con electricidad procedente de la red, ésta se realiza en horas de alta penetración de renovables; y la descarga en los momentos del día en los que las centrales térmicas de ciclo combinado se encuentren a pleno funcionamiento, es decir, en periodos de alta demanda eléctrica y baja generación renovable, descarbonizando el sistema eléctrico y, a su vez, contribuyendo a su estabilidad y flexibilidad.

En el marco de implementación del plan de negocio de Capital Energy a 10 años, la implementación de IA4BAT en los sistemas de almacenamiento proporcionará un total de emisiones evitadas potenciales futuros de **128.310 toneladas de CO<sub>2e</sub>**. Dicha estimación ha considerado tanto las emisiones evitadas asociadas a la penetración de renovables como al uso de baterías de segunda vida procedentes de vehículos eléctricos. Este impacto positivo está asociado principalmente a los procesos de fabricación y transporte de baterías de primera vida, que en este caso no son producidas. Este impacto irá aumentando progresivamente con cada una de las plantas de generación renovable del portfolio de Capital Energy en la que se integre este sistema.

Para los cálculos se ha considerado como entorno de validación del proyecto piloto a escala *utility* el parque Las Tadeas, un parque eólico que actualmente explota Capital Energy dentro de su portfolio de activos de generación; así como su replicación a gran escala en 5 plantas de generación de energía renovable de la compañía. Por un lado, se ha realizado una estimación de las emisiones evitadas futuras procedentes del proyecto LIFE ReLiGHT (del cual Capital Energy es Coordinador de un consorcio de empresas participantes), actualmente en fase de desarrollo e implementación, consistente en un sistema de almacenamiento con una capacidad de 11,2MWh integrado en una planta hibridada de generación de energía renovable. Por otro lado, se han replicado los cálculos para otras 5 plantas con un sistema de almacenamiento con capacidad de 20MWh a implementar en los próximos 10 años.

Más concretamente para el proyecto piloto implementado, se ha estimado que el sistema de almacenamiento evitará la emisión a la atmósfera **de un total de 619 toneladas de CO<sub>2e</sub> durante los 10 años de vida del proyecto**, de las cuales 43,58 son las asociadas al uso de baterías de segunda vida.

Por tanto, considerando tanto las emisiones derivadas del proyecto como las emisiones potenciales futuras derivadas de la implementación del plan de negocio de Capital Energy, se prevé que un **total de 128.928 toneladas de CO<sub>2</sub>e serán evitadas a la atmósfera en los próximos 10 años.**

**(información detallada acerca de la metodología de cálculos, factores de emisión, estimaciones, asunciones y demás datos de detalle están incluidos en el documento de la memoria apartado “Cálculo de emisiones evitadas”)**

Además del impacto positivo en relación con la lucha contra el climático, el proyecto presenta **otros impactos positivos el ámbito ambiental**, relacionado principalmente con la **reducción de la necesidad de nuevas baterías y la extracción y procesado de los materiales** necesarios para su tratamiento. Esta extracción de materiales se lleva a cabo a menudo en países en vías de desarrollo, en los que los marcos legales de protección ambiental no aseguran unos niveles de protección adecuados y puede tener llevar aparejada una degradación ambiental, destrucción de hábitats naturales y contaminación del agua. Asimismo, los procesos de extracción de componentes y fabricación de baterías requieren gran cantidad energía y agua, con el consiguiente impacto emisiones y disponibilidad de recursos naturales (impacto en compatibilidad de usos con las necesidades de la población).

Al reutilizar y reciclar las baterías, se reduce la cantidad de residuos peligrosos que se generan (y que a menudo se desechan de forma inadecuada), lo que puede proteger no solo el medio ambiente, sino también la salud pública, al reducir la potencial exposición a sustancias tóxicas.

Además de **reducir afecciones a la salud humana**, este proyecto cuenta con otros impactos en el ámbito social, como es la **generación de empleo, tanto de forma directa** para la construcción, implantación y operación de estos sistemas, como de forma indirecta para la clasificación, pruebas y reparación de baterías usadas, que puedan asegurar su integración en el sistema.

La reducción de la necesidad de batería nuevas impactará positivamente en el ámbito de los derechos humanos, ya que la extracción de los materiales necesarios (cobalto, litio, etc.) se lleva a cabo a menudo en países en vías de desarrollo, donde los derechos de los trabajadores y las comunidades locales no están garantizados. Conscientes de la relevancia de este aspecto, el sistema de compras de Capital Energy incluye una homologación específica de proveedores en el ámbito ESG, al que estarán sujetos todos los futuros colaboradores en el escalado de este proyecto, para asegurar los máximos estándares a lo largo de toda la cadena de suministro.

Este tipo de sistemas de almacenamiento tendrán asimismo un impacto relevante en la equidad energética, ya que la utilización de batería de segunda vida contribuirá a reducir el coste de almacenamiento, aumentando la accesibilidad a la energía renovable y reduciendo el coste de energía para los hogares y empresas. Esto ayudará a reducir brecha de acceso a la energía en las comunidades y/o individuos con menores recursos, además de contar con una fuente de respaldo durante apagones y emergencias, aumentando la resiliencia y seguridad energética para los particulares.

El despliegue de sistemas de almacenamiento a gran escala será fundamental en el proceso de transición energética, ya que serán la clave para que España y Europa sean independientes energéticamente y puedan basar su economía en sus propias fuentes renovables y sostenibles (El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) prevé 6 GW de almacenamiento entre bombeo y baterías para 2030). Las baterías pueden proporcionar una solución de almacenamiento intermedio que permita una mejor integración de las energías renovables en la red eléctrica, reduciendo la necesidad de construir nuevas centrales eléctricas y redes de transmisión, lo que puede reducir la inversión necesaria en infraestructura energética y, en última instancia, reducir los riesgos relacionados con la dependencia de la importación de energía y los combustibles fósiles. Sería también reseñable que las baterías mejorarían operación del sistema eléctrico por ser activos gestionables con tiempos de actuación inferior al segundo.

El uso de baterías de segunda vida en proyectos de almacenamiento energético puede ayudar a promover la colaboración y la participación de múltiples partes interesadas en la industria de almacenamiento de energía, incluyendo a los productores de baterías, los fabricantes de equipos de almacenamiento de energía, los proveedores de servicios públicos y las organizaciones no gubernamentales. Esto puede fomentar un enfoque más holístico y colaborativo en la gestión de los impactos ambientales, sociales y económicos de la industria de almacenamiento de energía.

## Modelo de solución

El modelo de solución planteado supone un reto importante desde un punto de vista tecnológico y arquitectónico. Tecnológicamente, la solución propuesta utiliza una serie de elementos diversos que operan en diferentes perímetros y niveles de abstracción. Aparecen desde soluciones para el sondeo y captura continua de información en tiempo real, hasta complejos modelos de procesamiento de Big Data e inteligencia artificial pasando por procesos de agregación y transferencia masiva de datos a través de diferentes protocolos y tecnologías de IOT.

Este panorama es aún más complejo dada la conjugación de dos perímetros que deben operar de manera complementaria mediante el uso de diversos protocolos. Sobre la vertiente IT la comunicación se articula casi enteramente sobre el uso de HTTP como modelo estándar de transferencia de datos. Sin embargo, en el perímetro OT, se utilizan una pléyade de protocolos de ámbito industrial muy específicos que complica la interoperabilidad entre subsistemas. En el diagrama de la figura adjunta, se presenta una visión general de la solución que refleja claramente toda esta complejidad.

Desde una perspectiva arquitectónica, la aproximación planteada se articula como un modelo de capas en torno a 6 niveles de desarrollo y despliegue (véase figura1). Debe entenderse en esta representación que cada capa opera sobre la base de los niveles anteriores y usa puertos de datos y operación para crear un proceso de transferencia de datos unidireccional de corte circular. Los datos viajan desde las capas inferiores de la arquitectura hasta las capas altas atravesando todas las intermedias mientras que los comandos generados en la capa alta viajan hacia abajo para operar sobre el nivel físico de baterías.

Para comprender como opera la arquitectura planteada como una solución circular, de flujos ascendentes y descendentes, resulta conveniente describir la responsabilidad de cada capa en ambos sentidos. Ascendentemente como unidad de procesamiento de datos y descendentemente como unidad de control y operación.

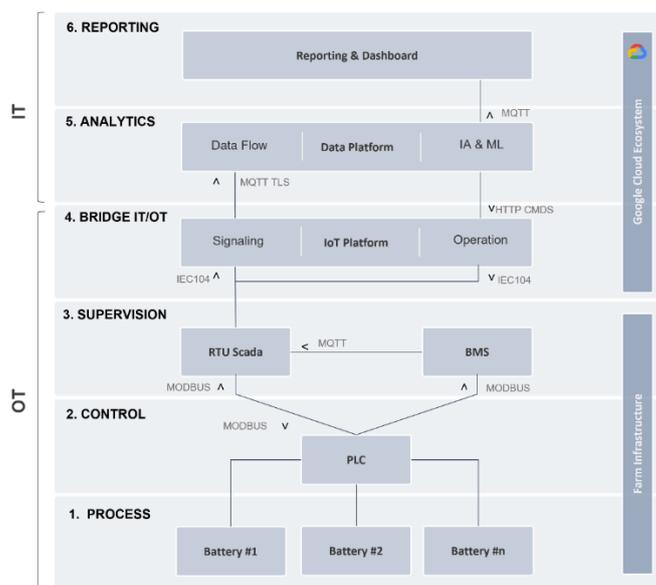


Figura 1: Diagrama de arquitectura de alto nivel

- 1. Capa Física.** La capa física conforma el nivel inferior de la arquitectura y está constituido por un conjunto de baterías de diversos fabricantes organizados en maya. En el flujo ascendente las baterías emiten diversas señales en tiempo real como la temperatura, el nivel de carga o número de ciclos de operación. Desde el lado descendente cada batería dispone de un modelo de inversores para operar en los procesos de carga y descarga.
- 2. Capa de Control.** En la capa de control el sistema PLC opera como interlocutor sobre la maya de baterías de diferente tipo y fabricante. Ascendentemente recoge y normaliza las señales de cada batería, mientras que descendentemente remite comandos de operación de carga o descarga a las mismas.

3. **Capa de supervisión.** Los elementos de esta capa concentran y estandarizan toda la información de señalización ascendente procedente de las baterías. Esta responsabilidad se concentra en los SCADA. Desde una perspectiva descendente este sistema propaga la secuencia de comandos en interlocución con el PLC.
4. **Capa de Puente IT/OT.** La plataforma IoT opera como un puente de desconexión entre las capas inferiores y superiores ya que esto es una prerrogativa de seguridad. A través de un modelo de buffer los flujos ascendentes escriben datos en el buffer que son recogidos mediante procesos de lecturas por la capa superior. Un esquema de desconexión simétrica puede encontrarse en sentido contrario.
5. **Capa de Analítica e IA.** A la plataforma llegan de manera continua datos de sensorización que se ingestan en un modelo de lago de datos. Sobre este modelo se aplican procesos de de Big Data para generar nueva data derivada que es utilizada como soporte a la decisión para determinar medidas correctivas de carga o descarga sobre el espacio de baterías materializadas en forma de comandos. Como hemos explicado este paso arranca los flujos de operación descendente.

## Emisiones totales evitadas

A continuación, se incluye un resumen de los resultados de los cálculos realizados para la estimación de las emisiones evitadas tanto para el proyecto IA4BAT como para su escalado y replicación en otros proyectos de Capital Energy.

### Emisiones Evitadas – Proyecto IA4BAT (ton CO<sub>2e</sub>)

Integración de renovables en el sistema eléctrico	575,25
Uso de Baterías de segunda vida	43,58
<b>TOTAL</b>	<b>618,30</b>

### Emisiones Evitadas Potenciales Futuras (ton CO<sub>2e</sub>)

	Proyecto LIFE ReLiGHT	Escalado 5 Plantas
Integración de renovables en el sistema eléctrico	12.152,75	108.506,67
Uso de Baterías de segunda vida	770,51	6.879,57
<b>TOTAL</b>		<b>128.309,50</b>

### Total Emisiones Evitadas (ton CO<sub>2e</sub>)

**128.928,33**

## Anexos

### I. Asunciones y estimaciones

#### Proyecto IA4BAT

- El total de la energía de carga para el proyecto piloto procede de la red de distribución eléctrica.

#### Emisiones Evitadas Potenciales Futuras

- Para el cálculo de emisiones evitadas potenciales futuras se ha considerado el Proyecto LIFE ReLIGHT como proyecto a media escala, que es un proyecto que ya está en desarrollo y a gran escala para otros cinco sistemas de almacenamiento en base al plan de negocio de Capital Energy para los próximos 10 años.
- Al ser sistemas de almacenamiento conectados a plantas de generación de energía renovable, se ha considerado que el 60% de la energía utilizada para la carga de las baterías procede de vertidos y libre de emisiones.
- El factor de emisión anual del sistema eléctrico peninsular se ha calculado considerando el factor de emisión del Escenario Objetivo a 2030 incluido en el PNIEC 2021-2030 y siguiendo una progresión lineal desde 2022 a 2030. Para el año 2022 se ha considerado el valor real, calculado en base a los datos disponibles en REE.
- El factor de emisión para los años 2031 y 2032 se ha considerado el mismo que para 2030, siendo así más conservadores en el cálculo de emisiones.
- El factor de emisión medio de la tecnología de ciclo combinado de gas natural se ha extraído del PNIEC 2021-2030 (Escenario Objetivo) para todos los años, a excepción del 2022 que se ha utilizado el factor real calculado de los datos disponibles en REE.
- Se ha considerado que el factor de emisión utilizado para el cálculo de emisiones indirectas asociadas a la carga de las baterías es el 50% del factor de emisión medio del sistema eléctrico peninsular; al ser la carga realizada en horas de máxima penetración de renovables.
- Para el cálculo de emisiones evitadas derivadas del uso de baterías de segunda vida no se ha considerado el transporte por carretera al representar éstas una mínima parte de las emisiones totales.

### II. Fuentes de Información

Conversion factors 2022: condensed set (for advanced users), [DEFRA](#), June 2022.

*Life Cycle Assessment of Lithium-ion Battery Pack: Implications of Second-life and Changes in Charging Electricity*, Koroma M. et. al, Vrije Universiteit Brussel, 2021.

[Online Freight Shipping & Transit Time Calculator at Searates.com](#)

## Resultados y conclusiones

Como resultado de este proyecto, hemos conseguido elaborar un sistema capaz de operar en el mercado eléctrico de manera óptima, considerando, variables como los precios, horarios de venta, capacidad de almacenamiento energético en el activo renovable, conveniencia de la operación considerando el impacto en la degradación y la vida útil de las baterías, etc. Hay que señalar que, en alineamiento con los objetivos planteados, este proyecto está completamente alineado con la estrategia de Capital Energy centrada en la generación de energías limpias y renovables. Nos honra decir que toda esta innovación será aplicable de forma sistemática en los procesos de construcción de nuevos parques de generación renovable. Todo esto será posible gracias a crecimiento que experimentará nuestra compañía a través de inversiones en nuevos parques de generación renovable.

Desde el plano de negocio, el sistema disponibilizado permitirá a Capital Energy optimizar sus recursos de generación y almacenamiento para operar de forma óptima en el mercado eléctrico a la vez que reaprovecha activos de segundo uso con la repercusión ambiental que ello conlleva. La complejidad del mercado, la intermitencia propia de la generación renovable y las variables asociadas al almacenamiento energético, hacen de esta solución un activo de diferenciación estratégica muy significativo. Este es un claro escenario en el que la conjugación tecnológica de la sensorización en tiempo real, el procesamiento Big Data y las técnicas de aprendizaje automático e inteligencia artificial vuelven a demostrar su doble valor como vector de empuje a la transformación digital y elemento de soporte al desarrollo y sostenible de nuestro país.

Desde el punto de vista ambiental, este proyecto representa una gran oportunidad para contribuir de manera sustancial a la descarbonización del sistema eléctrico español, ya que proporciona las herramientas necesarias para maximizar la penetración de energías renovables, en línea con los objetivos establecidos en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Además, el proyecto propuesto se caracteriza por ser una solución innovadora que va en línea con los objetivos europeos relativos a la circularidad en la cadena de valor de productos, aportando beneficios no solo ambientales sino también económicos.