ESTUDIO BÁSICO ELECTROMAGNÉTICO "POLIGON CAPDEPERA BESS"

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE BATERÍAS (BESS) STAND-ALONE, INFRAESTRUCTURA MEDIA TENSIÓN Y LINEA DE EVACUACION HASTA LA LINEA MT MARCH EXPLOTADA DESDE SE CAPDEPERA 15 kV

PROMOTOR: Energia Neta Sa Coma S.L. (B-10.595.155)

EMPLAZAMIENTO: Polígono 14 – Parcela 116 del T.M. Capdepera, Illes Balears.

técnicos consultores

TÉCNICOS REDACTORES:

Jaime Sureda Bonnin (Col. 700 – C.O.E.T.I.B.)	Gonzalo García Uriarte (Col. 879 – C.O.E.I.B.)	Angel Lacleta Barrera (Col. 26827 – C.E.B.)

0. RELACIÓN DE CONCEPTOS Y ABREVIATURAS 2

1. GENERALIDADES 3

1.1. ANTECEDENTES 3
1.2. OBJETO 3
1.3. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LA INSTALACIÓN 3
1.4. TITULARIDAD 4
1.5. TÉCNICOS RESPONSABLES 4

2. NORMATIVA APLICABLE 5

3. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN 6

3.1. IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO 8

4. ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS 9

4.1. INTRODUCCIÓN 9
4.2. CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO 10
4.3. CÁLCULO DEL CAMPO MAGNÉTICO GENERADO POR UN CABLE DE MEDIA TENSIÓN 11

5. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS 12

5.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN 12
5.2. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PARA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO NORMATIVO 12
5.3. CUMPLIMIENTO NORMATIVO 13
5.4. CONDICIONES DE DISEÑO 13

6. CONCLUSIONES 14

RELACIÓN DE IMÁGENES

Imagen 1. Parcela catastral 6
Imagen 2. Detalle del catastro para la parcela destinadas a almacenamiento. 7
Imagen 3. Implantación general 8
Imagen 4. Evacuación propuesta 8
Imagen 5. Campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo 9
Imagen 6. Corriente electromagnética sobre plano 10
Imagen 7. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (25Hz-800Hz) 11
Imagen 8. Terna de cableado MT 11
Imagen 9. Desfase de intensidades 12

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Dirección, referencia catastral y superficie del emplazamiento del sistema de almacenamiento 6

0. RELACIÓN DE CONCEPTOS Y ABREVIATURAS

AC: Alternating Current. Corriente alterna.

BMS: Battery management system. Sistema de gestión y protección a bajo nivel de las series de celdas de baterías.

BESS: Battery electricity storage system. Sistema de almacenamiento de electricidad por medio de baterías.

Ratio C: Tasa de carga o descarga, dada como la relación entre la corriente de carga o descarga (en A) y la capacidad útil de la batería (en Ah). Tiene unidades de inversa de tiempo (h-1).

DC: Direct Current. Corriente continua.

DoD: Depth of Discharge. Profundidad de descarga, que define los límites de operación de ciclado por la diferencia entre el SOC máximo y el mínimo.

EMS: Energy management system. Sistema de gestión de energía, que incluye monitorización, control, análisis y comunicaciones del sistema.

LFP: Química de baterías de litio hierro fosfato (LiFePO4).

MITERD: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

O+M: Operación y mantenimiento
.
PCS: Power conversión system. Electrónica de potencia bidireccional que carga y descarga las baterías.

RTE: Round trip efficiency. Eficiencia total del ciclo completo del sistema de almacenamiento. Incluye las pérdidas químicas y las eléctricas (resistivas y en electrónicas de potencia y transformadores).

SET: Subestación de transformación.

SGEE: Subdirección General de Energía Eléctrica del MITECO.

SOC: State of charge. Estado de carga de las baterías, generalmente medido en % como relación entre la carga acumulada en un momento dado con referencia a la máxima capacidad de carga posible (SOH).

SOH: State of health. Estado de salud de las baterías, que da la capacidad residual de la batería, generalmente dado como un % sobre la capacidad nominal.

SSAA: Servicios auxiliares (ver elementos en Integración).

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Actualmente se está presenciando un notable despliegue de proyectos de generación eléctrica mediante fuentes renovables. Para lograr los ambiciosos objetivos de integración de estas energías, es imprescindible adoptar medidas que compensen la intermitencia y limitada gestionabilidad propias de las fuentes no almacenables. Este enfoque es respaldado por la Ley 7/2021, de 21 de mayo, de cambio climático y transición energética, así como por el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 y la Estrategia de Almacenamiento Energético, cuyo objetivo está siendo revisado al alza. Estas directrices destacan que el almacenamiento energético será fundamental para respaldar el despliegue de energías renovables, garantizando la seguridad, calidad, sostenibilidad y economía del suministro.

Los sistemas de almacenamiento energético resultan esenciales para avanzar hacia una economía neutra en emisiones y asegurar una integración eficiente de las energías renovables. Permiten almacenar el excedente de energía producido en momentos de alta generación para emplearlo cuando la disponibilidad del recurso disminuye o la demanda aumenta.

En este escenario, con el constante incremento de potencia instalada en sistemas renovables, especialmente fotovoltaicos, se vuelve crucial no solo la hibridación de estas plantas con soluciones de almacenamiento, sino también la instalación de sistemas de almacenamiento independientes (stand-alone). Esto permite gestionar los desfases entre generación y demanda en áreas de la red alejadas de las grandes plantas generadoras, pero próximas a los puntos de consumo.

1.2. Objeto

El promotor Energia Neta Sa Coma, S.L. pretende realizar un proyecto de almacenamiento en un terreno alquilado en el término municipal de Capdepera, Illes Balears.

Este informe tiene como objeto evaluar los campos electromagnéticos generados por el proyecto **“Almacenamiento Poligon Capdepera BESS”** de Sistema de Almacenamiento de Baterías (BESS) Stand-Alone en media tensión a 15 kV y línea de evacuación a 15 kV hasta la LSMT MARCH 15kV. Se trata de una planta de almacenamiento de electricidad independiente (no vinculada a generación “Stand-Alone”).

El estudio se realiza conforme a la normativa vigente, con especial atención al Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

1.3. Descripción básica de la instalación

La instalación descrita en este proyecto se compone de cuatro contenedores estándar de 20 pies de baterías de litio hierro fosfato (LiFePO4). Estos contenedores, a su vez, incluyen un PCS integrado que permite una conversión energética eficiente de corriente continua a corriente alterna, de forma bidireccional, es decir permite tanto la carga como la descarga de la batería.

A la salida de estos contenedores, se coloca otro contenedor estándar de 20 pies que se trata de un equipo elevador que se encarga de convertir la baja tensión suministrada por los PCS de las

baterías en media tensión, 15kV, para inyectarla a la red eléctrica. Este contendor integra diferentes componentes en un solo sistema: cuadros de baja tensión, cuadros de filtro, transformador de media tensión y unidad de maniobra.

Cada equipo elevador puede tener conectados hasta 5 contenedores de baterías, por las características de este proyecto, se le conectarán 4 contenedores. Esto constituye un Bloque de Almacenamiento. Cada bloque es de 3,36 MW, totalizando una potencia instalada de 3,36 MW. Cada container tiene una potencia instalada de almacenamiento de aproximadamente 3.360 kWh totalizando, con sus 4 contenedores, 13.440 kWh de almacenamiento total.

Este Bloque de Almacenamiento se conecta con línea subterránea de media tensión (15kV), a las celdas del Centro de Maniobra y Medida, CMM, y posteriormente sale la línea de evacuación hasta el punto de conexión concedido en la LSMT MARCH explotada desde la SE CAPDEPERA 15 kV.

1.4. **Titularidad**

El titular de la instalación es:

- **Sociedad:** ENERGIA NETA SA COMA S.L.
- **CIF:** B-10.595.155
- **Dirección:** Carrer Frai Juniper Serra 3, T.M. Artà, 07570, Illes Balears

1.5. **Técnicos Responsables**

Los técnicos facultativos responsables del diseño, dimensionado y legalización de las instalaciones en el mencionado proyecto son:

- Jaume Sureda Bonnin, colegiado nº 700 en el COETIB.
- Gonzalo García Uriarte, colegiado nº879 en COEIB.
- Ángel Lacleta Barrera, colegiado nº26827 en CETIB

2. NORMATIVA APLICABLE

- **Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre**, sobre protección del dominio público radioeléctrico y restricciones a las emisiones radioeléctricas.

- **Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo**, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.

- **ITC-RAT 14**, en relación con la verificación de los niveles de exposición a campos electromagnéticos.

- I**TC-RAT 15 Apartado 3.15:** Instalaciones eléctricas de exterior. Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión"

- **Norma UNE-EN 62271-202**, que establece los métodos válidos de ensayo para la evaluación de campos electromagnéticos en centros de transformación prefabricados de alta/baja tensión.

- **Informe IEC/TR 62271-208**, referente a la metodología de ensayo para la medición de campos electromagnéticos en instalaciones de alta tensión.

3. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La planta de almacenamiento "Polígon Capdepera BESS" se plantea en el término municipal de Cadepera. En la tabla 3 e imagen 1 se muestra la parcela objeto.

Tabla 1. Dirección, referencia catastral y superficie del emplazamiento del sistema de almacenamiento

Dirección principal	Ref. Catastral	Superficie gráfica
Polígono 14, parcela 116 T. M. Capdepera	07014A014001160000TP	6.433 m^2

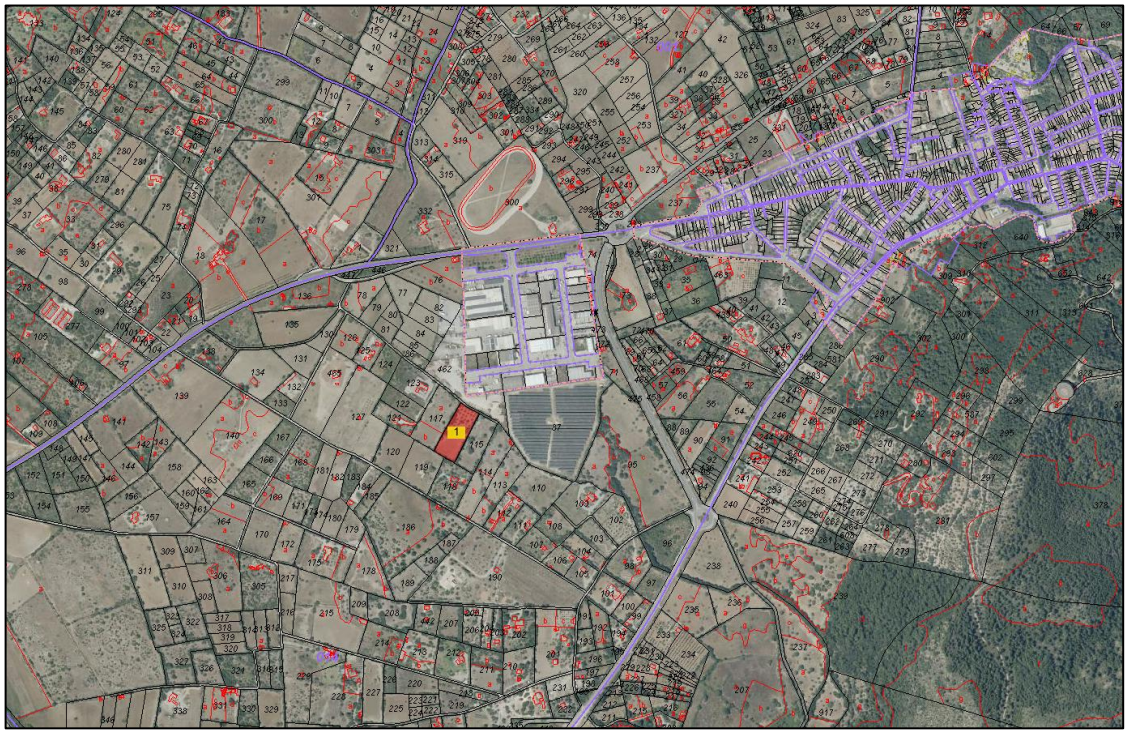


Imagen 1. Parcela catastral

Las coordenadas UTM (Huso 31 UTM - ETRS89) del centroide de referencia donde se localizará la Planta BESS son las siguientes:

- Coordenada X: 535.876
- Coordenada Y: 4.394.232



Imagen 2. Detalle del catastro para la parcela destinadas a almacenamiento.

3.1. **Implantación del proyecto**

La planta de almacenamiento se sitúa en el municipio de Capdepera (Mallorca, Islas Baleares). La implantación general es la siguiente:



Imagen 3. Implantación general



Imagen 4. Evacuación propuesta

4. ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

4.1. Introducción

Los campos electromagnéticos, son aquellos campos generados por el paso de una corriente eléctrica a través de un material conductor. Las ecuaciones de Biot y Savart permiten analizar el Campo que produce una corriente eléctrica:

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \oint \frac{u_t \cdot u_r}{r^2} dl$$

- B es el vector campo magnético existente en un punto P del espacio
- u_t un vector unitario cuya dirección es tangente al circuito que nos indica el sentido de la corriente en la posición donde se encuentra el elemento dl.
- u_r es un vector unitario que señala la posición del punto P respecto del elemento de corriente $\frac{\mu_0 i}{4\pi} = 10^{-7}$ en el Sistema Internacional de Unidades.

Para el cálculo del campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo indefinido por el que circula una corriente i, se puede establecer de la siguiente manera:

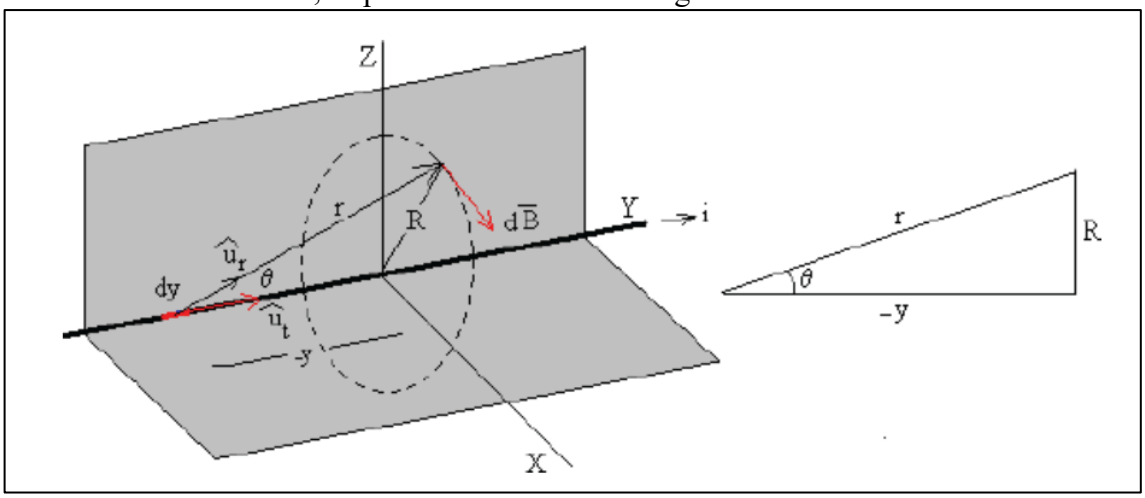


Imagen 5. Campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo

El campo magnético B, producido en el punto P, tiene una dirección que es perpendicular al plano formado por la corriente rectilínea y el propio punto. Integrado la ecuación de Biot y Savart:

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{sen\theta}{r^2} dy = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \int_0^{\pi} sen\theta \cdot d\theta = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$

Se integra sobre la variable θ, expresando las variables x y r en función del ángulo θ.

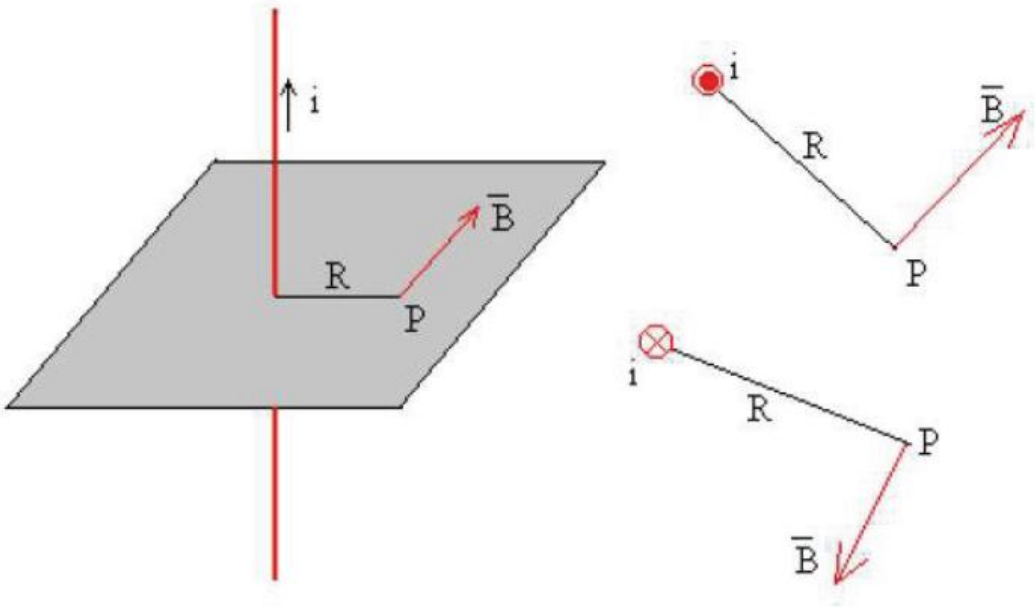


Imagen 6. Corriente electromagnética sobre plano

4.2. Cálculo del campo magnético

El campo magnético generado por las diferentes corrientes eléctricas dependerá de la intensidad que discurre por los diferentes tipos de cableado.

Para evitar que se generen campos magnéticos en el entorno del cableado situado en las zanjas y en su transición hasta el trafo), todo el cableado, a excepción del cableado de entrada y salida del trafo, discurrirá trenzado de manera que los campos eléctricos generados por cada una de las líneas se anulen entre sí. En el siguiente apartado se justifica el campo magnético generado el cableado trenzado.

Por lo que respecta a los niveles de campo magnético permitidos, según el RD 1066/2001, por el que se establece el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, Anexo II, apartado 3.1 (Cuadro 2), se establece el límite de campo magnético admitido que se calculara como 5/f, siendo f la frecuencia en kHz, siendo la frecuencia en nuestro caso, así como en todo el territorio europeo 0,05kHz (50 Hz). **De esta manera, el límite de campo es de 100 µT**.

CUADRO 2

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0 Hz-300 GHz, valores rms imperturbados)

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E — (V/m)	Intensidad de campo H — (A/m)	Campo B — (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana — (W/m^2)
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	4.000/f	5.000/f	
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	—
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	0,73/f	0,92/f	—
10-400 MHz	28	0,73/f	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375\ f^{1/2}$	$0,0037\ f^{1/2}$	$0,0046\ f^{1/2}$	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Imagen 7. Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (25Hz-800Hz)

4.3. Cálculo del campo magnético generado por un cable de media tensión

En este apartado, se justifica el campo magnético creado por el cableado unipolares de 240 mm^2, de 3x1x240 mm^2.

Para simplificar el cálculo, se considerará el caso desfavorable de conductores rectilíneos indefinidos en el cableado de Media Tensión, discurriendo por el conjunto 3 cables (3x1x240 mm) y su intensidad máxima admitida.

Se considera que la envolvente del cable unipolar tiene un diámetro de 60 mm:

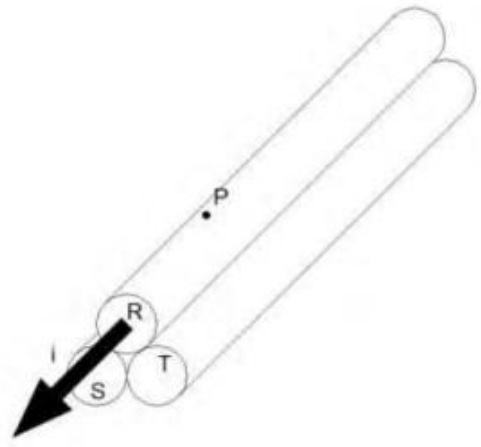


Imagen 8. Terna de cableado MT

El campo magnético generado en el Punto P será consecuencia del sumatorio de campos magnéticos generados por cada una de las fases del cableado:

$$B_p = \sum B_{p,i} = B_{p,r} + B_{p,s} + B_{p,t}$$

Suponiendo que la corriente está concentrada en el centro del cableado, para cada fase se tiene:

$$B_{p,r} = \mu \frac{iR}{2\pi r}$$
$$B_{p,s} = \mu \frac{iS}{2\pi d}$$
$$B_{p,t} = \mu \frac{iT}{2\pi d}$$

Teniendo en cuenta que las intensidades se encuentran desfasadas y pertenecen a un circuito trifásico equilibrado, se tiene que:

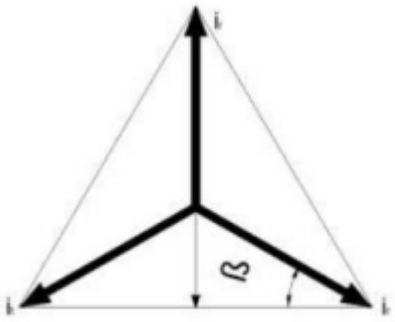


Imagen 9. Desfase de intensidades

Por lo que teniendo en cuenta que β=30º:

$$i_s = i_t = i_r \cdot sen30 = -\frac{i_r}{2}$$

5. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS

5.1. Criterios de evaluación

De acuerdo con el Real Decreto 1066/2001 y la ITC-RAT 14, los valores máximos permitidos de campo magnético son:

- **100 µT para el público en general**.
- **500 µT para los trabajadores**, medido a 200 mm de la zona de operación.

5.2. Metodología de análisis para verificación del cumplimiento normativo

Para la verificación del cumplimiento normativo, se utilizarán las siguientes metodologías:

- **Mediciones in situ** mediante sondas de campo electromagnético calibradas, en distintos puntos estratégicos de la instalación.

- **Comparación con ensayos tipo** realizados en envolventes prefabricadas de Ormazabal, de acuerdo con la norma IEC/TR 62271-208.

- **Análisis de simulación electromagnética** basado en modelos de cálculo predictivo para la determinación de la distribución del campo magnético en el entorno de la instalación.

Estas medidas se realizarían, en caso de ser requerido, durante el proyecto ejecutivo.

5.3. Cumplimiento normativo

De acuerdo con el apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 del RD 337/2014, se debe comprobar que los valores de campo electromagnético no superen los límites establecidos en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.

Los ensayos tipo realizados en las envolventes prefabricadas especificadas en este proyecto, conforme a IEC/TR 62271-208, confirman que los valores de campo magnético a 200 mm del exterior del centro de transformación cumplen con los límites normativos:

- Inferior a **100 µT** para el público en general.
- Inferior a **500 µT** para los trabajadores (medido a 200 mm de la zona de operación).

Dicho ensayo tipo se lleva a cabo de acuerdo con el informe técnico IEC/TR 62271-208, reconocido en la norma de obligado cumplimiento UNE-EN 62271-202 como método válido para la evaluación de campos electromagnéticos en centros de transformación prefabricados de alta/baja tensión.

Asimismo, según el apartado 2 de la ITC-RAT 03 del RD 337/2014, el ensayo tipo de emisión electromagnética del centro de transformación forma parte del **Expediente Técnico**, el cual debe mantenerse a disposición de la autoridad nacional española de vigilancia de mercado, conforme a lo estipulado en dicha ITC-RAT.

5.4. Condiciones de diseño

Las instalaciones cumplirán con los límites establecidos por la normativa vigente, garantizando la seguridad tanto del público como de los trabajadores que operen en la infraestructura. Se adoptarán las siguientes medidas preventivas:

- Uso de envolventes prefabricadas de Ormazabal o similar, que aseguran valores de campo magnético dentro de los límites normativos.
- Diseño de la instalación con ubicaciones estratégicas que minimicen la exposición a campos electromagnéticos, situados en lugares lejanos a sitios habitables.
- Control periódico mediante mediciones en puntos críticos para garantizar el cumplimiento a lo largo de la operación de la instalación.

Las medidas anteriormente comentadas se han tenido en cuenta en el diseño del parque de baterías para evitar al máximo los efectos adversos de la radicación electromagnética.

6. CONCLUSIONES

El presente estudio confirma que la instalación de baterías de ion litio cumplirá con los requisitos establecidos en la normativa vigente en relación con los campos electromagnéticos. Se garantiza así la seguridad del público y de los trabajadores, asegurando que las emisiones electromagnéticas permanecen dentro de los valores permitidos por el Real Decreto 1066/2001.

El valor es inferior al de 100 μT, valor máximo establecido por el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, que aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico. Además, el Sistema de Almacenamiento se encuentra alejado de núcleos de población, por lo que la afección a estos es nula, estando además la estación de transformación y el transformador de servicios auxiliares alejados del vallado perimetral, por lo que la afectación a personas en tránsito por el exterior del Sistema de Almacenamiento también se considera despreciable

Artà, octubre de 2025

Ingeniero técnico industrial: Jaume Sureda Bonnin
COL: 700 C.O.E.T.I.B.

Ingeniero industrial: Gonzalo García Uriarte
COL: 879 C.O.E.I.B.

Ingeniero de la energía: Ángel Lacleta Barrera
COL: 26827 C.E.T.I.B.