



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos

Área de Conocimiento de Proyectos de Ingeniería

PROYECTO FIN DE MÁSTER

**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA
MEDIANTE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA
EN BATERÍAS, UBICADA EN EL T.M. DE ALHAMA DE
GRANADA (GRANADA)**

Máster en Ingeniería Industrial

Autor: D. DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

Tutor: Dr. D. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

MÁLAGA, SEPTIEMBRE de 2025

(Página en blanco)

**Proyecto de ejecución y gestión de planta solar fotovoltaica “PSFV Alhama”
de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía en
baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)**

Resumen

El presente Proyecto Fin de Máster define el desarrollo técnico y documental de una instalación de generación de energía eléctrica mediante tecnología fotovoltaica, de 5 MW de capacidad, hibridada con un sistema de almacenamiento eléctrico con baterías (BESS) de 2 MW de capacidad, ubicada en el término municipal de Alhama de Granada (Granada). El proyecto se ha planteado con el objetivo de abordar todos los elementos relevantes para la implantación de este tipo de infraestructuras energéticas tan demandadas en el panorama actual.

Si bien es cierto que el trabajo toma como referencia el esquema de un proyecto de ejecución real, su finalidad no es la redacción de un proyecto constructivo como tal, sino el análisis integral de los procedimientos técnicos, administrativos y normativos necesarios para llevar a cabo una instalación de estas características. En este sentido, se ha incluido un desarrollo detallado del proceso de tramitación requerido para poder iniciar la construcción de este tipo de instalaciones en España, concretamente, en la comunidad autónoma de Andalucía.

El proyecto permite poner en práctica muchas de las competencias adquiridas durante el Máster de Ingeniería Industrial, tales como el diseño de sistemas eléctricos, la gestión de proyectos energéticos, el análisis económico y normativo, y la evaluación de riesgos laborales. De este modo, el trabajo no solo contribuye a consolidar los conocimientos técnicos, sino que también proporciona una visión global del ciclo de vida de una instalación energética desde su fase inicial hasta su ejecución.

Palabras clave

- Fotovoltaica
- Hibridación
- BESS
- Baterías
- Estación de potencia
- Capacidad de acceso

**Project for the execution and management of the 5 MW “PSFV Alhama”
Photovoltaic Solar plant, hybridised by means of a battery energy storage
system, located in the municipality of Alhama de Granada (Granada)**

Summary

This Final Master's Degree Project defines the technical and documentary development of a 5 MW photovoltaic power generation facility, hybridised with a 2 MW battery electric storage system (BESS), located in the municipality of Alhama de Granada (Granada). The project has been designed with the aim of addressing all the relevant elements for the implementation of this type of energy infrastructure, which is in such high demand in today's world.

Although it is true that the work takes as a reference the outline of a real execution project, its purpose is not the drafting of a construction project as such, but the comprehensive analysis of the technical, administrative and regulatory procedures necessary to carry out an installation of these characteristics. In this sense, it includes a detailed development of the processing process required to start the construction of this type of installation in Spain, specifically in the autonomous community of Andalusia.

The project allows many of the skills acquired during the Master's Degree in Industrial Engineering to be put into practice, such as the design of electrical systems, energy project management, economic and regulatory analysis, and occupational risk assessment. In this way, the work not only contributes to consolidating technical knowledge, but also provides a global vision of the life cycle of an energy installation from its initial phase to its execution.

Keywords

- Photovoltaic
- Hybridisation
- BESS
- Batteries
- Power station
- Access capacity

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

ÍNDICE GENERAL

Málaga, septiembre de 2025

(Página en blanco)

Índice General

Documento I – Memoria.....	14
Documento II – Anexos.....	101
Documento III – Planos.....	284
Documento IV – Pliego de condiciones.....	311
Documento V – Mediciones.....	354
Documento VI – Presupuesto.....	368
Documento VII – Estudio de seguridad y salud.....	383
Documento VIII – Plan de desmantelamiento.....	486

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

DOCUMENTO I

MEMORIA

Málaga, septiembre de 2025

Índice

1. Datos generales	1
1.1 Objeto del proyecto	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Normativa de aplicación.....	3
1.3.1 Tramitación administrativa.....	3
1.3.1.1 Normativa europea	3
1.3.1.2 Normativa estatal.....	3
1.3.1.3 Normativa autonómica	5
1.3.1.4 Normativa municipal.....	5
1.3.2 Instalaciones eléctricas	5
1.3.3 Seguridad y salud	6
1.3.4 Otra normativa de referencia	6
2. Caracterización de la zona de implantación.....	7
2.1 Situación.....	7
2.1.1 Parcelas catastrales	8
2.2 Análisis de prefactibilidad.....	8
2.2.1 Análisis urbanístico	9
2.2.1.1 Uso del suelo	9

2.2.1.2	Compatibilidad urbanística.....	12
2.2.2	Análisis medioambiental	15
2.2.2.1	Afecciones relacionadas con la fauna y flora	15
2.2.2.2	Afecciones relacionadas con espacios naturales protegidos.....	17
2.2.2.3	Afecciones relacionadas con el Dominio Público Hidráulico	18
2.2.3	Análisis cultural.....	19
2.2.4	Zonificación ambiental para la implantación de energías renovables.....	19
2.2.4	Estudio de pendientes del terreno.....	21
3.	Descripción de la instalación.....	22
3.1	Características principales de la instalación	24
4.	Componentes de la instalación.....	25
4.1	Componentes de la instalación fotovoltaica	25
4.1.1	Módulo fotovoltaico	26
4.1.2	Inversor fotovoltaico.....	27
4.1.3	Centros de transformación.....	30
4.1.3.1	Edificio de transformación	31
4.1.3.2	Aparata de media tensión.....	31
4.1.4	Seguidor solar	34
4.2	Componentes de la instalación de baterías	37

4.2.1 Sistema de baterías	37
4.2.2 Inversor BESS	38
4.3.3 Estación de potencia (<i>Power station</i>)	42
4.3.4 Sistema de gestión de energía.....	44
4.3.5 Sistemas auxiliares y de protección.....	45
4.3 Sistema de monitorización y control	45
4.4 Sistema de seguridad	46
5. Instalación eléctrica de Baja Tensión (B.T.).....	48
5.1 Instalación fotovoltaica: Baja Tensión (B.T.)	48
5.1.1 Instalación eléctrica C.C. de baja tensión.....	48
5.1.2 Conductores de B.T. en C.C.....	48
5.1.3 Canalizaciones de B.T. en C.C.....	49
5.1.4 Caída de tensión	49
5.1.5 Conductores de B.T. en C.A.....	49
5.1.6 Conductores de B.T. en C.A.....	49
5.1.7 Canalizaciones de B.T. en C.A.....	50
5.1.8 Caída de tensión	50
5.1.9 Puesta a tierra.....	50
5.1.9.1 Materiales	50

5.1.9.2 Disposición	51
5.2 Instalación BESS: baja tensión (B.T.)	51
5.2.1 Instalación eléctrica C.C. de baja tensión.....	51
5.2.2 Conductores de B.T. en C.C.	51
5.2.3 Canalizaciones de B.T. en C.C.	51
5.2.4 Caída de tensión	52
5.2.5 Conductores de B.T. en C.A.....	52
5.2.6 Puesta a tierra.....	52
5.2.6.1 Materiales	52
5.2.6.2 Disposición	53
6. Instalación eléctrica de Media Tensión (M.T.).....	53
6.1 Instalación fotovoltaica: Características instalación de media tensión	53
6.2 Instalación BESS: Características instalación de media tensión.....	54
6.3 Características de la línea subterránea de media tensión.....	55
7. Red de tierras.....	55
8. Puesta a tierra.....	57
9. Descripción de los trabajos.....	60
9.1 Topografía	60
9.2 Obra civil	61

9.2.1 Cimentación.....	61
9.2.2 Preparación del terreno y movimientos de tierra.....	61
9.2.3 Canalizaciones y arquetas.....	63
9.2.3.1 Canalizaciones de corriente continua	63
9.2.3.2 Canalizaciones de corriente alterna	63
9.2.3.3 Viales internos	64
9.2.3.4 Vallado perimetral	65
9.2.3.6 Estudio geotécnico.....	65
9.2.3.7 Sistema de drenaje	65
9.3 Sistema de seguridad	67
9.4 Suministro de equipos	67
9.5 Montaje mecánico.....	67
9.5.1 Montaje de seguidores solares y módulos fotovoltaicos	67
9.5.2 Montaje de centros de transformación.....	68
9.5.3 Montaje de estación de potencia.....	68
9.5.4 Montaje del Contenedor de baterías	68
9.6 Montaje eléctrico	68
9.6.1 Baja tensión	68
9.6.2 Media tensión	69
9.6.2.1 Disposición de montaje	69

9.6.2.2 Accesorios	69
9.6.2.3 Terminaciones	70
9.6.2.4 Empalmes	70
9.6.2.5 Sistema de puesta a tierra	70
9.6.2.6 Derivaciones	71
9.6.2.7 Ensayos eléctricos después de la instalación.....	71
9.6.2.8 Canalización	71
9.6.2.9 Arquetas.....	72
9.6.2.10 Medidas de señalización y seguridad	72
10. Sistema de protecciones	72
10.1 Sistema de protecciones en corriente continua.....	72
10.2 Sistema de protecciones en corriente alterna.....	73
11. Producción energética y rentabilidad del proyecto.	73
12. Conclusiones.	75

Índice de ilustraciones

Ilustración I - Situación	7
Ilustración II – Clasificación del suelo	13
Ilustración III – Leyenda – Clasificación del suelo.....	13
Ilustración IV – Zonas IBA, ZEPA y ZIAE	16

Ilustración V – Espacios Naturales Protegidos.....	17
Ilustración VI – Barranco de la Lancha – Geoportal MITECO	19
Ilustración VII – Índice Sensibilidad Ambiental - «PSFV Alhama»	20
Ilustración VIII – Análisis de pendientes	21
Ilustración IX – Módulo fotovoltaico.....	26
Ilustración X – Inversor fotovoltaico.....	27
Ilustración XI – Celda <i>cgmcosmos</i>	33
Ilustración XII – Celda <i>cgmcosmos</i>	34
Ilustración XIII – Seguidor Solar Axone Duo – 1V	36
Ilustración XIV – Contenedor de baterías	38
Ilustración XV – Inversor BESS	39
Ilustración XVI – Estación de potencia BESS	43
Ilustración XVII – Esquema unifilar – Estación de potencia BESS.....	43
Ilustración XVIII – Sistema BMS – BESS.....	45
Ilustración XIX – Disposición Línea M.T.....	69
Ilustración XX – P.A.T. de cubiertas metálicas	70

Índice de tablas

Tabla I – Coordenadas del emplazamiento.....	8
Tabla II – Parcelas catastrales	8

Tabla III – SIGPAC Pol. 17 Par. 128	9
Tabla IV – SIGPAC Pol. 17 Par. 126	9
Tabla V – SIGPAC Pol. 17 Par. 127	10
Tabla VI – SIGPAC Pol. 17 Par. 213	10
Tabla VII – SIGPAC Pol. 17 Par. 212.....	10
Tabla VIII – SIGPAC Pol. 17 Par. 211	10
Tabla IX – SIGPAC Pol. 17 Par. 214.....	11
Tabla X – SIGPAC Pol. 17 Par. 215	11
Tabla XI – SIGPAC Pol. 17 Par. 216	11
Tabla XII – SIGPAC Pol. 17 Par. 223.....	12
Tabla XIII – SIGPAC Pol. 17 Par. 224	12
Tabla XIV – Características principales «PSFV Alhama».....	25
Tabla XV – Módulo fotovoltaico – Datos	26
Tabla XVI – Inversor fotovoltaico – Datos técnicos.....	28
Tabla XVII – Seguidor solar – Datos Técnicos.....	36
Tabla XVIII – Container de baterías – Datos Técnicos.....	38
Tabla XIX – Inversor BESS – Datos técnicos.....	40
Tabla XX – Configuración M.T. – Instalación Fotovoltaica.....	53
Tabla XXI – Configuración M.T. – Instalación BESS.....	54
Tabla XXII – Instalación FV & BESS – Características LSMT	55



(Página en blanco)

1. Datos generales

1.1 Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto se basa en el diseño de una instalación solar fotovoltaica híbrida con un sistema de almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías denominada “PSFV Alhama”.

La instalación cuenta con una capacidad de 5 MW conectados a la red de distribución, con un nivel de tensión de 15 kV y ubicación del punto de conexión en el término municipal de Alhama de Granada, Granada.

Para poder definir la instalación, se ha requerido realizar, con carácter previo a la elaboración del presente documento, diversos estudios:

En primer lugar, se ha realizado un estudio de prefactibilidad en el que, una vez definida la ubicación de “PSFV Alhama”, se han analizado todas las afecciones medioambientales, urbanísticas, etc., asegurando con ello la viabilidad inicial de la instalación.

Una vez analizadas las afecciones existentes en la ubicación del Proyecto, se procede a definir las características de los equipos principales que conforman la instalación, entendiendo por equipos principales los siguientes:

- Panel solar
- Inversor fotovoltaico
- Centro de transformación
- Inversor BESS (*Battery Energy Storage System*)
- Container BESS

Con toda la información ya definida, se procede a realizar un estudio de implantación del proyecto. A partir de este estudio, se lleva a cabo toda la planimetría asociada a la instalación, con la posterior redacción de todos los documentos contenidos en este documento.

Cabe destacar que, como valor añadido a este PFM (*Proyecto Fin de Máster*), además de consistir en un proyecto de ejecución que refleje todos los elementos necesarios para poder definir la instalación, se ha elaborado el Anexo II, en el que se detalla, a modo de guía, cómo es el proceso asociado a la obtención de todas las autorizaciones necesarias para poder iniciar la construcción de este tipo de proyectos de energía renovable en España, concretamente en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

1.2 Antecedentes

En los últimos años, el crecimiento del sector de las energías renovables en España ha sido notable, impulsado tanto por los compromisos europeos de descarbonización como por el avance tecnológico y la reducción de costes de generación. En particular, la energía solar fotovoltaica se ha consolidado como una de las tecnologías más competitivas, con un elevado potencial de desarrollo en regiones como Andalucía, donde la irradiación solar es especialmente favorable.

El municipio de Alhama de Granada, situado en la provincia de Granada, presenta unas condiciones climáticas y geográficas óptimas para la implantación de instalaciones fotovoltaicas. Este entorno ha sido objeto de diversas iniciativas orientadas a la producción de energía renovable, en consonancia con los objetivos marcados por el Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC) 2021 – 2030.

El presente proyecto surge como respuesta a esta estrategia nacional y regional, y pretende materializar la ejecución de una planta solar fotovoltaica de 5 MW de potencia instalada, hibridada con un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías de 2 MW. Esta hibridación permite una mejor integración de la planta en el sistema eléctrico, al proporcionar mayor estabilidad, facilitar la gestión de la energía generada y contribuir a la reducción de vertidos por exceso de producción en horas de baja demanda.

La incorporación de un sistema de almacenamiento eléctrico no solo permite maximizar el aprovechamiento de la energía solar captada, sino que también mejora la calidad del suministro y optimiza la participación de la planta en los mercados eléctricos. La capacidad de almacenar energía y verterla en momentos estratégicos permite adaptar la

producción a la demanda, incrementar la rentabilidad del proyecto y alinear su funcionamiento con los criterios de flexibilidad y resiliencia requeridos en el nuevo modelo energético.

La instalación proyectada se ha concebido considerando las directrices técnicas, normativas y medioambientales vigentes, así como la experiencia acumulada en otros proyectos similares ejecutados en la región. Además, el diseño tiene en cuenta las condiciones particulares del punto de conexión propuesto, los requerimientos del operador del sistema y la viabilidad económica-energética del conjunto de la infraestructura.

1.3 Normativa de aplicación

1.3.1 TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA

1.3.1.1 Normativa europea

- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2018). *Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 328, 82-209.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023). *Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 328, 82-209

1.3.1.2 Normativa estatal

- Gobierno de España. (2000). Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado, 310, 45104-45178.

- Gobierno de España. (2007). Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. Boletín Oficial del Estado, 255, 43141-43162.
- Gobierno de España. (2007). Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Boletín Oficial del Estado, 299, 51275-51327.
- Gobierno de España. (2013). Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Boletín Oficial del Estado, 310, 105635-105670.
- Gobierno de España. (2013). Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Boletín Oficial del Estado, 296, 97858-97920.
- Gobierno de España. (2014). Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Boletín Oficial del Estado, 140, 42923-43058.
- Gobierno de España. (2015). Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas. Boletín Oficial del Estado, 236, 89343-89410.
- Gobierno de España. (2015). Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público. Boletín Oficial del Estado, 236, 89411-89478.
- Gobierno de España. (2020). Real Decreto 960/2020, de 3 de noviembre, por el que se regula el régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado, 291, 94000-94032.
- Gobierno de España. (2020). Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado, 316, 123593-123633.
- Gobierno de España. (2021). Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. Boletín Oficial del Estado, 121, 61595-61629.
- Gobierno de España. (2021). Real Decreto-ley 29/2021, de 21 de diciembre, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito energético para el fomento de la movilidad eléctrica, el autoconsumo y el despliegue de energías renovables. Boletín Oficial del Estado, 305, 162345-162384.

1.3.1.3 Normativa autonómica

- Junta de Andalucía. (2007). *Ley 7/2007 de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (GICA)*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 143, 9-52 de 23 de julio de 2007.
- Junta de Andalucía. (2021). *Ley 7/2021, de 1 de diciembre, de Impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía (LISTA)*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 233, 134-184.
- Junta de Andalucía. (2022). Decreto 550/2022, de 29 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley 7/2021, de 1 de diciembre. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 231, 1-198.
- Junta de Andalucía. (2023). *Ley 1/2023, de 15 de marzo, de Calidad Ambiental de Andalucía*. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 52, 1-97.

1.3.1.4 Normativa municipal

- Ayuntamiento de Alhama de Granada. (2011). *Plan General de Ordenación Urbanística (PGOU) de Alhama de Granada*. Aprobación definitiva por la Comisión Provincial de Urbanismo de Granada en marzo de 2011.

1.3.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- Gobierno de España. (2000, 2 de diciembre). Real Decreto 1955/2000, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado, 310, 45188–45209.
- Gobierno de España. (2002, 2 de agosto). Real Decreto 842/2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Boletín Oficial del Estado, 224, 33127–33375.
- Gobierno de España. (2014, 9 de mayo). Real Decreto 337/2014, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión. Boletín Oficial del Estado, 139, 42618–42728.

- Gobierno de España. (2019, 5 de abril). Real Decreto 244/2019, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado, 83, 36800–36836.
- Secretaría de Estado de Energía. (2025, 28 de marzo). Resolución sobre la instalación de equipos de medida conforme al Reglamento unificado de puntos de medida. Boletín Oficial del Estado, 78, 32765–32772.

1.3.3 SEGURIDAD Y SALUD

- Gobierno de España. (1995, 8 de noviembre). Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, 269, 32590–32611.
- Gobierno de España. (1997, 24 de octubre). Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Boletín Oficial del Estado, 256, 30936–30947.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2025). Plan de acción 2025–2027 de la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2023–2027.
- Gobierno de España. (2025, 29 de abril). Ley 2/2025, por la que se modifica la Ley del Estatuto de los Trabajadores y la Ley General de la Seguridad Social en materia de incapacidad permanente. Boletín Oficial del Estado, 104, 54584–54594.

1.3.4 OTRA NORMATIVA DE REFERENCIA

- Gobierno de España. (2008, 1 de febrero). Real Decreto 105/2008, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. Boletín Oficial del Estado, 38, 7064–7076.
- Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. (2025). Normas técnicas de la Dirección General de Carreteras.
- Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana. (2025). Código Técnico de la Edificación (CTE).

- Gobierno de España. (2025, 4 de marzo). Real Decreto 164/2025, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Boletín Oficial del Estado, 53, 18394–18523.
- Unión Europea. (2023, 14 de julio). Reglamento (UE) 2023/1542 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a las baterías y sus residuos. Diario Oficial de la Unión Europea, L 191, 1–65.

2. Caracterización de la zona de implantación

2.1 Situación

La instalación denominada “PSFV Alhama” se localiza en el término municipal de Alhama de Granada (Granada), ubicada al suroeste del núcleo urbano de Alhama de Granada.



Ilustración I - Situación

Las coordenadas del centro geométrico de la instalación son las siguientes:

Coordenadas UTM ETRS89 – Huso 30	
Coordenada X (m)	410.315,85
Coordenada Y (m)	4.094.280,54

Tabla I – Coordenadas del emplazamiento

2.1.1 PARCELAS CATASTRALES

En la siguiente tabla se indican los datos catastrales de las parcelas en las que se implantará la instalación:

Parcelas catastrales - PSFV Alhama 5 MW					
Ciudad	Municipio	Polígono	Parcela	Ref. Catastral	Superficie catastral (m ²)
Granada	Alhama de Granada	17	128	18014A01700128	54.396
			126	18014A01700126	11.533
			127	18014A01700127	10.505
			213	18014A01700213	6.067
			212	18014A01700212	8.625
			211	18014A01700211	6.198
			214	18014A01700214	9.360
			215	18014A01700215	4.928
			216	18014A01700216	7.619
			223	18014A01700223	10.838
			224	18014A01700224	11.704

Tabla II – Parcelas catastrales

2.2 *Análisis de prefactibilidad*

En este apartado se muestra el estudio realizado para determinar si el presente proyecto es viable.

El análisis de prefactibilidad llevado a cabo ha permitido evaluar y eliminar todas las incertidumbres que pudieran impedir el correcto desarrollo de la instalación.

2.2.1 ANÁLISIS URBANÍSTICO

2.2.1.1 *Uso del suelo*

La instalación se emplazará sobre una serie de parcelas ubicadas en el T.M. de Alhama de Granada.

Para conocer el uso de las parcelas rústicas seleccionadas para este proyecto, así como qué tipo de árboles se encuentran en estas, se ha consultado el SIGPAC (*Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas*).

A continuación, se muestra la información proporcionada por el SIGPAC para las parcelas pertinentes:

Datos parcela							
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	128	5,4396	18014A017001280000PZ

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
2	2,0255	7,30	1059	TA - TIERRAS ARABLES			0	11	1 (2)
3	0,0747	4,90	1066	IM - IMPRODUCTIVOS			0		
4	2,0160	25,70	1056	OV - OLIVAR			0	199,231	12 (2)
5	1,3233	16,90	1055	TA - TIERRAS ARABLES			0	11	1 (2)

(*) Subvencionabilidad en pastos.

Tabla III – SIGPAC Pol. 17 Par. 128

Datos parcela							
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	126	1,1533	18014A017001260000PE

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
1	1,1533	9,30	1058	TA - TIERRAS ARABLES			0		1 (2)

(*) Subvencionabilidad en pastos.

Tabla IV – SIGPAC Pol. 17 Par. 126

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO I - MEMORIA

Datos parcela							
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	127	1,0505	18014A017001270000PS

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
1	0,7342	13,10	1069	OV - OLIVAR			0		12 (2)
2	0,2904	11,40	1073	OV - OLIVAR			0		12 (2)
3	0,0259	11,00	1073	IM - IMPRODUCTIVOS			0		

(*) Subvencionabilidad en pastos.

Tabla V – SIGPAC Pol. 17 Par. 127

Datos parcela							
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	213	0,6067	18014A017002130000PO

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
1	0,6067	9,80	1059	TA - TIERRAS ARABLES			0	158	1 (2)

(*) Subvencionabilidad en pastos.

Tabla VI – SIGPAC Pol. 17 Par. 213

Datos parcela							
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	212	0,8625	18014A017002120000PM

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
1	0,8483	10,40	1069	OV - OLIVAR			0		12 (2)
2	0,0141	8,50	1064	TA - TIERRAS ARABLES			0	199	1 (2)

(*) Subvencionabilidad en pastos.

Tabla VII – SIGPAC Pol. 17 Par. 212

Datos parcela							
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	211	0,6198	18014A017002110000PF

Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
1	0,4029	19,10	1072	OV - OLIVAR			0		12 (2)
2	0,1917	6,10	1075	OV - OLIVAR			0		12 (2)
3	0,0252	1,70	1076	IM - IMPRODUCTIVOS			0		

(*) Subvencionabilidad en pastos.

Tabla VIII – SIGPAC Pol. 17 Par. 211

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO I - MEMORIA

Datos parcela									
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral		
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	214	0,9360	18014A017002140000PK		
Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
1	0,9360	12,10	1058	OV - OLIVAR			0	46	12 (2)

(*) Subvencionabilidad en pastos.

Tabla IX – SIGPAC Pol. 17 Par. 214

Datos parcela									
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral		
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	215	0,4928	18014A017002150000PR		
Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
2	0,4900	13,40	1065	OV - OLIVAR			0		12 (2)
3	0,0028	10,80	1065	IM - IMPRODUCTIVOS			0		

(*) Subvencionabilidad en pastos.

Tabla X – SIGPAC Pol. 17 Par. 215

Datos parcela									
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral		
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	216	0,7619	18014A017002160000PD		
Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
1	0,5067	12,30	1073	OV - OLIVAR			0		12 (2)
2	0,2364	18,70	1074	OV - OLIVAR			0		12 (2)
3	0,0188	3,10	1077	CA - VIALES			0		

(*) Subvencionabilidad en pastos.

Tabla XI – SIGPAC Pol. 17 Par. 216

Datos parcela									
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral		
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	223	1,0838	18014A017002230000PE		
Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
2	1,0838	13,50	1067	OV - OLIVAR			0	46	12 (2)
(*) Subvencionabilidad en pastos.									

Tabla XII – SIGPAC Pol. 17 Par. 223

Datos parcela									
Provincia	Municipio	Agregado	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral		
18 - GRANADA	14 - Alhama de Granada	0	0	17	224	1,1704	18014A017002240000PS		
Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Altitud (m)	Uso	*Subv (%)	*Subv (ha)	Coef.Regadío	Incidencias	Región
1	0,0838	8,00	1065	OV - OLIVAR			0		12 (2)
2	1,0165	14,20	1073	TA - TIERRAS ARABLES			0		1 (2)
3	0,0702	17,50	1078	OV - OLIVAR			0		12 (2)
(*) Subvencionabilidad en pastos.									

Tabla XIII – SIGPAC Pol. 17 Par. 224

2.2.1.2 Compatibilidad urbanística

Para poder desarrollar el proyecto es vital la compatibilidad urbanística con las normas subsidiarias que rigen el municipio de Alhama de Granada.

La Ley 7/2002, de Ordenación Urbanística de Andalucía (LOUA) dota a los Ayuntamientos de una herramienta urbanística básica, con clara vocación de estabilidad, que facilita el ejercicio de las competencias municipales en materia urbanística.

El PGOU (*Plan General de Ordenación Urbanística*) de Alhama de Granada, aprobado el 30 de marzo de 2011, comprende la adecuación de la realidad municipal, los nuevos ámbitos objeto de desarrollo y ámbitos de protección a las prescripciones de la legislación aplicable.

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA «PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO I - MEMORIA

Atendiendo a la planimetría urbanística disponible en la web del Excmo. Ayuntamiento de Alhama de Granada, se puede comprobar qué clasificación del suelo presentan las parcelas en las que se implantará la instalación:



Ilustración II – Clasificación del suelo



Ilustración III – Leyenda – Clasificación del suelo

Según lo definido en la citada planimetría urbanística del PGOU de Alhama de Granada, podemos concluir que las parcelas objeto de la implantación tienen la clasificación de **Suelo no urbanizable de carácter natural o rural**.

El artículo 7.5.2 Usos permitidos - subcapítulo 7.5 Condiciones de uso - capítulo 7 Suelo no urbanizable del PGOU, establece lo siguiente:

«Son usos permitidos en el Suelo No Urbanizable, sin perjuicio de las limitaciones que se deriven para cada categoría del suelo de que se trate, los siguientes:

1. Cualquiera que sea la categoría a la que estén adscritos, la realización de los actos precisos para la

- utilización y explotación agrícola,*
- ganadera,*
- forestal*
- cinegética o análoga*

a la que estén efectivamente destinados, conforme a su naturaleza y mediante el empleo de medios técnicos e instalaciones adecuados y ordinarios, que no supongan ni tengan como consecuencia la transformación de dicho destino, ni de las características de la explotación. Los trabajos e instalaciones que se lleven a cabo en los terrenos quedan sujetos a las limitaciones impuestas por la legislación civil y administrativa aplicables por razón de la materia y, cuando consistan en instalaciones u obras, deben realizarse, además, de conformidad con la ordenación urbanística aplicable.

2. Las Actuaciones de Interés Público»

A su vez, según se establece en el Reglamento (UE) 2022/2577 del Consejo de 22 de diciembre de 2022 por el que se establece un marco para acelerar el despliegue de energías renovables (DOUE-L-2022-81968 núm. 335, de 29 de diciembre de 2022) y con la primacía de los Reglamentos Europeos, sobre la legislación nacional, establece

claramente la presunción refutable de que los proyectos de energías renovables son de interés público superior a efectos de la legislación medioambiental pertinente.

Específicamente el *artículo 3.1 del Reglamento (UE) 2022/2577 del Consejo de 22 de diciembre de 2022*, relativo al “Interés público superior”, establece de forma clara y contundente que:

«Se presumirá que la planificación, construcción y explotación de centrales e instalaciones de producción de energía procedente de fuentes renovables y su conexión a la red, así como la propia red conexas y los activos de almacenamiento, son de interés público superior y contribuyen a la salud y la seguridad públicas, al ponderar los intereses jurídicos de cada caso, a efectos del artículo 6, apartado 4, y el artículo 16, apartado 1, letra c), de la Directiva 92/43/CEE del Consejo (5), el artículo 4, apartado 7, de la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (6) y el artículo 9, apartado 1, letra a), de la Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (7).»

Por todo lo expuesto en este apartado, **la instalación objeto de este proyecto presenta una compatibilidad urbanística favorable.**

2.2.2 ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL

En este apartado se realizará un análisis completo que aborde todas las afecciones medioambientales que puedan afectar a la viabilidad de la instalación.

Se tendrá en cuenta las afecciones relacionadas con fauna, flora, dominio público hidráulico y espacios naturales protegidos.

2.2.2.1 Afecciones relacionadas con la fauna y flora

Este apartado se centra en el estudio de las afecciones que puedan afectar significativamente a la fauna del territorio español.

Para ello, existen diversas zonas protegidas y definidas por el MITECO (*Ministerio Para la Transición Ecológica y Reto Demográfico*), descargables desde la web

www.miteco.gob.es en formato *.kml* y *.shp*. Además, el MITECO ofrece un visor en el que poder comprobar cómo abarcan las distintas zonas protegidas el territorio español.

A nivel autonómico, la Junta de Andalucía dispone de un visor denominado REDIAM, que dispone de numerosas capas de interés, entre ellas, las que ocupan el estudio de este apartado.

En primer lugar, se analizará si la implantación del proyecto afecta a las siguientes áreas:

- Zona de Especial Protección para Aves (ZEPA)
- Zonas Importantes para las Aves Esteparias (ZIAE)
- Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBA)

En la siguiente imagen se puede comprobar como la instalación no se encuentra ni próxima a estas zonas:



Ilustración IV – Zonas IBA, ZEPA y ZIAE

2.2.2.2 *Afecciones relacionadas con espacios naturales protegidos*

En el presente apartado se analizarán las posibles afecciones que pueda tener la instalación con respecto a los espacios naturales protegidos.

Concretamente, se atenderá a la afección sobre Parques Nacionales y la Red de Áreas Protegidas de la Comunidad Autónoma de Andalucía y las pertinentes a nivel nacional e internacional.

A continuación, se detallan los espacios analizados tras obtener las respectivas capas descargadas en formato *.kml* y *.shp* a través del Geoporal y visor REDIAM:

- Parques Nacionales
- Red Natura 2000 (red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad)
- Patrimonio de la Humanidad (bien natural) en Andalucía
- Reservas de la Biosfera
- Montes Públicos de Andalucía
- Inventario de Vías Pecuarias de Andalucía

Tras evaluar los espacios naturales protegidos mencionados en el párrafo anterior, la siguiente ilustración muestra cómo la instalación no se ve afectada por ninguno de estos:

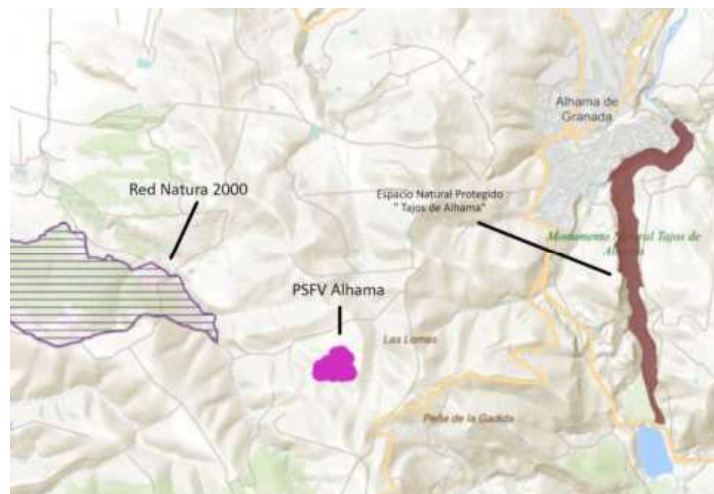


Ilustración V – Espacios Naturales Protegidos

2.2.2.3 Afecciones relacionadas con el Dominio Público Hidráulico

En este apartado se analizan las posibles afecciones que pudieran estar presentes en la instalación en lo que a materia de agua se refiere.

A través del GeoPortal del MITECO se puede comprobar el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, herramienta que permite visualizar los estudios de delimitación de dominio público hidráulico y los estudios de cartografía de zonas inundables elaborados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; el Ministerio de Transición Ecológica; y las respectivas consejerías de los gobiernos de las distintas comunidades autónomas de España.

Próximo al vallado perimetral de la instalación discurre un río denominado «*Barranco de la Lancha*» con una longitud de 4.896,57 metros y perteneciente a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, clasificado según el método *Pfafstetter*. Este método de clasificación es propuesto por la Comisión Europea, al menos hasta el desarrollo de un sistema integral de codificación conjunta de ríos, lagos y aguas marinas, entre otras razones, por permitir clasificar ríos y cuencas o subcuencas al mismo tiempo, cubrir todo el territorio, ser una metodología anidada, transfronteriza y reflejar la situación topológica del río clasificado.

El cauce del río se encuentra a 90 metros de la instalación, distancia más que suficiente para evitar una afección sobrevenida por una hipotética inundación de este, teniendo en cuenta las pequeñas dimensiones de este, que quedarán definidas con más exactitud cuando se realice el correspondiente estudio hidrológico.

A nivel de tramitación, una pequeña parte de la instalación se ubica dentro del límite de 100 metros a cada lado del eje del cauce, esta zona se denomina «*Zona de Policía*». Se necesitará solicitar autorización al organismo competente en materia de aguas, en este caso, a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, junto al citado estudio hidrológico que justifique que la instalación «PSFV Alhama» se encuentra fuera de las posibles zonas inundables.

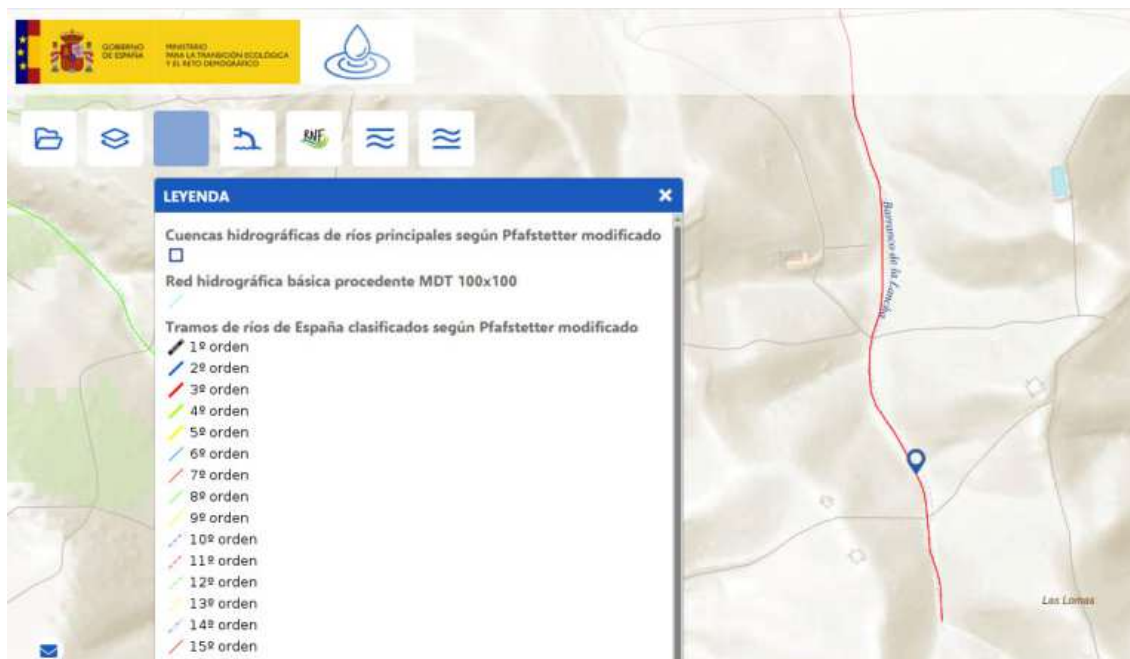


Ilustración VI – Barranco de la Lancha – Geoportal MITECO

2.2.3 ANÁLISIS CULTURAL

Con relación a los elementos culturales que puedan ser afectados por la implantación del proyecto, tras comprobar la planimetría disponible por el Excmo. Ayuntamiento de Alhama de Granada y la información disponible en el visor REDIAM en materia de cultura, no se encuentra ninguna afección de este tipo.

Los elementos que se han analizado son los siguientes:

- Bien de Interés Cultural (BIC)
- Yacimientos arqueológicos
- Patrimonio de la Humanidad

2.2.4 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL PARA LA IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

El MITECO, a través de la Subdirección General de Evaluación Ambiental de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, ha elaborado una herramienta que permite identificar las áreas del territorio nacional que presentan mayores condicionantes

ambientales para la implantación de estos proyectos, mediante un modelo territorial que agrupe los principales factores ambientales, cuyo resultado es una zonificación de la sensibilidad del territorio.

La herramienta de zonificación ambiental para energías renovables consiste en dos capas de información (una para eólica y otra para energía fotovoltaica) que muestran el valor del índice de sensibilidad ambiental existente para cada punto del mapa, y los indicadores ambientales asociados a ese punto.

La capa presenta una escala de valores (entre 0 y 10.000) que es inversa en relación al grado de sensibilidad: los valores bajos del índice representarán sensibilidades elevadas y viceversa, siendo la sensibilidad máxima la correspondiente al valor 0.

La siguiente ilustración muestra el índice de sensibilidad presente en la zona en la que se emplaza la instalación, con una puntuación de 9.470, valor codificado como sensibilidad «baja».

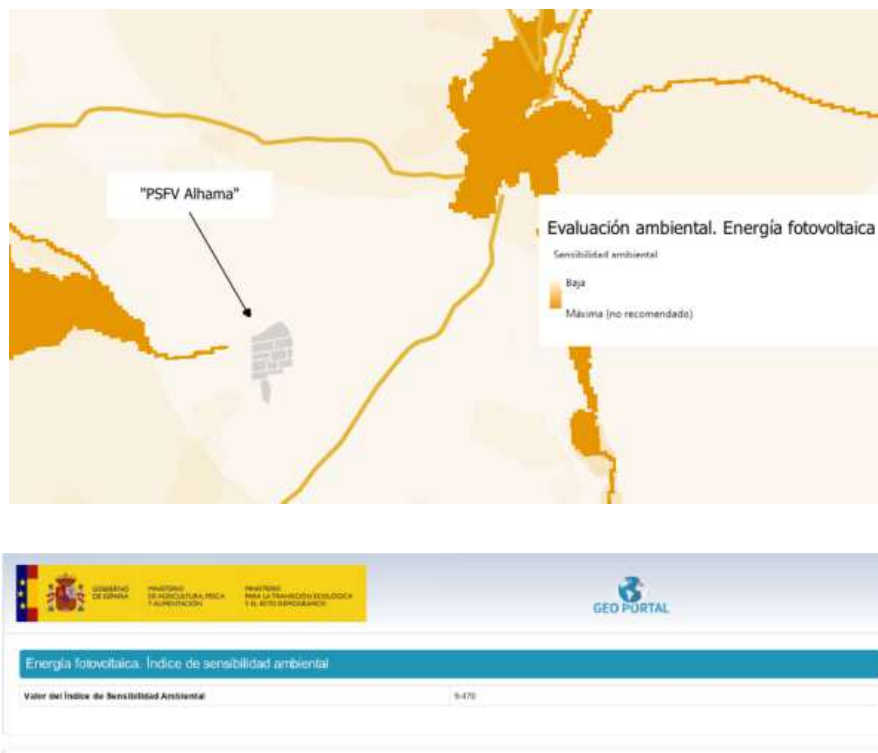


Ilustración VII – Índice Sensibilidad Ambiental - «PSFV Alhama»

2.2.4 ESTUDIO DE PENDIENTES DEL TERRENO

Desde el Centro Nacional de Información geográfica (CNIG), organismo autónomo español perteneciente a la Administración General del Estado, adscrito al Ministerio de Fomento a través de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional de España, se ha descargado, en formato *.shp*, el mapa de elevaciones del terreno, conformado como un modelo digital de pendientes de 2ª cobertura, con un paso de malla de 2 metros.

Mediante el software «QGIS», se han analizado las diversas pendientes, expresadas en porcentaje, presentes en la superficie de ocupación de la instalación.

Los paneles solares seleccionados para el proyecto se distribuyen, como se detallará en apartados posteriores, en estructuras de seguidores solares (también denominados *trackers*). Este tipo de estructuras son aptas para una pendiente máxima situada entre el 15 – 20 %.

Como se puede comprobar en la siguiente ilustración, prácticamente el 100 % de la planta se encuentra sobre pendientes entorno al 5 – 10 %, siendo, por tanto, apta la ubicación seleccionada.

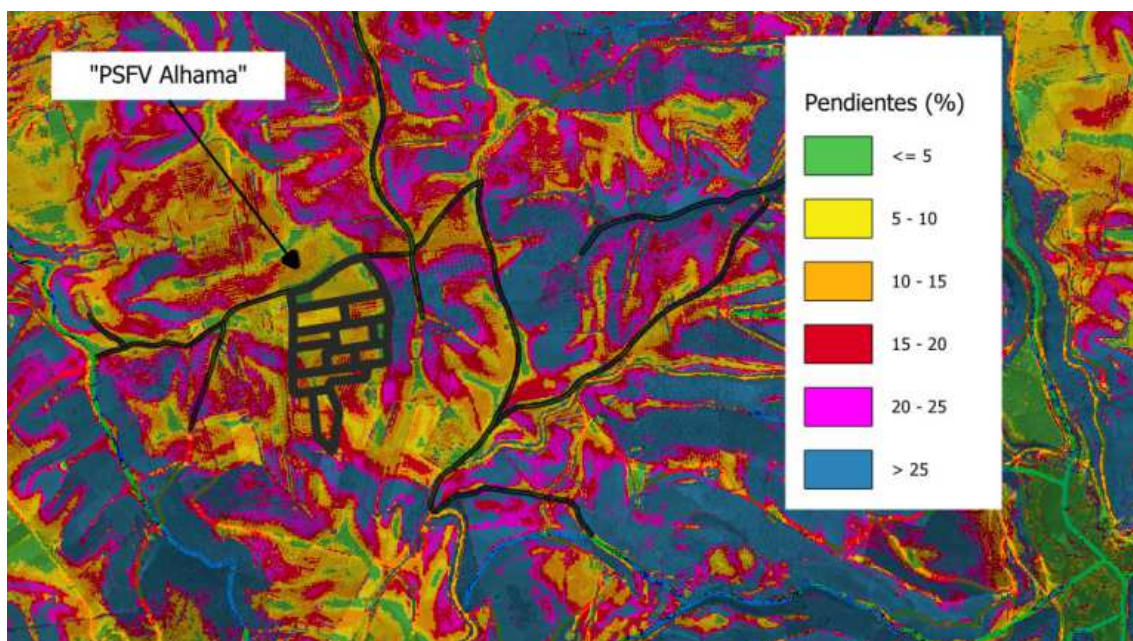


Ilustración VIII – Análisis de pendientes

3. Descripción de la instalación

Las instalaciones fotovoltaicas convierten la energía que proporciona el sol en energía eléctrica alterna, que es inyectada directamente en la red eléctrica de la compañía distribuidora a través de los transformadores y la línea de evacuación.

En un primer paso se convierte la energía procedente de la radiación solar en energía eléctrica a través de una serie de módulos solares, colocados sobre estructuras móviles de seguimiento. A este conjunto de módulos solares se le denomina generador fotovoltaico.

Posteriormente, la corriente continua producida en el generador fotovoltaico se convierte en corriente alterna mediante inversores. Esta energía se conduce posteriormente al centro de transformación que elevará la tensión hasta 20 kV. La energía de los 5 transformadores que conforman la instalación fotovoltaica es conducida hasta un centro de seccionamiento desde donde partirá todo el contingente mediante una línea de evacuación hasta el punto de conexión con la empresa distribuidora.

El diseño del centro de seccionamiento y línea de evacuación queda fuera del presente proyecto.

Por otro lado, se dispone de una instalación de almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías de ion de litio.

Este tipo de instalaciones disponen de unos contenedores de baterías que almacenan la energía proveniente de la red. Estos contenedores están conectados con unos inversores bidireccionales (carga y descarga), que permiten la conversión de la corriente continua a corriente alterna (proceso de descarga) y la conversión de corriente alterna a corriente continua (proceso de carga).

A su vez, los inversores están conectados a un centro de transformación que permite elevar el nivel de tensión a 20 kV en el proceso de descarga, y reducirlo a 450 V en el proceso de carga.

Este centro de transformación también se conecta al centro de seccionamiento conectado con la instalación fotovoltaica, donde ambas instalaciones compartirán la misma línea de evacuación de la energía eléctrica hasta el punto de conexión con la empresa distribuidora.

Mediante un sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) se regulará el funcionamiento de la instalación hibridada: carga/descarga del sistema de baterías, vertido de la energía producida al punto de conexión con el gestor de red, etc.

Este tipo de instalaciones trabajan en dos regímenes:

- Cargar los contenedores de baterías con energía eléctrica, en este caso, proveniente del contingente disponible en el centro de seccionamiento anteriormente descrito y generado por el campo solar.
- Descargar los contenedores de baterías para verter a la red de distribución la energía.

Las ventajas que se obtienen al hibridar una instalación fotovoltaica con una instalación de almacenamiento de energía mediante baterías son las siguientes:

- I. Mejora la estabilidad y fiabilidad del suministro: es posible almacenar parte de la energía fotovoltaica generado en las horas de sol para poder entregarla en horas con condiciones climatológicas desfavorables.
- II. Aportar mayor flexibilidad al sistema eléctrico: las baterías ayudan a equilibrar la carga en la red eléctrica, al permitir la inyección controlada de energía en momentos de alta demanda o la absorción de energía cuando la demanda es baja.
- III. Optimización de la venta de energía a la red: dado que el precio de la electricidad varía a lo largo del día, el almacenamiento de energía mediante baterías permite vender la energía almacenada cuando los precios son más altos, maximizando los ingresos.
- IV. Participación en mercados de servicios auxiliares: los sistemas de almacenamiento de energía pueden participar en mercados de servicios

auxiliares, como la regulación de frecuencia, el control de voltaje y la gestión de picos de carga en la red.

- V. Mejora de la rentabilidad a largo plazo: si bien es cierto que el coste inicial asociado a la instalación de baterías puede ser elevado, se obtiene una alta rentabilidad debido a la venta de energía en momentos óptimos, la participación en mercados de servicios auxiliares y la reducción del *curtailment*¹.

3.1 Características principales de la instalación

La siguiente tabla muestra las principales características de la instalación:

Fotovoltaica		
Parámetro	Unidad	Valor
Potencia Pico	MWp	5,99
Potencia Nominal	MW	5,00
Voltaje CC sistema	V	1.500
Tensión del sistema MT AC	V	20.000
Potencia módulo	Wp	700
Cantidad de módulos	Ud	8555
Módulos por string	Ud	29
Distancia Pitch	M	6,0
Potencia Inversor	kVA	250
Cantidad de inversores	Ud	20
Potencia de Centro de transformación	kW	1.000
Producción anual	kWh/kWp	2.053
Cantidad de Centros de transformación	Ud	5,0

¹ pérdida de energía excedente debido a la incapacidad de la red para utilizar toda la energía generada

BESS		
Parámetro	Unidad	Valor
Potencia nominal	kW	2.000
Capacidad de almacenamiento	kWh	8.128
N.º horas de funcionamiento		4
Capacidad contenedor baterías	kWh	2.032
Voltaje CC sistema	V	1.250
Tensión del sistema MT AC	V	20.000
Potencia Inversor	kVA	3.280
Cantidad de inversores		2
Potencia de Centro de transformación	kW	6.860
Cantidad de Centros de transformación		1

Tabla XIV – Características principales «PSFV Alhama»

4. Componentes de la instalación

Para la instalación objeto de este proyecto, concretamente, una instalación fotovoltaica híbrida con una instalación de almacenamiento energético mediante baterías, se definen los componentes que conforman ambas instalaciones.

Las correspondientes fichas técnicas de los equipos descritos en el presente capítulo se encuentran en el Anexo III de este documento.

4.1 Componentes de la instalación fotovoltaica

En este apartado se detallarán todos los componentes que integran la instalación fotovoltaica.

4.1.1 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Los módulos fotovoltaicos de este proyecto se denominan TSM-NEG21C20, del fabricante TRINA SOLAR:

Módulo fotovoltaico	
Fabricante	TRINA SOLAR
Modelo	TSM-NEG21C20
Características físicas	
Anchura (mm)	1.303
Altura (mm)	2.384
Espesor (mm)	33
Peso (Kg)	38,3
Características eléctricas	
Potencia (Wp)	700
Corriente de cortocircuito ISC (A)	18,32
Corriente de Máxima potencia IMPP (A)	17,29
Tensión de circuito abierto VOC (V)	48,6
Tensión de máxima potencia VMPP (V)	40,5

Tabla XV – Módulo fotovoltaico – Datos



Ilustración IX – Módulo fotovoltaico

4.1.2 INVERSOR FOTOVOLTAICO

La corriente generada en los módulos fotovoltaicos es corriente continua, y tendrá que ser convertida a corriente alterna con las mismas características que la red de distribución de electricidad, para poder ser cedida a ella. Esto se consigue mediante los inversores de corriente.

Los inversores dispuestos en el proyecto son tipo string y estáticos, concretamente el modelo SG250HX de SUNGROW. El número de inversores necesarios, teniendo en cuenta la potencia de la planta y la potencia unitaria de cada inversor será de veinte (20) unidades a las cuales se conectarán 295 strings de 29 módulos en serie cada uno, dotando a la instalación de una potencia instalada de 5,00 MW.

Los inversores cumplirán con los requerimientos técnicos y de seguridad necesarios para su interconexión a la red de baja tensión (2006/95/CE), así como las directivas Comunitarias sobre seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética (2004/108/CE).



Ilustración X – Inversor fotovoltaico

De forma general, las características del inversor empleado son las siguientes:

Inversor fotovoltaico	
Fabricante	SUNGROW
Modelo	SG250HX
Valores de entrada CC	
Tensión máxima de entrada (V)	1.500
Rango de tensión por MPP (V)	500 - 1.500
Máxima corriente CC (A)	360
Valores de salida CA	
Potencia nominal a 40 °C (kVA)	225
Potencia máxima a 50 °C (kVA/kW)	200
Tensión nominal de salida (V)	800
Intensidad máxima de salida (A)	180,5
Eficiencia	
Eficiencia máxima (%)	99
Eficiencia europea (%)	98,8

Tabla XVI – Inversor fotovoltaico – Datos técnicos

El inversor cumple con lo dispuesto en los estándares EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100, así como con el P.O.12.3 de conexión a red.

Con el fin de evitar el efecto (PID), degradación inducida por potencial eléctrico de los módulos fotovoltaicos, el polo negativo CC del inversor se conectará a la red de tierras.

Los inversores de conexión a red disponen de un sistema de control que permite un funcionamiento completamente automatizado y presentan las siguientes características de funcionamiento:

- Seguimiento del punto de máxima potencia (MPP).

Debido a las especiales características de producción de energía de los módulos fotovoltaicos, estos varían su punto de máxima potencia según la irradiación y la temperatura de funcionamiento de la célula. Por este motivo el inversor debe ser capaz de hacer trabajar al campo solar en el punto de máxima potencia, y contar con un rango de tensiones de entrada bastante amplio.

- Características de la señal generada

La señal generada por el inversor está perfectamente sincronizada con la red respecto a frecuencia, tensión y fase a la que se encuentra conectado. Reducción de armónicos de señal de intensidad y tensión.

- Protecciones
 - Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia: Si la frecuencia de la red está fuera de los límites de trabajo (49Hz-51Hz), el inversor interrumpe inmediatamente su funcionamiento pues esto indicaría que la red es inestable, o procede a operar en modo isla hasta que dicha frecuencia se encuentre dentro del rango admisible.
 - Protección para la interconexión de máxima o mínima tensión: Si la tensión de red se encuentra fuera de los límites de trabajo, el inversor interrumpe su funcionamiento, hasta que dicha tensión se encuentre dentro del rango admisible, siendo el proceso de conexión-desconexión de rearme automático (artículo 11.4, artículo 11.3 y artículo 11.7 a), RD1699/2011).
 - Fallo en la red eléctrica o desconexión por la empresa distribuidora: En el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor se encuentra en situación de cortocircuito, en este caso, el inversor se desconecta por completo y espera a que se restablezca la tensión en la red para reiniciar de nuevo su funcionamiento (artículo 8.2 y 11.6, RD1699/2011).
 - Tensión del generador fotovoltaico baja: Es la situación en la que se encuentra durante la noche, o si se desconecta el generador solar. Por tanto, el inversor no puede funcionar.

- Intensidad del generador fotovoltaico insuficiente: El inversor detecta la tensión mínima de trabajo de los generadores fotovoltaicos a partir de un valor de radiación solar muy bajo, dando así la orden de funcionamiento o parada para el valor de intensidad mínimo de funcionamiento.
- El inversor incluye interruptor automático en la salida CA.
- Los inversores estarán conectados a tierra tal y como se exige en el reglamento de baja tensión. La toma de tierra es única y común para todos los elementos.

Los inversores serán provistos del software de aplicación para la configuración de los equipos y extracción de datos, otorgando plenos derechos al administrador e incluyendo el acceso a sus parámetros funcionales.

Además, los inversores deben ir acompañados de planos de cableado, manuales de instalación, operación y mantenimiento, incluyendo lista de parámetros, valores, tolerancias de alarma / advertencia y funcionamiento, en español.

4.1.3 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Los centros de transformación objeto de este proyecto tienen la misión de elevar la tensión proporcionada por los inversores fotovoltaicos con una regulación primario-secundario de 0,8 kV/20 kV a una frecuencia de 50 Hz.

La instalación fotovoltaica consta de 20 inversores fotovoltaicos de 250 kVA. A cada CT derivan las salidas de 4 inversores, suministrando 1.000 kVA y conformando un total de 5.000 kVA repartidos en 5 CTs.

Para el proyecto se han seleccionado centros de transformación compactos y prefabricados, tipo pfu gama grand 48/27 del fabricante Ormazábal,

El transformador ubicado en cada uno de los 5 centros de transformación que conforman la instalación fotovoltaica tendrá una potencia de 1.000 kVA, conformando un total de 5.000 kVA o 5 MW, coincidiendo con la potencia instalada de la instalación.

A continuación, se definen las características principales

4.1.3.1 Edificio de transformación

Los edificios para centros de transformación, tipo *pfu gama grand* del fabricante Ormazábal, constan de una envolvente de hormigón de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de baja tensión, incluyendo transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos edificios prefabricados es que, tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior, pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación.

Las dimensiones del edificio se detallan a continuación:

- Dimensiones exteriores

Longitud (mm) (*):	4980
Anchura (mm) (*):	2835
Altura (mm):	4540
Altura visible (mm):	3330

(*) Dimensiones del cuerpo, para conocer la longitud y anchura totales incluyendo la cubierta habrá que sumar 140 mm a ambas dimensiones.

- Dimensiones interiores

Longitud (mm)	4820
Anchura (mm)	2675
Altura útil (mm)	2980

4.1.3.2 Aparamenta de media tensión

- Celdas *cgmcosmos-2lp*

El sistema *cgmcosmos-2lp* está compuesto por dos (2) posiciones de línea y una (1) posición de protección con fusibles, que comparten la cuba de gas y embarrado.

Las posiciones de línea incorporan en su interior una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La posición de protección con fusibles incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador igual al antes descrito, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados con ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Características eléctricas

Tensión asignada (kV):	24
Intensidad asignada en el embarrado (A):	400
Intensidad asignada entrada/salida (A):	400
Intensidad asignada en la derivación (A):	200
Intensidad de corta duración (1s) eficaz (kA):	16
Intensidad de corta duración (1s) cresta (kA):	40
Capacidad de corte (A):	400

- Características físicas

Ancho (mm):	1190
-------------	------

Fondo (mm):	735
Alto (mm):	1740
Peso (kg):	290



Ilustración XI – Celda *cgmcosmos*

- Transformador BT/MT

Transformador trifásico elevador de tensión, con neutro accesible en el secundario, de potencia 1.000 kVA y refrigeración natural de aceite, de tensión primaria 800 V y 20 kVA en el bobinado secundario.

- Características eléctricas

Potencia asignada (kVA)	1.000
Grupo de conexión	Dyn
Pérdidas en vacío P_o (W)	693
Pérdidas en Carga P_k (W)	7600
Impedancia de cortocircuito a 75 °C (%)	6
Nivel de potencia acústica LwA	54

- Características físicas

Largo máximo (mm):	1696
Ancho máximo (mm):	1040

Alto máximo (mm):	1942
Peso total (kg):	3787

Ilustración XII – Celda *cgmcosmos*

- Cuadro de baja tensión

El cuadro de baja tensión ubicado en el centro de transformación tiene como función recibir el circuito principal de baja tensión procedente de los inversores fotovoltaicos y distribuirlo en número determinado de circuitos individuales.

El modelo seleccionado, *addibo.urban* de Ormazábal, cuenta con 8 entradas, embarrado aislado, seccionamiento y conexión para grupo electrógeno, además de estar preparado para la medida de los parámetros eléctricos, tanto en la salida del transformador como en las salidas y fases del CBT, permitiendo la supervisión y control de B.T.

4.1.4 SEGUIDOR SOLAR

Los módulos fotovoltaicos también se instalarán sobre una estructura de soporte que permita un buen anclaje al terreno y proporcione la inclinación idónea de los mismos en cada momento, realizando un seguimiento solar este – oeste, con eje norte – sur.

Además de resistir con el peso de los módulos fotovoltaicos, esta estructura de soporte debe resistir las sobrecargas de viento y nieve, tal y como establece el código técnico de la edificación.

El seguidor solar consigue incrementar la productividad de los módulos con respecto a un sistema fijo, en más de un 20 %, lo que permite maximizar la instalación con el mismo número de módulos fotovoltaicos.

Cada seguidor solar cuenta con un autómata PLC independiente de los demás y programable, mediante el cual el seguidor realiza el seguimiento solar astronómico, actúa en función del clima exterior y permite una operación a distancia.

Los seguidores se conectan a una estación meteorológica que con la ayuda de autómata PLC, se orienta ante las diversas situaciones climatológicas. La programación del autómata permite actuar al seguidor ante nieve, tormenta eléctrica, niebla, oscuridad y viento.

La estructura de soporte empleada permitirá las dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, tal y como establece el fabricante en sus especificaciones.

La estructura de soporte escogida para la presente instalación fotovoltaica es el modelo Axone Duo, del fabricante PVHARDWARE. y se trata de un seguidor a un eje este – oeste, con eje norte – sur.

Esta estructura de soporte se compone de dos ejes principales simétricos con respecto a una unidad de giro central, alineados en dirección norte – sur. Encima de las vigas principales se instalan los módulos fotovoltaicos. La estructura esta soportada por una serie de pilares formados por perfiles tipo HEB y C hincados 1,50 metros en el terreno.

Cada seguidor es independiente entre sí desde el punto de vista estructural, y tienen la capacidad de adaptarse a pendientes de hasta 14% hacia el eje norte – sur.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales, mediante galvanización en caliente, que garantice la integridad de la estructura durante la vida útil de la instalación fotovoltaica.

El dimensionamiento de los pilares irá precedido de un estudio geotécnico del terreno, que limitará la profundidad necesaria de hincado y su dimensión óptima, de forma que se aprovechen los materiales de forma óptima.



Ilustración XIII – Seguidor Solar Axone Duo – 1V

A continuación, se detallan las especificaciones del seguidor solar seleccionado para este proyecto:

Seguidor Solar	
Fabricante	PV HARDWARE
Modelo	Axone Duo
Seguimiento	Horizontal 1 eje N-S
Ángulo de seguimiento (°)	$\pm 60^\circ$
Disposición de módulos	1 V
Filas por seguidor	Monofila
Pendiente admisible N-S (%)	Hasta 14 %
Pendiente admisible E-O (%)	Ilimitada
Algoritmo de seguimiento	Astronómico
Garantía estándar	Estructura: 10 años Componentes electromecánicos: 5 años

Tabla XVII – Seguidor solar – Datos Técnicos

4.2 Componentes de la instalación de baterías

4.2.1 SISTEMA DE BATERÍAS

El sistema de baterías tiene la función de acumular la energía a través de un proceso electroquímico por lo que es el núcleo del sistema BESS. El sistema de baterías está compuesto por:

- Racks de baterías.

Se compone de los distintos módulos de baterías conectadas en serie o paralelo que forman el banco de baterías. Los racks de baterías dispondrán de un módulo de control y protección.

La unidad más pequeña e indivisible de una batería se denomina celda, dentro de la cual se producen las reacciones químicas. Las celdas se conectan en serie o paralelo dentro de módulos para alcanzar un nivel de tensión y energía determinado. Estos módulos, a su vez, se conectan en serie dentro de armarios, formando los racks de baterías, hasta alcanzar el nivel de tensión de corriente continua.

- Sistema de control y monitorización de batería, BMS (*Battery Management System*).

Se trata de un equipo de gestión de baterías para mantener el banco de baterías dentro del rango de operación seguro. El BMS consiste en un sistema electrónico que se encarga de monitorizar todas las variables del sistema (temperatura, tensión de celda, corriente, estado de carga y salud de la batería).

Los containers de baterías seleccionados para este proyecto se denominan Luna2000-2.0 MWh – 1H1, del fabricante HUAWEI.

A continuación, se muestra una imagen del container de baterías seleccionado:



Ilustración XIV – Contenedor de baterías

La tabla siguiente detalla las características del *battery container*:

Container de baterías	
Fabricante	HUAWEI
Modelo de batería	LUNA2000-2.0 MWh – 1H1
Potencia nominal (kW)	2.032
Nivel de tensión nominal CC (V)	1.250
Capacidad almacenamiento nominal (kWh)	2.032
Dimensiones (W x H x D) (mm)	6.058 x 2.896 x 2.438
Rango temperatura operación (° C)	-30 °C ~ 55 °C

Tabla XVIII – Container de baterías – Datos Técnicos

4.2.2 INVERSOR BESS

El sistema de conversión de potencia (PCS) es un sistema de electrónica de potencia encargado de cargar y descargar las baterías y adecuar la tensión de corriente continua de estas a la tensión de salida. Este equipo será dimensionado para que la operación del banco de baterías con la red sea segura en todo punto de operación.

El inversor de baterías es muy similar al inversor fotovoltaico a nivel de hardware, se diferencia en su carácter bidireccional, en que dispone de un sistema para el control de carga y descargar de las baterías en lugar de un sistema MPPT. Además, este inversor

integra protecciones de mayor calibre en corriente continua debido a que la corriente de cortocircuito es mayor que la de los módulos.

Dada la configuración del presente proyecto se plantea un convertidor bidireccional CA/CC que convierte la energía de las baterías a la red y viceversa, cumpliendo como los modos de operación requeridos y los requisitos de los códigos de red.

Los inversores dispuestos en el proyecto son tipo central y estáticos, concretamente el modelo Power Dual B Series 1640TL B450 del fabricante INGETEAM. El número de inversores duales necesarios teniendo en cuenta la potencia de la planta será de dos (2) de una potencia a 30°C cada uno de 3.280 kVA, dotando a la instalación de una potencia instalada de 6.460 kVA.

La siguiente ilustración muestra el inversor seleccionado para este proyecto:



Ilustración XV – Inversor BESS

Los inversores cumplirán con los requerimientos técnicos y de seguridad necesarios para su interconexión a la red de baja tensión (2006/95/CE), así como las directivas Comunitarias sobre seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética (2004/108/CE).

Las principales características del inversor empleado para este proyecto quedan definidas en la siguiente tabla:

Inversor BESS	
Fabricante	INGETEAM
Modelo	Power Dual B Series 1640TL B630
Valores de entrada CC	
Tensión máxima de entrada (V)	1.500
Rango de tensión modo stand-alone (V)	910-1.300
Máxima corriente CC (A)	1.850
Valores de salida CA	
Potencia nominal a 30 °C (kVA)	3.274
Potencia nominal a 50 °C (kVA)	2.946
Tensión nominal de salida (V)	450
Eficiencia	
Eficiencia máxima (%)	98,9
Eficiencia europea (%)	98,5

Tabla XIX – Inversor BESS – Datos técnicos

El inversor de baterías cumple con lo dispuesto en los estándares EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109- 2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100, así como con el P.O.12.3 de conexión a red.

Los inversores de conexión a red disponen de un sistema de control que permite un funcionamiento completamente automatizado y presentan las siguientes características de funcionamiento:

- Características de la señal generada

La señal generada por el inversor está perfectamente sincronizada con la red respecto a frecuencia, tensión y fase a la que se encuentra conectado. Reducción de armónicos de señal de intensidad y tensión.

- Protecciones
 - Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia: Si la frecuencia de la red está fuera de los límites de trabajo (49Hz-51Hz), el inversor interrumpe inmediatamente su funcionamiento pues esto indicaría que la red es inestable, o procede a operar en modo isla hasta que dicha frecuencia se encuentre dentro del rango admisible.
 - Protección para la interconexión de máxima o mínima tensión: Si la tensión de red se encuentra fuera de los límites de trabajo, el inversor interrumpe su funcionamiento, hasta que dicha tensión se encuentre dentro del rango admisible, siendo el proceso de conexión-desconexión de rearme automático (artículo 11.4, artículo 11.3 y artículo 11.7 a), RD1699/2011).
 - Fallo en la red eléctrica o desconexión por la empresa distribuidora: En el caso de que se interrumpa el suministro en la red eléctrica, el inversor se encuentra en situación de cortocircuito, en este caso, el inversor se desconecta por completo y espera a que se restablezca la tensión en la red para reiniciar de nuevo su funcionamiento (artículo 8.2 y 11.6, RD1699/2011).
 - Intensidad del generador insuficiente: El inversor detecta la tensión mínima de trabajo de los generadores dando así la orden de funcionamiento o parada para el valor de intensidad mínimo de funcionamiento.
 - El inversor incluye interruptor automático en la salida CA.
 - Los inversores estarán conectados a tierra tal y como se exige en el reglamento de baja tensión. La toma de tierra es única y común para todos los elementos.

Los inversores serán provistos del software de aplicación para la configuración de los equipos y extracción de datos, otorgando plenos derechos al administrador e incluyendo el acceso a sus parámetros funcionales.

Además, los inversores deben ir acompañados de planos de cableado, manuales de instalación, operación y mantenimiento, incluyendo lista de parámetros, valores, tolerancias de alarma / advertencia y funcionamiento, en español.

4.3.3 ESTACIÓN DE POTENCIA (*POWER STATION*)

Una vez que los inversores han transformado la energía eléctrica a corriente alterna, se dirige al transformador de potencia para elevar la tensión de la energía generada. El inversor y transformador se instalan en una estación de potencia tipo Skid.

Para el presente proyecto se ha optado por la estación de potencia modelo PowerStation FSK del fabricante INGETEAM.

Se prevén cuatro (4) inversores alojados en una (1) estación de potencia. Se instalará una estación de potencia con un transformador de 6.860 kVA (30°C) así como las celdas de protección asociadas, y la interconexión entre todos los elementos. La Cabina de transformación se ubicará con preferencia en una posición centrada respecto a la instalación y accesible a través de un camino transitable.

La estación de potencia es una plataforma compacta y resistente con todos los equipos de media tensión integrados. Incluye un transformador *outdoor* de media tensión, celdas de protección y desconexión, cubas de aceite y filtros. El transformador de potencia elevará la energía procedente del inversor de 450 V a 20 kV.

El centro de transformación está compuesto por dos bloques que comparten cimentación calculada en función de la carga de los equipos. Los bloques extremos agrupan al inversor con su correspondiente caja de entrada en baja tensión y el transformador de potencia asociado al inversor.

A continuación, se muestra una imagen de la estación de potencia y su esquema unifilar:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA «PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO I - MEMORIA

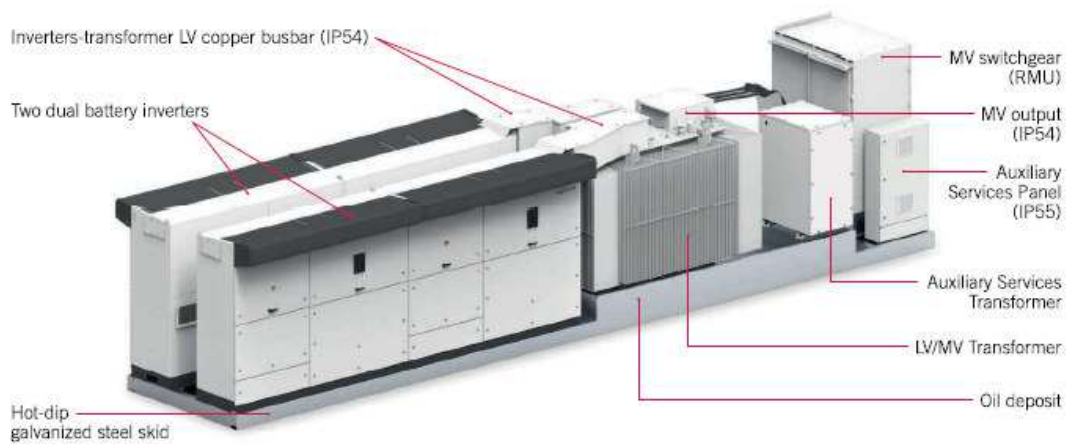


Ilustración XVI – Estación de potencia BESS

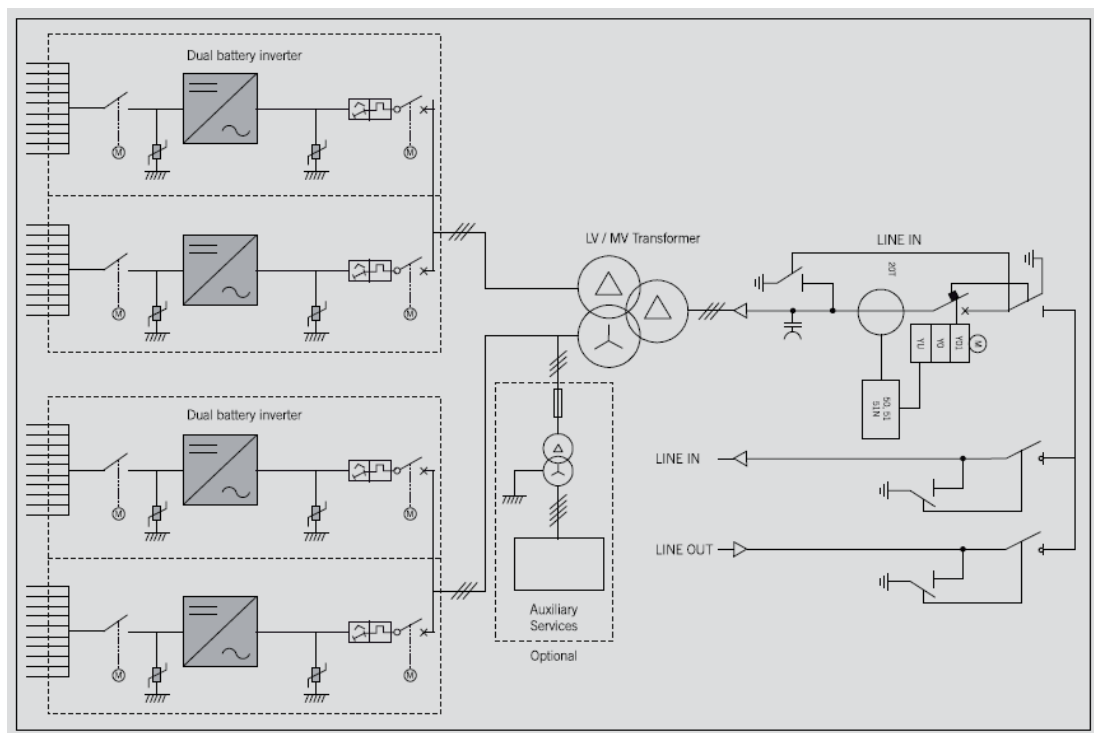


Ilustración XVII – Esquema unifilar – Estación de potencia BESS

Cada una de las cabinas de transformación tipo incluirá al menos los siguientes componentes:

- Transformador BT/MT
- Celdas de MT

- Transformador de Servicios auxiliares
- UPS (Sistema de alimentación ininterrumpida)
- Armario de comunicaciones y control
- Cuadro de conexiones AC proveniente de los inversores
- Embarrado de tierras: el suministrador debe instalar un embarrado de tierras para conectar todas las tierras de protección. Las tierras del equipo suministrado deben ser conectadas e identificadas al embarrado.
- Sistema para detección de humo.
- Sistema de iluminación interna/externa
- Sistema de ventilación

4.3.4 SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA

El sistema de gestión de energía (BMS) es el sistema de control encargado de gestionar el BESS. Las funciones del sistema de energía son:

- Integrar los requerimientos del Código de red.
- Monitorización del BESS (SCADA)
- Realizar los controles necesarios en el punto de conexión.
- Comunicarse con el operador del sistema.
- Gestión del PCS y la BMS.
- Gestión del SOC de baterías.
- Supervisar la degradación del sistema (SOH)

El BMS será el encargado de controlar la planta completa llevando a cabo la gestión de toda la energía generada.

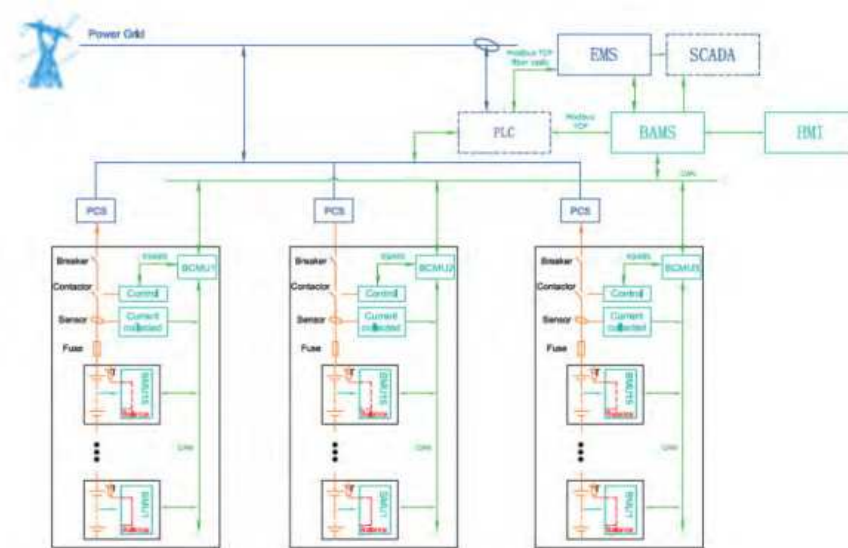


Ilustración XVIII – Sistema BMS – BESS

4.3.5 SISTEMAS AUXILIARES Y DE PROTECCIÓN.

Los sistemas auxiliares y de protección son los encargados de mantener la seguridad y el rendimiento del sistema.

Los sistemas de protección constan de dispositivos de protecciones y aislamiento (fusibles, relés y sistema de ventilación).

Por otra parte, los sistemas auxiliares están compuestos por:

- Sistema de climatización/refrigeración HVAC para mantener la temperatura de la batería dentro del rango requerido por el fabricante, de forma que se cumpla con la garantía en términos de rendimiento y seguridad.
- Sistema de detección y extinción de incendios (PCI).
- Sistema de respaldo para abastecer las cargas esenciales del sistema de baterías en caso de fallo eléctrico.

4.3 Sistema de monitorización y control

Se instalará un sistema de monitoreo con medida y seguimiento de:

- Producción de los inversores
- Medidas de radiación solar y temperatura
- Producción registrada en contadores
- Alarmas y sistemas de vigilancia:
 - Fallo tensión de red
 - Fallo frecuencia de red
 - Fusión fusible de alterna o de continua
 - Error en secuencia de fases
 - Derivación en paneles
 - Actuación de protecciones internas
 - Alarma de isla
 - Paro de emergencia
 - Disyuntor de extractor abierto
 - Temperatura ambiente excesiva

Se acoplará el sistema de medida con los inversores que componen la instalación híbrida mediante comunicación por cable. El sistema de medida incluye:

- Software de supervisión multiplanta
- Panel de visualización de datos en tiempo real
- Recogida de datos
- Tarjeta de lectura de señales de sensores
- Estación meteorológica con medida de radiación solar, temperatura y viento.
- Equipo con MODEM para envío y acceso remoto de la información.

4.4 Sistema de seguridad

Se instalará un sistema activo de seguridad de intrusión para toda la instalación híbrida, con los siguientes elementos:

- Sistema Electrónico: Alarmas de intrusión y CCTV (*Circuito Cerrado de Televisión*), sistemas de detección de movimiento e hilo microfónico.

- Seguridad física estructural
- Sistema informático de control (software): comunicación y verificación

El sistema permitirá la sectorización en áreas independientes, la respuesta rápida a intrusiones y evitar falsas alarmas. El vallado perimetral estará dotado de sistema de protección anti-intrusión con el uso de hilo de continuidad, cable tensado o módulos de detección óptica. Adicionalmente, se dispondrá de equipo de registro de video complementario a la detección de la intrusión.

El CCTV está compuesto por un número de cámaras perimetrales que cubren tanto el vallado perimetral como la mayor parte del área de instalación de los equipos. Las cámaras dispondrán de visión nocturna y software de análisis de imagen para identificar e informar de intrusiones.

El sistema tendrá, además de lo expuesto, las siguientes características:

- Posibilidad de seguimiento e inspección desde múltiples zonas.
- Verificación de alarma de video.
- Reproducción de imágenes en tiempo real, así como imágenes registradas en alarmas.
- Grabación inmediata de imágenes periódicas, así como en eventos de alarma.
- Integración en el circuito de Control de la planta y sistema de alarmas.
- Soporte PTZ en las estaciones de cámara.
- Control remoto de mecanismos (luces, puertas, etc.).
- Posibilidad de introducción de parámetros para evitar falsas alarmas (animales pequeños, pájaros, viento, nubes...).
- Control y registro de acceso al emplazamiento.
- Control de incendios.

5. Instalación eléctrica de Baja Tensión (B.T.)

Se considera la Instalación Eléctrica de Baja Tensión a la referente a aguas abajo del transformador de BT/MT situado en el centro de transformación tanto de la instalación fotovoltaica como la de baterías.

5.1 Instalación fotovoltaica: Baja Tensión (B.T.)

5.1.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA C.C. DE BAJA TENSIÓN

La instalación de baja tensión en corriente continua corresponde a la conexión entre módulos fotovoltaicos y la entrada de los inversores.

Los conductores empleados serán de cobre, de 10 mm² de sección, según especificaciones del fabricante.

5.1.2 CONDUCTORES DE B.T. EN C.C.

Los conductores que unen los módulos fotovoltaicos con los inversores correspondientes serán de cobre, unipolares, tensión asignada de 0,6/1 kV Vdc, con doble aislamiento de goma libre de halógeno (ZZ-F/H1Z2Z2-K), de 10 mm² de sección, cable específico para este tipo de instalaciones. Este cableado comprende desde los módulos fotovoltaicos hasta la entrada de cada inversor.

A cada inversor se conectarán 14/15 string (dependiendo del inversor), donde cada string dispone de 29 módulos fotovoltaicos conectados en serie.

El cálculo de la sección de los conductores de corriente continua se realiza teniendo en cuenta que el valor máximo de caída de tensión no superará el 1,5% de la tensión en el punto de máxima potencia de la agrupación de los conductores del string.

5.1.3 CANALIZACIONES DE B.T. EN C.C.

Los conductores de baja tensión en corriente continua se instalarán de forma aérea y anclados a la estructura fija sobre bandejas, tubos o cualquier otro medio para que queden debidamente recogidos y ordenados.

La canalización de los conductores de corriente continua será independiente de los conductores de alterna.

En planos adjuntos se detallan las dimensiones de las canalizaciones tipo.

5.1.4 CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión límite considerada en los cálculos es de 1,5 %.

En el Anexo I se detallan las caídas de tensión calculadas para todos los tramos conectados a cada uno de los inversores del proyecto.

5.1.5 CONDUCTORES DE B.T. EN C.A.

La instalación de baja tensión en corriente alterna se corresponde con la conexión entre la salida de los inversores y la entrada de los centros de transformación.

Los conductores empleados serán de aluminio, de 240 mm² de sección, según especificaciones del fabricante.

5.1.6 CONDUCTORES DE B.T. EN C.A.

Los conductores que unen la salida de los inversores fotovoltaicos con la entrada de los centros de transformación serán de aluminio, unipolares, tensión asignada 0,6/1 kV Vac, con aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), de 240 mm² de sección, cable específico para este tipo de instalaciones. Este cableado comprende desde los inversores hasta los centros de transformación.

A cada centro de transformación (1 MW) se conectarán 4 inversores (250 kVA).

El cálculo de la sección de los conductores de corriente alterna se realiza teniendo en cuenta que el valor máximo de caída de tensión no superará el 1,5% de la tensión en el punto de máxima potencia del tramo inversor - centro de transformación.

5.17 CANALIZACIONES DE B.T. EN C.A.

Los conductores de baja tensión en corriente alterna se instalarán directamente enterrados.

La canalización de los conductores de corriente alterna será independiente de los conductores de corriente continua.

En planos adjuntos se detallan las dimensiones de las canalizaciones tipo.

5.1.8 CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión límite considerada en los cálculos es de 1,5 %.

En el Anexo I se detallan las caídas de tensión calculadas para todos los tramos conectados a cada uno de los inversores del proyecto.

5.1.9 PUESTA A TIERRA

Las partes metálicas de la instalación eléctrica se conectarán a la instalación de puesta a tierra, mediante conductores de cobre, para evitar accidentes.

5.1.9.1 Materiales

Todos los materiales para utilizar en la red de tierras serán de cobre o aleación de cobre, con las siguientes características:

- Cables: serán exclusivamente de cobre desnudo de sección 35 mm² en la malla principal.
- Electrodo de puesta a tierra: serán de acero recubierto de cobre de 0,25 mm de espesor de recubrimiento de cobre de 14” de diámetro y de 2 m de longitud.
- Conectores: serán de cobre o aleación de cobre de fusión, en conexiones enterradas.

5.1.9.2 Disposición

La formación de la malla de puesta a tierra (Pat) se realizará enlazando las estructuras de los paneles, según sea el caso, mediante conductor de Cu desnudo de 35 mm^2 , conectando las estructuras, los inversores y los centros de transformación. Se dispondrán dos picas de cobre en cada una de éstas últimas, unidas por un conductor desnudo de 50 mm^2 .

5.2 Instalación BESS: baja tensión (B.T.)

5.2.1 INSTALACIÓN ELÉCTRICA C.C. DE BAJA TENSIÓN

La instalación de baja tensión en corriente continua corresponde a la conexión entre los contenedores de baterías y la entrada de los inversores.

Los conductores empleados serán de aluminio, de 400 mm^2 de sección, según especificaciones del fabricante.

5.2.2 CONDUCTORES DE B.T. EN C.C.

Los conductores que unen los contenedores de baterías con los inversores correspondientes serán de aluminio, unipolares, tensión asignada de 1,5 kV Vdc, con aislamiento de polietileno reticulado, tipo XLPE, polietileno libre de halógenos de 400 mm^2 de sección, cable específico para este tipo de instalaciones. Este cableado comprende desde los contenedores de baterías hasta la entrada de cada inversor.

A cada inversor se conectarán 6 conductores de B.T. de cada contenedor de baterías, correspondiéndose estos con cada uno de los 6 racks que conforman cada contenedor.

El cálculo de la sección de los conductores de corriente continua se realiza teniendo en cuenta que el valor máximo de caída de tensión no superará el 1,5% de la tensión en el punto de máxima potencia del conductor de salida de cada rack.

5.2.3 CANALIZACIONES DE B.T. EN C.C.

El cableado de la parte de corriente continua discurrirá directamente enterrado.

La canalización de los conductores de corriente alterna será independiente de los conductores de corriente continua.

En planos adjuntos se detallan las dimensiones de las canalizaciones tipo.

5.2.4 CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión límite considerada en los cálculos es de 1,5 %.

En el Anexo I se detallan las caídas de tensión calculadas para todos los tramos conectados a cada uno de los inversores del proyecto.

5.2.5 CONDUCTORES DE B.T. EN C.A.

La parte de corriente alterna en baja tensión se encuentra integrada en la unidad inversora y se incluye dentro del conjunto suministrado por el fabricante.

5.2.6 PUESTA A TIERRA

Las partes metálicas de la instalación eléctrica se conectarán a la instalación de puesta a tierra, mediante conductores de cobre, para evitar accidentes.

5.2.6.1 *Materiales*

Todos los materiales para utilizar en la red de tierras serán de cobre o aleación de cobre, con las siguientes características:

- Cables: serán exclusivamente de cobre desnudo de sección 35 mm² en la malla principal.
- Electrodo de puesta a tierra: serán de acero recubierto de cobre de 0,25 mm de espesor de recubrimiento de cobre de 14” de diámetro y de 2 m de longitud.
- Conectores: serán de cobre o aleación de cobre de fusión, en conexiones enterradas.

5.2.6.2 Disposición

La formación de la malla de puesta a tierra (Pat) se realizará enlazando las envolventes de los contenedores de baterías y de la estación de potencia mediante conductor de Cu desnudo de 35 mm². Se dispondrán dos picas de cobre en cada una de éstas últimas, unidas por un conductor desnudo de 50 mm².

Las conexiones descritas para la instalación BESS, irán conectadas con la malla de la instalación fotovoltaica descrita en el apartado 5.1.5.

Esta malla resultante, también va conectada con el centro de seccionamiento. Este último dispondrá de dos picas de cobre unidas por un conductor de cobre desnudo de 50 mm².

6. Instalación eléctrica de Media Tensión (M.T.)

6.1 Instalación fotovoltaica: Características instalación de media tensión

La instalación eléctrica de media tensión tiene como finalidad la evacuación de la energía eléctrica generada desde los centros de transformación hasta el centro de seccionamiento.

El nivel de tensión de la red interna de M.T. es de 20 kV, y consiste en una (1) línea subterránea constituida por una terna de cables unipolares en la que se conectan los cinco (5) centros de transformación que conforman la instalación fotovoltaica.

A continuación, se resume en la siguiente tabla la configuración de la red interna de media tensión de la instalación fotovoltaica:

Línea MT	Desde	Hasta	Potencia Máxima (kVA)	Tensión Nominal (kV)	Intensidad Máxima (A)
1	CT1	CT2	1.000	20	28,87
1	CT2	CT5	1.000	20	57,34
1	CT5	CT4	1.000	20	86,60
1	CT4	CT3	1.000	20	115,47
1	CT3	CS	1.000	20	144,34

Tabla XX – Configuración M.T. – Instalación Fotovoltaica

La red eléctrica de M.T. de la instalación será en corriente alterna a 20 kV. El conductor seleccionado será Al RHZ1-OL 3x150 mm² 12/20 kV, con aislamiento dieléctrico seco, directamente enterrado, depositado en el fondo de zanjas tipo, sobre lecho de arena, a una profundidad mínima de 0,8 m. Las zanjas se repondrán compactando el terreno de manera apropiada.

El dimensionado de la instalación será tal que la pérdida de potencia máxima en la parte de la instalación de M.T. no supere el 2,50 %.

6.2 Instalación BESS: Características instalación de media tensión

La instalación eléctrica de media tensión tiene como finalidad la evacuación de la energía eléctrica generada desde la estación de potencia del sistema de almacenamiento energético (BESS) hasta el centro de seccionamiento.

El nivel de tensión de la red interna de M.T. es de 20 kV, y consiste en una (1) línea subterránea constituida por una terna de cables unipolares en la que se el centro de transformación que conforma la instalación BESS.

A continuación, se resume en la siguiente tabla la configuración de la red interna de media tensión de la instalación BESS:

Línea MT	Desde	Hasta	Potencia Máxima (kVA)	Tensión Nominal (kV)	Intensidad Máxima (A)
1	CT	CS	2.000	20	57,36

Tabla XXI – Configuración M.T. – Instalación BESS

La red eléctrica de M.T. de la instalación será en corriente alterna a 20 kV. El conductor seleccionado será Al RHZ1-OL 3x95 mm² 12/20 kV, con aislamiento dieléctrico seco, directamente enterrado, depositado en el fondo de zanjas tipo, sobre lecho de arena, a una profundidad mínima de 0,8 m. Las zanjas se repondrán compactando el terreno de manera apropiada.

El dimensionado de la instalación será tal que la pérdida de potencia máxima en la parte de la instalación de M.T. no supere el 2,50 %.

6.3 Características de la línea subterránea de media tensión

Las características de la línea subterránea se recogen en la siguiente tabla, tanto para la instalación fotovoltaica como de almacenamiento energético:

Características de la línea subterránea de media tensión		
Características	Fotovoltaica	BESS
Sistema	Corriente alterna trifásica	Corriente alterna trifásica
Tipo de línea	Subterránea	Subterránea
Longitud tramo (m)	562,59	21,91
Tensión nominal de la red (kV)	20	20
N.º de circuitos	1	1
N.º de conductores por fase	1	1
Tipo conductor	RHZ1 3x150 mm ² 12/20 kV	RHZ1 3x95 mm ² 12/20 kV

Tabla XXII – Instalación FV & BESS – Características LSMT

7. Red de tierras

Con objeto de proporcionar una protección de las personas contra contactos directos e indirectos se dispondrá en esquema “flotante”, es decir, la red de continua se encuentra aislada de tierra y existe una tierra de protección a la que se unen las masas metálicas del sistema, así como los dispositivos de protección frente a sobretensiones.

Así, se dispondrá una conexión equipotencial a tierra a la que se unen todas las partes metálicas de los componentes del sistema. Esta red de tierra tiene los objetivos siguientes:

- La protección de las personas frente a contactos indirectos, al impedir que las masas adquieran potencial en el caso de defectos de aislamiento.
- Permitir la correcta actuación de los limitadores de corriente y sobretensión de la protección interna.

Se cumplirá el artículo 15 del RD 1.699/2011 y la ITC BT-40 por lo que el electrodo de puesta a tierra de la instalación será independiente del electrodo del neutro de la empresa distribuidora, así como también se dispondrá de una separación galvánica entre la parte de corriente alterna y la de continua de la instalación.

Los conductores de protección discurrirán por las mismas canalizaciones de corriente continua y de corriente alterna de la instalación. La sección mínima de dichos conductores vendrá dada según la tabla 2 de la ITC BT-18 y cumplirá la norma UNE 20.460-5-54.

Así se dispondrá los siguientes conductores de protección:

- 16 mm² para la conexión de los marcos, envolventes, partes metálicas, etc.
- 35 mm² en el descargador de sobretensiones o varistor de CA del inversor.
- 35 mm² para el enlace de barra de equipotencialidad con pica.

Los conductores de protección serán del mismo tipo y modelo que los empleados en sus respectivos tramos.

El conductor de tierra que unirá la barra de equipotencialidad con la puesta a tierra será de cobre desnudo de 35 mm² de sección nominal, hasta enlazar con una pica de acero cobrizado de 250 µ de 14,2 mm de diámetro y 2 metros de longitud total, que se dispondrá hincada en el terreno.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia de hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad no será nunca inferior a 0,5m.

Los materiales utilizados y la realización de las tomas de tierra deben ser tales que no se vea afectada la resistencia mecánica y eléctrica por efecto de la corrosión de forma que comprometa las características del diseño de la instalación. Dado que la resistencia de un electrodo depende de la resistividad del terreno en el que se establece y esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, previa a la entrega deberá ser obligatoriamente comprobada por el Instalador Autorizado. En caso de que no cumpla

con lo establecido se incrementará el número de picas separadas un metro entre sí y unidas por cable de cobre enterrado hasta conseguir la resistencia adecuada.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren. Los electrodos y los conductores de enlace hasta el punto de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen al menos una vez cada 5 años.

8. Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo a un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos
- pletinas, conductores desnudos
- placas
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne de conexión de puesta a tierra para los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

Red de equipotencialidad

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm². Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm² si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

El Centro de Transformación contará a su vez con un anillo de tierra, de cobre con sección de 95 mm².

Todas las partes metálicas de la instalación incluido el vallado perimetral se conectará a la red equipotencial de tierras.

9. Descripción de los trabajos

9.1 Topografía

Los trabajos de topografía comprenden el replanteo inicial de la Instalación sobre el terreno para delimitar los límites de la Planta, los viales de acceso, vallado y ubicación de las cimentaciones de las estructuras vinculadas a los centros de transformación, centro de seccionamiento, estación de potencia y contenedores de baterías.

El replanteo topográfico del terreno será aprobado por el contratista principal antes del inicio de los trabajos y servirá de base topográfica para la cuantificación de estos; dichas aprobaciones se sucederán en los inicios y finales de las fases de desbroce, excavación y rellenos.

La realización del levantamiento se basará en las coordenadas de al menos dos vértices geodésicos o antenas “Global Navigation Satellite System” (GNSS) para la determinación de sus tres coordenadas del sistema oficial de referencia. Para determinar las alturas ortométricas, se deben conectar al menos otros dos niveles de puntos, si no se proporciona un modelo gravitacional que asegure una precisión absoluta “H” menor de 10 cm.

Estas bases se presentarán en los planes de levantamiento y se construirá de manera que se asegure su permanencia y que no estén colocadas en terrenos agrícolas o en lugares con riesgo de desaparición o cualquier tipo de movimiento. Se debe asegurar que las bases

estén ubicadas en un área protegida de daños mecánicos y perturbaciones electromagnéticas, donde prevalecerá el patrón de sostenibilidad.

9.2 Obra civil

9.2.1 CIMENTACIÓN

Se procederá a la construcción de losas de cimentación para cada contenedor de baterías, cada centro de transformación, centro de seccionamiento y para la estación de potencia vinculada a la instalación de almacenamiento de energía. Las losas de cimentación se apoyarán debajo del nivel del suelo, sobresaliendo un mínimo de 10 cm y un máximo de 20 cm sobre cota superior del terreno.

El diseño de las losas permitirá un sobreancho de 0,20 m, de canto, metros a cada lado de los contenedores y en la medida de lo posible se procura que el diseño de la cimentación conduzca a losas monolíticas para varios contenedores, de modo que se minimicen los efectos debidos a asientos diferenciales.

La misión del encofrado es contener el vertido del hormigón fresco hasta su endurecimiento, sin permitir asientos y deformaciones.

Se plantea sobredimensionar la losa de cimentación en 0,2 m por cada lado, con el fin de obtener una superficie suficientemente idónea para su apoyo definitivo

9.2.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO Y MOVIMIENTOS DE TIERRA

La preparación del terreno consistirá en una limpieza y desbroce del terreno para eliminar la capa vegetal existente sin realizar movimientos de tierra.

Consiste en extraer y retirar de las zonas designadas todos los árboles, tocones, plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basura o cualquier otro material indeseable según el Proyecto o a juicio de la dirección de obra. Estos trabajos serán los mínimos posibles y los suficientes para la correcta construcción del Proyecto.

La ejecución de esta operación incluye las operaciones siguientes:

- Remoción de los materiales objeto de desbroce
- Retirado y extendido de los mismos en su emplazamiento definitivo
- Demolición de edificios o posibles estructuras existentes en el terreno y posterior transporte de los escombros a vertedero.

De esta forma se realizará la extracción y retirada en las zonas designadas, de todas las malezas y cualquier otro material indeseable a juicio de la dirección de obra.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

Las operaciones de remoción se efectuarán con las precauciones necesarias para lograr unas condiciones de seguridad y evitar daños en las construcciones próximas existentes. Todos los tocones o raíces mayores de diez centímetros (10 cm) de diámetro serán eliminados hasta una profundidad no inferior a setenta y cinco centímetros (75cm) por debajo de la rasante.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material procedente de los desmontes de la obra o de los préstamos, según está previsto en el estudio de movimientos de tierras necesarios en la obra.

Todos los pozos y agujeros que queden dentro de la explanación se rellenarán conforme a las instrucciones de la dirección de obra.

Todos los productos o subproductos forestales no susceptibles de aprovechamiento serán eliminados de acuerdo con lo que ordene la dirección de obra sobre el particular.

Una vez finalizada la preparación del terreno, a partir del plano topográfico del terreno, y evitando lo máximo posible el desplazamiento de tierras, se hará el movimiento de tierras según corresponda. Distinguir entre los movimientos de tierra necesarios para:

- Plataforma de área de instalaciones provisionales.

9.2.3 CANALIZACIONES Y ARQUETAS

9.2.3.1 *Canalizaciones de corriente continua*

El cableado de corriente continua vinculado a la instalación de baterías discurrirá directamente enterrado. El cableado asociado a la instalación fotovoltaica irá al aire.

Las canalizaciones tendrán una anchura de 35 cm, como mínimo, y una profundidad tal que permita que los conductores queden a una profundidad mínima de 75 cm. Se dispondrá una capa de arena de río lavada de espesor mínimo de 0,05 m sobre la que se colocarán los cables. Por encima de ellos irá otra capa de arena de 0,10 m de espesor.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J, así como una cinta de señalización que advierta la existencia del cable eléctrico. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

9.2.3.2 *Canalizaciones de corriente alterna*

El cableado de la parte de corriente alterna irá directamente enterrado a una profundidad de 0,85 m. cuando existan impedimentos que no permitan lograr las mencionadas profundidades, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes. Por el contrario, deberán aumentarse cuando que las condiciones que se establezcan así lo exijan.

La zanja ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de una persona, salvo que el tendido del cable se haga por medios mecánicos. Sobre el fondo de la zanja se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 0,05 m y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y no deben desprender piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad, conforme a la normativa de riesgos laborales. Por encima del cable se dispondrá otra capa de 0,1 m de espesor que podrá ser de arena o material con características equivalentes.

Para proteger el cable frente a excavaciones, estos deben de tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta de la existencia del cableado. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los conductores. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse en función de cruces o derivaciones.

9.2.3.3 *Viales internos*

La Instalación contará con una red de viales interiores que dará acceso a las baterías, a los centros de transformación, a la estación de potencia de las baterías y al centro de seccionamiento que conforman la Planta.

La estación de potencia deberá estar en una plataforma ligeramente elevada conectada a los caminos internos. Esta plataforma debe considerar un área de trabajo segura de 2 m alrededor de la estación de potencia, sin pendiente.

Todos los viales interiores de la instalación serán de 2,00 m de ancho y estarán compuestos por una subbase de suelo seleccionado compactado al 95% PM con un mínimo de 0,20 m de espesor y una base de zahorra natural de 0,10 m de espesor compactada al 95% PM.

La pendiente máxima de los caminos se establece en un 10%, y aquellos tramos en los que presenten pendientes mayores, si los hubiera, se hormigonarán consecuentemente.

Respecto a los caminos de acceso a la Planta, se adecuarán en aquellos tramos en los que sea necesario para garantizar el paso de vehículos de carga durante la fase de obras. Se les proporcionará un ancho mínimo de 4 metros y se construirán sobreechamientos en curvas para asegurar el paso de camiones y/o maquinaria.

9.2.3.4 Vallado perimetral

Se instalará un vallado perimetral compuesto por tubos galvanizados, colocados cada 3,00 metros en excavaciones rellenas de hormigón en masa H-25, de 48 mm de diámetro, 12 mm de espesor y 2,15 m de altura, acodados en sus extremos para colocar dos hileras de alambre de espino. En todos los cambios de dirección, o en su defecto, cada 45 m, se dispondrán postes de refuerzo con dos tornapuntas. La malla será de tipo cinética 200-17-30 y tendrá 2,00 m de altura. Se colocarán 4 tirantas de alambre de 16 mm² con sus tensores y tornillos correspondientes.

Se realizarán accesos a la planta mediante cancela de 6 m de anchura y 2,15 m de altura en dos hojas, realizadas con tubo galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,2 mm de espesor más malla electrosoldada de las mismas características que la anterior.

Con objeto de preservar el medio, el vallado dispondrá de pequeños accesos de 0,30 x 0,30 m instalados cada 150 m para permitir el paso de animales pequeños existentes en la zona.

9.2.3.6 Estudio geotécnico

En el momento de desarrollar la actuación, se realizará un estudio geotécnico, de forma que se determinen las características del terreno y así, conseguir la forma óptima de los trabajos de anclado o cimentación de los elementos de la instalación.

9.2.3.7 Sistema de drenaje

El diseño del sistema de drenaje se abordará estrechamente ligado con el movimiento de tierras y explanaciones, en caso de tener que llevarlas a cabo.

Se tratará de aprovechar al máximo las líneas de flujo principal existentes, modificándolas o reordenándolas, diseñando y dimensionando cada uno de los elementos de drenaje que garanticen una correcta y óptima evacuación de aguas.

No se realizarán movimientos de tierra que produzcan alteraciones topográficas que puedan afectar a los cauces existentes.

La Planta podrá contar con un sistema de drenaje que permita evacuar, controlar, conducir y filtrar todas las aguas pluviales hacia los drenajes naturales del área ocupada por la Instalación.

Se deberá asegurar que el sistema de drenaje da continuidad al drenaje natural del terreno.

Se diferencian tres tipologías diferentes que se detallan a continuación:

- Drenaje longitudinal de tipo 1 (cuneta) como medida de protección perimetral de la Planta y de los viales internos. Captarán el agua de escorrentía y la conducirán hacia los puntos de menor cota.
- Drenaje longitudinal de tipo 2 (paso salvacunetas) para permitir el cruce entre caminos (interior o de acceso a la Planta) y las obras de drenaje de tipo 1, con el fin de garantizar el regular flujo entre el agua pluvial recolectada en la cuneta frente a un evento con un tiempo de retorno de 25 años.
- Obra de Drenaje Transversal (ODT) para permitir el cruce caminos y las ramblas/cauces existentes, con el fin de garantizar el regular flujo de escorrentías frente a un evento con un tiempo de retorno de 100 años. Se colocarán tubos salva cunetas que crucen bajo los caminos, con rejillas a la entrada para evitar el aterramiento de los tubos. Se evitarán los diámetros pequeños, empleando como mínimo el diámetro $\varnothing 400$ mm, y empleando tubos con capacidad mecánica suficiente para soportar el paso de los vehículos. En caso de que los cauces sean muy poco pronunciados o el desnivel del terreno sea insuficiente para permitir la instalación de tubos como ODT, se recurrirá a la ejecución de vados hormigonados, protegiendo el camino de la socavación y restituyendo el flujo natural del agua.

También se realizarán las acciones necesarias para evitar afecciones por las posibles aguas de escorrentía provenientes de las parcelas colindantes al Proyecto.

En función del estudio de la pluviometría de la zona, se calculan la escorrentía superficial y las precipitaciones máximas sobre la parcela. Las dimensiones de las canalizaciones de

evacuación de aguas a construir se dimensionarán en función de los datos pluviales y la normativa nacional relacionada.

9.3 Sistema de seguridad

Se instalará un sistema de seguridad compuesto de un sistema detector de intrusión, compuesto por barreras de microondas y un sistema de circuito cerrado de televisión y vídeo (CCTV), compuesto por cámaras de vigilancia fijas, con visión nocturna y distribuida a lo largo del perímetro abarcado por las plantas.

Para la instalación del sistema de seguridad, se instalarán durante la fase de ejecución del proyecto unos tubos enterrados a una profundidad mínima de 40 cm, con un diámetro mínimo de 80 cm, por los que se tenderán los cables de señal y alimentación tanto de las cámaras como de las barreras de microondas. Dicha canalización también seguirá el recorrido del perímetro de la planta

9.4 Suministro de equipos

Previo al montaje electromecánico de la Planta se realizará la recepción, acopio y almacenamiento de materiales en el lugar destinado a tal efecto. La descarga desde el camión hasta la zona de acopios se realizará mediante el uso de grúas pluma. El suministro de equipos incluye la recepción, acopio y reparto de los materiales de construcción.

9.5 Montaje mecánico

9.5.1 MONTAJE DE SEGUIDORES SOLARES Y MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

El seguidor solar horizontal está formado por un conjunto de perfiles metálicos unidos entre sí. La estructura principal es un perfil tubular apoyado sobre postes. Estos se instalarán por medio de hincado directo al terreno siempre que sea posible, a una profundidad de hincado mínima según se determine en el *Pull-Out Test* que deberá realizarse previo a la construcción de acuerdo al estudio geotécnico. En aquellos casos en los que el hincado directo no sea posible, se utilizará el método de *pre-drilling* para la

instalación de las hincas de los seguidores, y si tampoco fuera posible, se utilizarán micropilotes o zapatas de hormigón aisladas.

El perfil tubular se acopla mediante un brazo pivotante a una biela accionada por un actuador electromecánico, el cual hace girar la estructura de forma automatizada.

El montaje de la estructura concluye con la fijación de los módulos fotovoltaicos y las cajas de seccionamiento a los perfiles metálicos mediante uniones atornilladas.

9.5.2 MONTAJE DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Para el montaje de los centros de transformación prefabricados solo necesitará la adecuación del terreno donde se instalará y su correcto posicionamiento en el campo solar mediante una losa de cimentación.

9.5.3 MONTAJE DE ESTACIÓN DE POTENCIA

La Estación de Potencia tan solo necesitará la adecuación del terreno donde se instalará y su correcto posicionamiento en el lugar mediante una losa de cimentación.

9.5.4 MONTAJE DEL CONTENEDOR DE BATERÍAS

Los contenedores de baterías tan solo necesitarán la adecuación del terreno donde se instalará y su correcto posicionamiento en el lugar mediante una losa de cimentación.

9.6 Montaje eléctrico

9.6.1 BAJA TENSIÓN

La instalación eléctrica de baja tensión se puede dividir a su vez en:

- Instalación de corriente continua en baja tensión (CCBT)
- Instalación de corriente alterna en baja tensión (CABT)

La instalación CCBT comprende los tramos de conexión entre los paneles solares y la entrada del inversor fotovoltaico y, para la instalación de baterías, comprende los tramos de conexión entre los contenedores de baterías y la entrada de los inversores BESS.

9.6.2 MEDIA TENSIÓN

Los trabajos y elementos necesarios para la ejecución de la línea subterránea de media tensión son los descritos en los siguientes apartados:

9.6.2.1 Disposición de montaje

Los cables se agruparán en tresbolillo, en ternas dispuestas en un nivel siguiendo el esquema de colocación de fases siguiente:

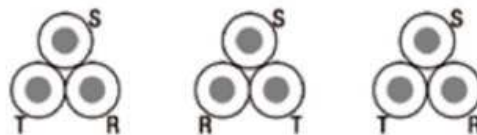


Ilustración XIX – Disposición Línea M.T.

La instalación de los conductores a lo largo de todo el trazado se llevará a cabo enterrado bajo tubo.

9.6.2.2 Accesorios

Los accesorios serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Las terminaciones deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.)

La ejecución y montaje de los accesorios de conexión se realizarán siguiendo el Manual Técnico correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

9.6.2.3 Terminaciones

Las terminaciones serán adecuadas al tipo de conductor empleado en cada caso. Existen dos tipos de terminaciones para las líneas de media tensión:

- Terminaciones convencionales contráctiles en frío, tanto de exterior como de interior: se utilizarán estas terminaciones para la conexión a instalaciones existentes con celdas de aislamiento al aire o en las conversiones aéreas/subterráneas. Estas terminaciones serán acordes a las normas UNE 211027, UNE HD 629-1 y UNE EN 61442.
- Conectores separables: se utilizarán para instalaciones con celdas de corte y aislamiento en SF6. Serán acordes a las normas UNE-HD629-1 y UNE-EN 61442.

9.6.2.4 Empalmes

Los empalmes serán adecuados para el tipo de conductores empleados y aptos igualmente para la tensión de servicio. En general se utilizarán siempre empalmes contráctiles en frío, tomando como referencia las normas UNE: UNE211027, UNEHD629-1 y UNE-EN 61442.

9.6.2.5 Sistema de puesta a tierra

Se conectarán a tierra las pantallas de todas las fases de cada uno de los extremos y en los empalmes intermedios. Esto garantiza que no existan grandes tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.



Ilustración XX – P.A.T. de cubiertas metálicas

No será necesario realizar trasposición de fases dado que las ternas se montarán en tresbolillo.

9.6.2.6 Derivaciones

Las derivaciones de este tipo de líneas se realizarán desde las celdas de línea situadas en centros de transformación o reparto desde líneas subterráneas haciendo entrada y salida.

9.6.2.7 Ensayos eléctricos después de la instalación

Una vez que toda la instalación haya sido concluida, es necesario comprobar que el tendido del cable y el montaje de los accesorios (empalmes, terminales, etc.) se ha realizado correctamente.

9.6.2.8 Canalización

La zanja ha de ser de la anchura suficiente para permitir el trabajo de una persona, salvo que el tendido del cable se haga por medios mecánicos. Sobre el fondo de la zanja se colocará una capa de arena o material de características equivalentes de espesor mínimo 5 cm y exenta de cuerpos extraños. Los laterales de la zanja han de ser compactos y conformes a la normativa de riesgos laborales. Por encima del tubo se dispondrá otra capa de 10 cm de espesor, como mínimo, que podrá ser de arena o material con características equivalentes.

Para proteger el cable frente a excavaciones hechas por terceros, los cables deberán tener una protección mecánica que en las condiciones de instalación soporte un impacto puntual de una energía de 20 J y que cubra la proyección en planta de los cables, así como una cinta de señalización que advierta la existencia del cable eléctrico de A.T. Se admitirá también la colocación de placas con doble misión de protección y señalización.

Por último, se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos.

9.6.2.9 Arquetas

Se evitará, en lo posible, los cambios de dirección, en los puntos donde se produzcan, para facilitar la manipulación de los cables se dispondrán arquetas con tapas registrables o no. Con objeto de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro en aquellos casos que lo requieran. En la entrada de las arquetas las canalizaciones entubadas deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

Se colocarán arquetas, como máximo, cada 200 m, adicionalmente se instalarán en aquellas partes del trazado de la línea que presenten giros pronunciados, y antes y después de cruzamientos con afecciones.

9.6.2.10 Medidas de señalización y seguridad

Las zanjas se realizarán cumpliendo todas las medidas de seguridad personal y vial indicadas en la Ordenanzas Municipales, Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Código de Circulación, etc.

Todas las obras deberán estar perfectamente señalizadas y balizadas, tanto frontal como longitudinalmente (chapas, tableros, valla, luces, etc.). La obligación de señalar alcanzará, no solo a la propia obra, sino aquellos lugares en que resulta necesaria cualquier indicación como consecuencia directa o indirecta de los trabajos que se realicen.

10. Sistema de protecciones

10.1 Sistema de protecciones en corriente continua

Las líneas procedentes de los *strings* vinculados a la instalación fotovoltaica, así como las líneas de conexión entre los contenedores de baterías de la instalación BESS, estarán protegidas por fusibles de alojados en los portafusibles situados en el interior de las cajas de conexión. De este modo se consiguen dos objetivos; el primero de ellos es el de impedir que estos dos subgrupos pasen a trabajar en ningún momento como carga y soportando

corrientes inversas superiores a su propia corriente de cortocircuito. El segundo de ellos es el de permitir la desconexión fácil y rápida de estos subgrupos, facilitando las labores del personal de mantenimiento.

Además, contendrán un disyuntor – seccionador general, así como descargador de sobretensión para proteger la instalación contra sobretensiones entre el polo positivo y tierra, negativo y tierra y entre el polo positivo y negativo.

10.2 Sistema de protecciones en corriente alterna

Tanto el inversor fotovoltaico como el inversor BESS cuentan con protecciones contra sobretensiones de clase II y cortocircuito, tal y como puede comprobarse en su ficha técnica, por lo que no será necesaria la instalación de dichos elementos en el lado del inversor. No ocurre así en el lado del transformador en el que será necesaria la instalación de una protección magnetotérmica para cada circuito de inversor y una protección magnetotérmica general que proteja todas ellas.

La protección tendrá capacidad de corte en todas las fases, tendrá una intensidad nominal y un poder de corte ajustados a las necesidades de cada línea, tal y como se describe en el plano relacionado con el esquema unifilar de la instalación fotovoltaica, así como la instalación BESS.

Para la protección contra contactos indirectos será necesaria la instalación de una protección diferencial de intensidad nominal suficiente y sensibilidad de 300 mA.

11. Producción energética y rentabilidad del proyecto.

En el presente proyecto no se ha desarrollado un estudio de producción energética detallado de la planta fotovoltaica, ya que este trata sobre una instalación fotovoltaica híbrida con una instalación de almacenamiento de energía mediante baterías. Este tipo de instalaciones introduce una diferencia sustancial respecto a las plantas convencionales, donde la energía generada se vierte directamente a red en el mismo momento en que se produce.

Al disponer del sistema de baterías, la energía no tiene por qué ser inyectada a la red en momentos en los que la planta fotovoltaica está produciendo ya que puede ser almacenada en las baterías para inyectarse posteriormente en horas en los que el precio de la energía sea más elevado, como pueden ser las horas nocturnas, por ejemplo.

Por todo ello, el valor económico de la energía generada no dependerá exclusivamente del volumen de producción instantáneo y, por lo tanto, no dependerá de los parámetros clásicos que se utilizan para valorar la rentabilidad de una instalación fotovoltaica, como son el PR (*Performance Ratio*)² o el número de horas equivalentes al año.

Para poder definir con la mayor exactitud posible la gestión de operatividad del proyecto así como su rentabilidad, es necesario elaborar un plan de viabilidad financiera en el que se tengan en cuenta diversos aspectos:

- la producción de la planta solar
- la predicción del precio de la energía para los siguientes 30 años³
- la participación en mercados eléctricos de PV y BESS (mercado spot diario, mercados intradiarios, mercado de balance / desvíos, mercados de servicios de ajuste, etc.)
- la participación en ayudas económicas para este tipo de proyectos otorgadas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España (IDAE).

La elaboración del plan de viabilidad financiera mencionado queda fuera del objeto del presente Proyecto Fin de Máster.

² medida que evalúa la eficiencia con la que un sistema fotovoltaico convierte la radiación solar en energía eléctrica. Se expresa en porcentaje y refleja la relación entre la energía efectivamente generada por el sistema y la energía que teóricamente podría haberse generado bajo condiciones estándar de medida (STC, 1000W/m², y a 25°C). Está definida en la norma IEC EN 61724.

³ estas predicciones las realizan consultores ampliamente validados a nivel mundial como puede ser Aurora Energy Research. Son tan aceptadas que las entidades (bancos, fondos de inversión, etc.) que financian a los promotores parte o totalidad de la construcción de las plantas fotovoltaicas aceptan modelos basados en los datos ofrecidos por este tipo de compañías.

Igualmente, se define una producción energética de la instalación fotovoltaica de 2.053 kWh/kWp/año, proporcionada por el software de diseño de instalaciones fotovoltaicas *PVDesign*.

12. Conclusiones.

A lo largo de la Memoria del presente Proyecto de Fin de Máster basado en una instalación fotovoltaica de 5 MW hibridada con un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías (BESS) de 2 MW ubicada en el término municipal de Alhama de Granada (Granada) se han abordado los aspectos técnicos, normativos, administrativos y de seguridad necesarios para garantizar la viabilidad de este tipo de instalaciones.

Como punto de partida, se ha analizado la prefactibilidad del emplazamiento de la instalación, analizando los aspectos urbanísticos, medioambientales y topográficos en la zona de implantación.

El diseño eléctrico y constructivo ha permitido dimensionar adecuadamente la instalación hibridada, optimizando el rendimiento energético de esta y dotándola de la correcta seguridad en aplicación de la normativa eléctrica vigente.

Además, a lo largo de este documento, se detalla cómo se tramita administrativamente este tipo de proyectos para poder iniciar su construcción y se define: un estudio de seguridad y salud que proporcionará las medidas necesarias para proteger a los trabajadores durante la fase de construcción; un estudio de gestión de residuos que establece las directrices necesarias para el tratamiento de los residuos generados en obra; y un plan de desmantelamiento cuyo cumplimiento permitirá restablecer las condiciones del terreno al final de la vida útil de la instalación.

Por todo ello, se concluye que la ejecución de este proyecto es técnica, económica y medioambientalmente viable.

Finalmente, destacar que la redacción de este Proyecto Fin de Máster ha permitido aplicar parte de los conocimientos adquiridos en el Máster de Ingeniería Industrial, abarcando disciplinas como la ingeniería eléctrica, gestión de proyectos y eficiencia energética.

Málaga, septiembre de 2025

El autor del Proyecto Fin de Máster

DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

DOCUMENTO II

ANEXOS

Málaga, septiembre de 2025

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

ANEXO I

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Índice

1. Cálculos eléctricos de baja tensión	1
1.1 Objeto	1
1.2 Metodología del cálculo de secciones	1
1.2.1 Criterio de caída de tensión	1
1.2.2 Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento.....	2
1.3 Cálculo del cableado de baja tensión.....	3
1.3.1 Instalación fotovoltaica: cableado corriente continua	4
1.3.1.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible.....	4
1.3.1.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión.....	8
1.3.2 Instalación BESS: cableado corriente continua.....	10
1.3.2.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible.....	10
1.3.2.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión.....	16
1.3.3 Instalación fotovoltaica: cableado corriente alterna	18
1.3.3.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible.....	18
1.3.3.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión.....	23
2. Cálculos eléctricos de media tensión	25
2.1. Objeto	25
2.2 Metodología del cálculo de secciones	25

2.2.1 Criterio de caída de tensión	25
2.2.2 Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento.....	26
2.3 Cálculo del cableado de media tensión	27
2.3.1 Instalación fotovoltaica: cableado de media tensión	27
2.3.1.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible.....	27
2.3.1.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión.....	31
2.3.2 Instalación BESS: cableado de media tensión.....	33
2.3.2.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible.....	33
2.3.2.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión.....	36

Índice de tablas

Tabla I – Factor de corrección en función de T^a – Instalación PV CC.....	6
Tabla II – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación Fotovoltaica CC	7
Tabla III – Cumplimiento caída de tensión – Instalación Fotovoltaica CC	9
Tabla IV – Factor de corrección por T^a terreno – Instalación BESS CC	12
Tabla V – Factor de corrección por resistividad del terreno – Instalación BESS CC	13
Tabla VI – Factor de corrección agrupación de conductores – Instalación BESS CC	13
Tabla VII – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación BESS CC.....	15
Tabla VIII – Cumplimiento caída de tensión – Instalación BESS CC.....	17
Tabla IX – Factor de corrección por T^a terreno – Instalación PV CA.....	19

Tabla X – Factor de corrección por resistividad terreno – Instalación PV CA.....	20
Tabla XI – Factor de corrección varios conductores – Instalación PV CA.....	21
Tabla XII – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación PV CA	22
Tabla XIII – Cumplimiento caída de tensión – Instalación PV CA	24
Tabla XIV – Intensidades nominales – Instalación PV MT	28
Tabla XV – Factor de corrección por T ^a terreno – Instalación PV MT.....	29
Tabla XVI – Factor de corrección por resistividad del terreno – Instalación PV MT	29
Tabla XVII – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación PV MT	30
Tabla XVIII – Cumplimiento caída de tensión – Instalación PV MT.....	32
Tabla XIX – Factor de corrección por T ^a terreno – Instalación BESS MT.....	34
Tabla XX – Factor de corrección por resistividad terreno – Instalación BESS MT ..	34
Tabla XXI – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación BESS MT.....	35
Tabla XXII – Cumplimiento caída de tensión – Instalación BESS MT.....	37

1. Cálculos eléctricos de baja tensión

1.1 Objeto

El objeto de este apartado es el de justificar las características técnicas de los conductores empleados en los circuitos de baja tensión que conforman la instalación híbrida, tanto en corriente alterna como en corriente continua.

1.2 Metodología del cálculo de secciones

La sección de los conductores en baja tensión se definirá en base al cumplimiento de dos criterios:

- Criterio de caída de tensión
- Criterio de intensidad máxima de cortocircuito

1.2.1 CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites establecidos por el R.E.B.T (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión). Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud.

De acuerdo con el R.E.B.T., la caída de tensión tanto en la parte de corriente continua como de corriente alterna debe ser inferior al 1,5 %.

La expresión utilizada para el cálculo de la caída de tensión en líneas de corriente continua es la siguiente:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I_{L,cc} \cdot L \cdot \rho}{S} \quad (1)$$

Donde:

ΔV : caída de tensión, en voltios

$I_{L,cc}$: intensidad de la línea, en amperios

L : longitud de la línea, en metros

ρ : resistividad del material conductor (Cu o Al) $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S : sección del conductor, en mm^2

En corriente alterna trifásica, la expresión que define la caída de tensión de una línea es la siguiente:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{L,ca} \cdot L \cdot \rho}{S} \quad (2)$$

Donde:

ΔV : caída de tensión, en voltios

$I_{L,ca}$: intensidad de la línea, en amperios

L : longitud del cable la línea, en metros

ρ : resistividad del material conductor (Cu o Al) $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S : sección del conductor, en mm^2

1.2.2 CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE O DE CALENTAMIENTO

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70° C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90° C para cables con aislamientos termoestables.

Para comprobar el cumplimiento de este criterio, se procederá de la siguiente forma:

1. Calcular la intensidad que circula por la línea correspondiente.

2. Aplicar los factores de corrección que establece el R.E.B.T. (agrupación de circuitos, tipo de instalación, temperatura, etc.)
3. Comprobar que la intensidad de la línea siempre es menor que la máxima admisible por el conductor para la sección seleccionada.

La intensidad en corriente continua se define mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{V} \quad (3)$$

Donde:

- V: nivel de tensión, en voltios
- P: potencia de la línea, en vatios.
- I: intensidad de la línea, en amperios.

En corriente alterna trifásica, se atiende a:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (4)$$

Donde:

- U: tensión de línea (trifásica), en voltios
- P: Potencia activa de la línea, en vatios.
- I: intensidad de la línea, en amperios.
- $\cos \varphi$: factor de potencia

1.3 Cálculo del cableado de baja tensión

A continuación, se detallan los tramos de baja tensión que discurren por la instalación híbrida, tanto en corriente continua como alterna:

- Corriente continua
 - Instalación fotovoltaica
 - Tramo comprendido entre los *strings* y los inversores.
 - Instalación BESS
 - Tramo comprendido entre los contenedores de baterías y los inversores.
- Corriente alterna
 - Instalación fotovoltaica
 - Tramo comprendido entre los inversores y los centros de transformación.
 - Instalación BESS
 - Tramo comprendido entre los inversores y el transformador ubicado en la estación de potencia (en este tramo no será necesario el cálculo del cableado ya que este se encuentra integrado en la unidad inversora y se incluye dentro del conjunto suministrado por el fabricante.)

1.3.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: CABLEADO CORRIENTE CONTINUA

En este apartado se detalla el cálculo realizado para selección de los conductores que componen la parte de baja tensión en corriente continua de la instalación fotovoltaica.

1.3.1.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible

Atendiendo a lo indicado en el apartado *1.2.1 Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento*:

1. Cálculo de intensidad de la línea

Se calcula la intensidad de corriente que circulará por cada circuito. Para ello, seleccionamos la intensidad de cortocircuito que establece la ficha técnica del panel seleccionado, en este caso:

$$I_{MPP} = 17,29 A \quad (5)$$

Esta corriente se mayor a un 25 % atendiendo a lo expuesto en la ITC-BT-40 del R.E.B.T. para instalaciones generadoras:

$$I_{MPP'} = 21,61 A \quad (6)$$

2. Aplicación de coeficientes de corrección

A partir de las especificaciones del fabricante seleccionado para los cables para este tramo, modelo H1Z2Z2-K de TOP CABLE, obtenemos una intensidad admisible de 80 A para un conductor de cobre montado al aire con una sección de 10 mm².

A esta intensidad se aplican los distintos factores de corrección con la finalidad de definir la intensidad máxima del cable:

Factor de corrección de una instalación expuesta directamente al sol

En zonas en las que la radiación solar es muy fuerte, se deberá tener en cuenta el calentamiento de la superficie de los cables con relación a la temperatura ambiente, por lo que en estos casos se aplica un factor de corrección 0,9 o inferior, tal como recomiendan las normas de la serie UNE 20.435.

Factor de corrección en función de la temperatura ambiente

En la tabla figuran los factores de corrección en función de la temperatura ambiente (se considera para la instalación una T^a ambiente de 45° C):

Tabla B.52.14 – Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C
a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en el aire

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	Mineral*	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,78	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	–	0,65	–	0,70
70	–	0,58	–	0,65
75	–	0,50	–	0,60
80	–	0,41	–	0,54
85	–	–	–	0,47
90	–	–	–	0,40
95	–	–	–	0,32

* Para temperaturas ambiente más elevadas, consultar al fabricante.

Tabla I – Factor de corrección en función de T^a – Instalación PV CC

3. Cumplimiento de la condición: $I_{MPP} < I_{MÁX.ADM}$

Para el estudio que ocupa en este apartado, se ha seleccionado el tramo más largo y, por lo tanto, más desfavorable, que conecta a cada una de las entradas de los 20 inversores que conforman la instalación fotovoltaica.

En la siguiente tabla se puede comprobar cómo para una sección de 10 mm² se cumple el criterio de intensidad máxima admisible:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

Modelo Panel Fotovoltaico	CT	Inversor	String	Sección (mm ²)	Material Conductor	Tipo de instalación (Aire, Zanja)	Longitud cálculo + Mayoración 4 m (m)	Imp _{pp} (A)	Imp _{pp} ' (A)	I _{sc} (A)	I admisible (A)	Factor por T ^a	Factor por exposición al aire	Factor corrección total	I máx.adm (A)	Criterio Int. Máx. Adm
TSM-NEG21C.20	1	1.1	1.1.D	10	Cu	Aire	215,54	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		1.2	1.2.D	10	Cu	Aire	184,27	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		1.3	1.3.D	10	Cu	Aire	171,86	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		1.4	1.4.D	10	Cu	Aire	153,21	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20	2	2.1	2.1.D	10	Cu	Aire	198,88	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		2.2	2.2.D	10	Cu	Aire	204,88	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		2.3	2.3.D	10	Cu	Aire	232,22	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		2.4	2.4.D	10	Cu	Aire	165,72	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20	3	3.1	3.1.D	10	Cu	Aire	205,30	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		3.2	3.2.D	10	Cu	Aire	203,85	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		3.3	3.3.D	10	Cu	Aire	249,92	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		3.4	3.4.D	10	Cu	Aire	242,70	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20	4	4.1	4.1.D	10	Cu	Aire	204,82	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		4.2	4.2.D	10	Cu	Aire	204,84	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		4.3	4.3.D	10	Cu	Aire	205,03	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		4.4	4.4.D	10	Cu	Aire	205,04	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20	5	5.1	5.1.D	10	Cu	Aire	126,86	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		5.2	5.2.D	10	Cu	Aire	126,86	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		5.3	5.3.D	10	Cu	Aire	126,86	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK
TSM-NEG21C.20		5.4	5.4.D	10	Cu	Aire	126,76	17,29	21,6	18,32	80	0,87	0,9	0,59	46,98	OK

*Los tramos enterrados se supondrán al aire al ser la distancia irrelevante.

Tabla II – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación Fotovoltaica CC

1.3.1.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión

En este apartado se comprueba el cumplimiento del criterio caída de tensión para la sección de 10 mm² seleccionada.

Para ello, se emplea la expresión utilizada para el cálculo de la caída de tensión en líneas de corriente continua:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I_{L,cc} \cdot L \cdot \rho}{S} \quad (7)$$

Donde:

ΔV : caída de tensión, en voltios

$I_{L,cc}$: intensidad de la línea, en amperios

L : longitud de la línea, en metros

ρ : resistividad del material conductor (Cu o Al) $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S : sección del conductor, en mm²

Atendiendo a lo establecido por el R.E.B.T., se considera válida una caída de tensión menor al 1,5 %.

Para el estudio que ocupa en este apartado, se ha seleccionado el tramo más largo y, por lo tanto, más desfavorable, que conecta a cada una de las entradas de los 20 inversores que conforman la instalación fotovoltaica.

La siguiente tabla muestra el cumplimiento del criterio de caída de tensión:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

	Modelo Panel Fotovoltaico	CT	Inversor	String	Sección (mm ²)	Material Conductor	Tipo de instalación (Aire, Zanja)	Longitud cálculo + Mayoración 4 m (m)	Potencia (Wp)	Potencia string (Wp)	Imp _{pp} (A)	Imp _{pp} ' (A)	Resistividad Tcond	ΔV (V)	ΔV(%)	Criterio Caída de tensión
AGRUPACIÓN TIPO (SB 5,2,8)	TSM-NEG21C.20	1	1.1	1.1.D	10	Cu	Aire	215,54	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	14,2	1,209%	OK
	TSM-NEG21C.20		1.2	1.2.D	10	Cu	Aire	184,27	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	12,1	1,034%	OK
	TSM-NEG21C.20		1.3	1.3.D	10	Cu	Aire	171,86	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	11,3	0,964%	OK
	TSM-NEG21C.20		1.4	1.4.D	10	Cu	Aire	153,21	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	10,1	0,860%	OK
	TSM-NEG21C.20	2	2.1	2.1.D	10	Cu	Aire	198,88	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	13,1	1,116%	OK
	TSM-NEG21C.20		2.2	2.2.D	10	Cu	Aire	204,88	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	13,5	1,149%	OK
	TSM-NEG21C.20		2.3	2.3.D	10	Cu	Aire	232,22	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	15,3	1,303%	OK
	TSM-NEG21C.20		2.4	2.4.D	10	Cu	Aire	165,72	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	10,9	0,930%	OK
	TSM-NEG21C.20	3	3.1	3.1.D	10	Cu	Aire	205,30	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	13,5	1,152%	OK
	TSM-NEG21C.20		3.2	3.2.D	10	Cu	Aire	203,85	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	13,4	1,144%	OK
	TSM-NEG21C.20		3.3	3.3.D	10	Cu	Aire	249,92	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	16,5	1,402%	OK
	TSM-NEG21C.20		3.4	3.4.D	10	Cu	Aire	242,70	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	16,0	1,362%	OK
	TSM-NEG21C.20	4	4.1	4.1.D	10	Cu	Aire	204,82	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	13,5	1,149%	OK
	TSM-NEG21C.20		4.2	4.2.D	10	Cu	Aire	204,84	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	13,5	1,149%	OK
	TSM-NEG21C.20		4.3	4.3.D	10	Cu	Aire	205,03	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	13,5	1,150%	OK
	TSM-NEG21C.20		4.4	4.4.D	10	Cu	Aire	205,04	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	13,5	1,150%	OK
	TSM-NEG21C.20	5	5.1	5.1.D	10	Cu	Aire	126,86	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	8,4	0,712%	OK
	TSM-NEG21C.20		5.2	5.2.D	10	Cu	Aire	126,86	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	8,4	0,712%	OK
	TSM-NEG21C.20		5.3	5.3.D	10	Cu	Aire	126,86	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	8,4	0,712%	OK
	TSM-NEG21C.20		5.4	5.4.D	10	Cu	Aire	126,76	700	20.300	17,29	21,6	0,0191	8,4	0,711%	OK

*Los tramos enterrados se supondrán al aire al ser la distancia irrelevante.

Tabla III – Cumplimiento caída de tensión – Instalación Fotovoltaica CC

1.3.2 INSTALACIÓN BESS: CABLEADO CORRIENTE CONTINUA

En este apartado se detalla el cálculo realizado para selección de los conductores que componen la parte de baja tensión en corriente continua de la instalación de almacenamiento energético.

1.3.2.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible

Atendiendo a lo indicado en el apartado 1.2.1 Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento:

1. Cálculo de intensidad de la línea

Se calcula la intensidad de corriente que circulará por cada circuito. Para ello, seleccionamos la intensidad que circula por cada uno de los 6 racks que contiene cada contenedor de baterías.

A partir de los datos de potencia y voltaje nominales establecidos en la ficha técnica del contenedor de baterías, tenemos:

$$I_{SC,Container} = \frac{P_{Container}}{V_{Nominal}} = \frac{2.034 (kW) \cdot 10^3}{1250 (V)} = 1.627,2 A \quad (8)$$

Donde:

$I_{SC,Container}$: intensidad nominal del contenedor de baterías, en amperios

$V_{Nominal}$: voltaje nominal del contenedor de baterías, en voltios

$P_{Container}$: potencia nominal del contenedor de baterías, en vatios

$$I_{SC,Rack} = \frac{I_{SC,Container}}{N_{Racks}} = \frac{1.627,2 (A)}{6} = 271,2 A \quad (9)$$

Donde:

$I_{SC,Container}$: intensidad nominal del contenedor de baterías, en amperios

$I_{SC,Rack}$: intensidad nominal de un rack del contenedor de baterías, en amperios

N_{Racks} : número de racks del contenedor de baterías

Esta corriente se mayor a en un 25 % atendiendo a lo expuesto en la ITC-BT-40 del R.E.B.T. para instalaciones generadoras:

$$I_{I_{SC,Rack}'} = 338,75 A \quad (10)$$

2. Aplicación de coeficientes de corrección

A partir de las especificaciones del fabricante seleccionado para los cables en este tramo, modelo LSHZ de TOP CABLE, obtenemos una intensidad admisible de 445 A para un conductor de aluminio directamente enterrado con una sección de 400 mm² en las siguientes condiciones de instalación:

- Profundidad de zanja: 0,7 m
- Temperatura del terreno: 20° C
- Resistividad del terreno: 2,5 K·m/W

Las condiciones establecidas para este proyecto son las siguientes:

- Profundidad de zanja: 0,7 m
- Temperatura del terreno: 20° C
- Resistividad del terreno: 0,9 K·m/W
- Distancia entre conductores: 0,25 m

A esta intensidad se aplican los distintos factores de corrección con la finalidad de definir la intensidad máxima del cable:

Factor de corrección en función de la temperatura del terreno

En la siguiente tabla se puede comprobar el factor de corrección a aplicar para distintas temperaturas del terreno. Se considera para la instalación una temperatura del terreno de 20° C.

Tabla B.52.15 - Factores de corrección para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 20 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en conductos en el suelo

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Tabla IV – Factor de corrección por T^a terreno – Instalación BESS CC

Factor de corrección en función de la resistividad del terreno

Se considera para la instalación una resistividad del terreno de 1 K·m/W.

A continuación, se muestran los factores de corrección a aplicar para varios valores de resistividad:

Tabla B.52.16 - Factores de corrección para cables enterrados directamente en el suelo o en conductos enterrados para terrenos de resistividad diferente de 2,5 K·m/W a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para el método de referencia D

Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90

NOTA 1 Los factores de corrección dados están promediados para los rangos de dimensiones de conductores y los tipos de instalación de las tablas B.52.2 a B.52.5. La precisión global de los factores de corrección es de $\pm 5\%$.

NOTA 2 Los factores de corrección se aplican a los cables en conductos enterrados; para cables tendidos directamente en el terreno los factores de corrección para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K·m/W serán más elevados. Si se necesitan valores más precisos, pueden calcularse por medio de los métodos dados en la Norma IEC 60287.

NOTA 3 Los factores de corrección se aplican a los conductos enterrados hasta una profundidad de 0,8 m.

NOTA 4 Se asume que las propiedades del terreno son uniformes. No se ha contemplado la posibilidad de la migración de humedad que puede comportar la existencia de una región de alta resistividad térmica alrededor del cable. Si se prevé el secado parcial del terreno, la corriente admisible debería determinarse a partir de los métodos especificados en la Norma IEC 60287.

Tabla V – Factor de corrección por resistividad del terreno – Instalación BESS CC

Factor de corrección en función de la agrupación de cables

Atendiendo a la tabla B.52.19 de la Norma UNE-HD-60364-5-52:2022, los factores de corrección a aplicar para el método D2, conductores directamente enterrados, son los siguientes:

Tabla B.52.19 - Factores de reducción para más de un circuito, cables en conductos enterrados en el suelo - Método de instalación D1 de las tablas B.52.2 a B.52.5

A) Cables multipolares en conductos individuales				
Número de cables	Distancia entre conductos ³			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
7	0,57	0,76	0,80	0,88
8	0,54	0,74	0,78	0,88
9	0,52	0,73	0,77	0,87
10	0,49	0,72	0,76	0,86
11	0,47	0,70	0,75	0,86
12	0,45	0,69	0,74	0,85
13	0,44	0,68	0,73	0,85
14	0,42	0,68	0,72	0,84
15	0,41	0,67	0,72	0,84
16	0,39	0,66	0,71	0,83
17	0,38	0,65	0,70	0,83
18	0,37	0,65	0,70	0,83
19	0,35	0,64	0,69	0,82
20	0,34	0,63	0,68	0,82

Tabla VI – Factor de corrección agrupación de conductores – Instalación BESS CC

3. Cumplimiento de la condición: $I_{MPP'} < I_{MÁX.ADM}$

Para el estudio que ocupa en este apartado, se consideran los circuitos de corriente continua provenientes de cada *rack* (6 racks/container) que componer cada contenedor de baterías.

En la siguiente tabla se puede comprobar cómo para una sección de 400 mm² se cumple el criterio de intensidad máxima admisible:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

Batería - Inv	Racks	Longitud (m)	Longitud (m) mayorada 4 m	Material Conductor	Conductores por fase	Isc,rack' (A)	Factor por temperatura	Factor por resistividad	Factor por agrupación de circuitos	Factor corrección total	Resistividad Tcond	S (mm2)	I admisible (A)	Imáx.adm (A)	Criterio Int. Máx. adm
Contenedor Batería 1 - INV	1.1	13,76	17,76	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	1.2	13,26	17,26	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	1.3	12,76	16,76	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	1.4	12,26	16,26	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	1.5	11,76	15,76	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	1.6	11,26	15,26	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
Contenedor Batería 2 - INV	2.1	10,55	14,55	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	2.2	10,05	14,05	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	2.3	9,55	13,55	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	2.4	9,05	13,05	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	2.5	8,55	12,55	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
Contenedor Batería 3 - INV	3.1	7,15	11,15	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	3.2	7,65	11,65	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	3.3	8,15	12,15	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	3.4	8,65	12,65	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	3.5	9,15	13,15	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	3.6	9,65	13,65	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
Contenedor Batería 4 - INV	4.1	12,41	16,41	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	4.2	12,91	16,91	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	4.3	13,41	17,41	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	4.4	13,91	17,91	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	4.5	14,41	18,41	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK
	4.6	14,91	18,91	Al	1	339,00	1,00	1,18	0,69	0,81	0,0280	400	445,0	362,32	OK

Tabla VII – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación BESS CC

1.3.2.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión

En este apartado se comprueba el cumplimiento del criterio caída de tensión para la sección de 400 mm² seleccionada.

Para ello, se emplea la expresión utilizada para el cálculo de la caída de tensión en líneas de corriente continua:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot I_{L,cc} \cdot L \cdot \rho}{S} \quad (11)$$

Donde:

ΔV : caída de tensión, en voltios

$I_{L,cc}$: intensidad de la línea, en amperios

L : longitud de la línea, en metros

ρ : resistividad del material conductor (Cu o Al) $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S : sección del conductor, en mm²

Atendiendo a lo establecido por el R.E.B.T., se considera válida una caída de tensión menor al 1,5 %.

Para el estudio que ocupa en este apartado, se consideran los circuitos de corriente continua provenientes de cada *rack* (6 racks/container) que componer cada contenedor de baterías.

La siguiente tabla muestra el cumplimiento del criterio de caída de tensión:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

Batería - Inv	Racks	Longitud (m)	Longitud (m) mayorada 4 m	Material Conductor	Isc,rack (A)	Isc,rack' (A)	Resistividad Tcond	S (mm2)	ΔV (V)	ΔV (%)	Criterio ΔV
Contenedor Batería 1 - INV	1.1	13,76	17,76	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,67	0,05%	OK
	1.2	13,26	17,26	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,45	0,04%	OK
	1.3	12,76	16,76	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,44	0,03%	OK
	1.4	12,26	16,26	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,42	0,03%	OK
	1.5	11,76	15,76	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,41	0,03%	OK
	1.6	11,26	15,26	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,40	0,03%	OK
Contenedor Batería 2 - INV	2.1	10,55	14,55	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,38	0,03%	OK
	2.2	10,05	14,05	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,37	0,03%	OK
	2.3	9,55	13,55	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,35	0,03%	OK
	2.4	9,05	13,05	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,34	0,03%	OK
	2.5	8,55	12,55	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,33	0,03%	OK
	2.6	8,05	12,05	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,31	0,03%	OK
Contenedor Batería 3 - INV	3.1	7,15	11,15	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,29	0,02%	OK
	3.2	7,65	11,65	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,30	0,02%	OK
	3.3	8,15	12,15	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,32	0,03%	OK
	3.4	8,65	12,65	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,33	0,03%	OK
	3.5	9,15	13,15	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,34	0,03%	OK
	3.6	9,65	13,65	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,36	0,03%	OK
Contenedor Batería 4 - INV	4.1	12,41	16,41	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,43	0,03%	OK
	4.2	12,91	16,91	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,44	0,04%	OK
	4.3	13,41	17,41	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,45	0,04%	OK
	4.4	13,91	17,91	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,47	0,04%	OK
	4.5	14,41	18,41	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,48	0,04%	OK
	4.6	14,91	18,91	Al	271,20	339,00	0,0280	400	0,49	0,04%	OK

Tabla VIII – Cumplimiento caída de tensión – Instalación BESS CC

1.3.3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: CABLEADO CORRIENTE ALTERNA

En este apartado se detalla el cálculo realizado para selección de los conductores que componen la parte de baja tensión en corriente alterna de la instalación fotovoltaica.

1.3.3.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible

Atendiendo a lo indicado en el apartado *1.2.1 Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento*:

1. Cálculo de intensidad de la línea

La intensidad que proviene de cada salida del inversor fotovoltaico viene definida la ficha técnica:

$$I_{m\acute{a}x,inv} = 180,5 A \quad (12)$$

Esta corriente se mayor a en un 25 % atendiendo a lo expuesto en la ITC-BT-40 del R.E.B.T. para instalaciones generadoras:

$$I_{m\acute{a}x'inv} = 225,625 A \quad (13)$$

2. Aplicación de coeficientes de corrección

A partir de las especificaciones del fabricante seleccionado para los cables en este tramo, modelo POWERHARD AL de TOP CABLE, obtenemos una intensidad admisible de 343 A para un conductor de aluminio directamente enterrado con una sección de 240 mm² en las siguientes condiciones de instalación:

- Profundidad de zanja: 0,7 m
- Temperatura del terreno: 20° C
- Resistividad del terreno: 2,5 K·m/W

Las condiciones establecidas para este proyecto son las siguientes:

- Profundidad de zanja: 0,7 m
- Temperatura del terreno: 20° C
- Resistividad del terreno: 0,9 K·m/W
- Distancia entre conductores: 0,25 m

A esta intensidad se aplican los distintos factores de corrección con la finalidad de definir la intensidad máxima admisible del cable:

Factor de corrección en función de la temperatura del terreno

En la siguiente tabla se puede comprobar el factor de corrección a aplicar para distintas temperaturas del terreno. Se considera para la instalación una temperatura del terreno de 20° C.

Tabla B.52.15 - Factores de corrección para temperaturas ambiente del terreno diferentes de 20 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en conductos en el suelo

Temperatura del terreno °C	Aislamiento	
	PVC	XLPE y EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
20	1,00	1,00
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Tabla IX – Factor de corrección por T^a terreno – Instalación PV CA

Factor de corrección en función de la resistividad del terreno

Se considera para la instalación una resistividad del terreno de 1 K·m/W.

A continuación, se muestran los factores de corrección a aplicar para varios valores de resistividad:

Tabla B.52.16 - Factores de corrección para cables enterrados directamente en el suelo o en conductos enterrados para terrenos de resistividad diferente de 2,5 K·m/W a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para el método de referencia D

Resistividad térmica K·m/W	0,5	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Factor de corrección para cables en conductos enterrados	1,28	1,20	1,18	1,1	1,05	1	0,96
Factor de corrección para cables enterrados directamente	1,88	1,62	1,5	1,28	1,12	1	0,90
<p>NOTA 1 Los factores de corrección dados están promediados para los rangos de dimensiones de conductores y los tipos de instalación de las tablas B.52.2 a B.52.5. La precisión global de los factores de corrección es de $\pm 5\%$.</p> <p>NOTA 2 Los factores de corrección se aplican a los cables en conductos enterrados; para cables tendidos directamente en el terreno los factores de corrección para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K·m/W serán más elevados. Si se necesitan valores más precisos, pueden calcularse por medio de los métodos dados en la Norma IEC 60287.</p> <p>NOTA 3 Los factores de corrección se aplican a los conductos enterrados hasta una profundidad de 0,8 m.</p> <p>NOTA 4 Se asume que las propiedades del terreno son uniformes. No se ha contemplado la posibilidad de la migración de humedad que puede comportar la existencia de una región de alta resistividad térmica alrededor del cable. Si se prevé el secado parcial del terreno, la corriente admisible debería determinarse a partir de los métodos especificados en la Norma IEC 60287.</p>							

Tabla X – Factor de corrección por resistividad terreno – Instalación PV CA

Factor de corrección en función de la agrupación de cables

Atendiendo a la tabla B.52.19 de la Norma UNE-HD-60364-5-52:2022, los factores de corrección a aplicar para el método D2, conductores directamente enterrados, son los siguientes:

Tabla B.52|19 – Factores de reducción para más de un circuito, cables en conductos enterrados en el suelo – Método de instalación D1 de las tablas B.52.2 a B.52.5

A) Cables multipolares en conductos individuales				
Número de cables	Distancia entre conductos ^a			
	Nula (conductos en contacto)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90
7	0,57	0,76	0,80	0,88
8	0,54	0,74	0,78	0,88
9	0,52	0,73	0,77	0,87
10	0,49	0,72	0,76	0,86
11	0,47	0,70	0,75	0,86
12	0,45	0,69	0,74	0,85
13	0,44	0,68	0,73	0,85
14	0,42	0,68	0,72	0,84
15	0,41	0,67	0,72	0,84
16	0,39	0,66	0,71	0,83
17	0,38	0,65	0,70	0,83
18	0,37	0,65	0,70	0,83
19	0,35	0,64	0,69	0,82
20	0,34	0,63	0,68	0,82

Tabla XI – Factor de corrección varios conductores – Instalación PV CA

3. Cumplimiento de la condición: $I_{m\acute{a}x,inv} < I_{M\acute{A}X.ADM}$

Para el estudio que ocupa en este apartado, se consideran los circuitos de corriente alterna vinculados al tramo salida de inversor fotovoltaico – entrada de centros de transformación.

En la siguiente tabla se puede comprobar cómo para una sección de 240 mm² se cumple el criterio de intensidad máxima admisible:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

CT	Inversor	Tramo	Longitud (m)	Longitud (m) mayorada 5 m	Material Conductor	Conductores por fase	Imáx,inv' (A)	Voltaje (V)	Sección (mm2)	Factor por temperatura	Factor por resistividad	Factor agrupación circuitos	Factor corrección total	I admisible (A)	Imáx.adm (A)	Criterio Int. Máx. adm
1	1.1	1-1.1	162,99	167,99	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	1.2	1-1.2	172,25	177,25	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	1.3	1-1.3	183,25	188,25	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	1.4	1-1.4	127,19	132,19	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
2	2.1	2-2.1	105,66	110,66	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	2.2	2-2.2	106,18	111,18	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	2.3	2-2.3	80,66	85,66	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	2.4	2-2.4	75,66	80,66	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
3	3.1	3-3.1	67,3	72,3	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	3.2	3-3.2	55,3	60,3	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	3.3	3-3.3	35,08	40,08	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	3.4	3-3.4	47,08	52,08	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
4	4.1	4-4.1	51,25	56,25	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	4.2	4-4.2	57,25	62,25	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	4.3	4-4.3	69,25	74,25	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	4.4	4-4.4	81,25	86,25	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
5	5.1	5-5.1	93,86	98,86	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	5.2	5-5.2	111,86	116,86	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	5.3	5-5.3	129,86	134,86	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK
	5.4	5-5.4	147,86	152,86	Al	1	225,625	800	240	1,00	1,18	0,69	0,81	343	279,2706	OK

Tabla XII – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación PV CA

1.3.3.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión

En este apartado se comprueba el cumplimiento del criterio caída de tensión para la sección de 240 mm² seleccionada.

Para ello, se emplea la expresión utilizada para el cálculo de la caída de tensión en líneas de corriente alterna:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{L,ca} \cdot L \cdot \rho}{S} \quad (14)$$

Donde:

ΔV : caída de tensión, en voltios

$I_{L,ca}$: intensidad de la línea, en amperios

L : longitud del cable la línea, en metros

ρ : resistividad del material conductor (Cu o Al) $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S : sección del conductor, en mm²

Atendiendo a lo establecido por el R.E.B.T., se considera válida una caída de tensión menor al 1,5 %.

Para el estudio que ocupa en este apartado, se consideran los circuitos de corriente alterna provenientes de cada inversor con final en la entrada de los centros de transformación:

La siguiente tabla muestra el cumplimiento del criterio de caída de tensión:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

CT	Inversor	Tramo	Longitud (m)	Longitud (m) mayorada 5 m	Material Conductor	Imáx,inv (A)	Sección (mm ²)	Material	Conductividad Aluminio	Cos Φ	ΔV (V)	ΔV (%)	Criterio Caída de tensión
1	1.1	1-1.1	162,99	167,99	Al	180,5	240	Al	35,71	1	5,946	0,743	OK
	1.2	1-1.2	172,25	177,25	Al	180,5	240	Al	35,71	1	6,283	0,785	OK
	1.3	1-1.3	183,25	188,25	Al	180,5	240	Al	35,71	1	6,685	0,836	OK
	1.4	1-1.4	127,19	132,19	Al	180,5	240	Al	35,71	1	4,640	0,580	OK
2	2.1	2-2.1	105,66	110,66	Al	180,5	240	Al	35,71	1	3,854	0,482	OK
	2.2	2-2.2	106,18	111,18	Al	180,5	240	Al	35,71	1	3,873	0,484	OK
	2.3	2-2.3	80,66	85,66	Al	180,5	240	Al	35,71	1	2,942	0,368	OK
	2.4	2-2.4	75,66	80,66	Al	180,5	240	Al	35,71	1	2,760	0,345	OK
3	3.1	3-3.1	67,3	72,3	Al	180,5	240	Al	35,71	1	2,455	0,307	OK
	3.2	3-3.2	55,3	60,3	Al	180,5	240	Al	35,71	1	2,017	0,252	OK
	3.3	3-3.3	35,08	40,08	Al	180,5	240	Al	35,71	1	1,280	0,160	OK
	3.4	3-3.4	47,08	52,08	Al	180,5	240	Al	35,71	1	1,717	0,215	OK
4	4.1	4-4.1	51,25	56,25	Al	180,5	240	Al	35,71	1	1,870	0,234	OK
	4.2	4-4.2	57,25	62,25	Al	180,5	240	Al	35,71	1	2,088	0,261	OK
	4.3	4-4.3	69,25	74,25	Al	180,5	240	Al	35,71	1	2,526	0,316	OK
	4.4	4-4.4	81,25	86,25	Al	180,5	240	Al	35,71	1	2,964	0,370	OK
5	5.1	5-5.1	93,86	98,86	Al	180,5	240	Al	35,71	1	3,424	0,428	OK
	5.2	5-5.2	111,86	116,86	Al	180,5	240	Al	35,71	1	4,080	0,510	OK
	5.3	5-5.3	129,86	134,86	Al	180,5	240	Al	35,71	1	4,737	0,592	OK
	5.4	5-5.4	147,86	152,86	Al	180,5	240	Al	35,71	1	5,394	0,674	OK

Tabla XIII – Cumplimiento caída de tensión – Instalación PV CA

2. Cálculos eléctricos de media tensión

2.1. Objeto

El objeto de este apartado se basa en la justificación de las características técnicas de los conductores empleados en los circuitos de media tensión.

2.2 Metodología del cálculo de secciones

La sección de los conductores en media tensión se definirá en base al cumplimiento de dos criterios:

- Criterio de caída de tensión
- Criterio de intensidad máxima de cortocircuito

2.2.1 CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites establecidos por el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud.

La caída de tensión máxima considerada para los circuitos de media tensión será del 5 %.

La expresión utilizada para el cálculo de la caída de tensión en líneas de corriente continua es la siguiente:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{L,mt} \cdot L}{N} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \quad (15)$$

Donde:

ΔV : caída de tensión, en voltios

- $I_{L,mt}$: intensidad de la línea, en amperios
 L : longitud de la línea, en metros
 N : número de cables por fase
 R : resistencia por metro del conductor (Ω/m)
 X : reactancia por metro del conductor (Ω/m)
 $\cos \varphi$: factor de potencia

En los criterios de diseño se establece como base para el cálculo que la temperatura inicial del conductor tomará como igual a la temperatura máxima nominal del aislamiento. Teniendo esto en cuenta, la resistencia a 90°C a partir del dato de la resistencia a 20°C del cable y de los datos establecidos en la norma UNE 21096, se calcula por la expresión:

$$R_{90^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha(T - 20)] \quad (16)$$

2.2.2 CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE O DE CALENTAMIENTO

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y suele ser de 70° C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90° C para cables con aislamientos termoestables.

Para comprobar el cumplimiento de este criterio, se procederá de la siguiente forma:

1. Calcular la intensidad que circula por la línea correspondiente.
2. Aplicar los factores de corrección que establece la ITC-LAT-06 (agrupación de circuitos, tipo de instalación, temperatura, etc.)
3. Comprobar que la intensidad de la línea siempre es menor que la máxima admisible por el conductor para la sección seleccionada.
4. En corriente alterna trifásica, se atiende a:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (16)$$

Donde:

- U: tensión de línea (trifásica), en voltios
- S: Potencia aparente de la línea, en kVA.
- I: intensidad de la línea, en amperios.

2.3 Cálculo del cableado de media tensión

A continuación, se detallan los tramos de media tensión diseñados para la instalación híbrida:

- Instalación fotovoltaica
 - Tramo comprendido entre los centros de transformación y el centro de seccionamiento.
- Instalación BESS
 - Tramo comprendido entre la salida de la estación de potencia y el centro de seccionamiento.

2.3.1 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN

En este apartado se detalla el cálculo realizado para selección de los conductores que componen la parte de media tensión de la instalación fotovoltaica.

Los centros de transformación formarán una red radial, realizando el circuito la entrada-salida de cada uno de los cinco (5) centros de transformación hasta llegar finalmente al centro de seccionamiento.

2.3.1.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible

Atendiendo a lo indicado en el apartado 2.2.2 *Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento*:

1. Cálculo de intensidad de la línea

La siguiente tabla recoge los valores de intensidad de cada tramo:

Potencia (kVA)	Potencia acumulada (kVA)	Desde	Hasta	Distancia CTx-CTy (m) Mayorado 20 m	Distancia acumulada (m)	I (A)
1000	1000	CT1	CT2	38,4	38,4	28,868
1000	2000	CT2	CT5	141,88	180,28	57,735
1000	3000	CT5	CT4	39,59	219,87	86,603
1000	4000	CT4	CT3	91,98	311,85	115,47
1000	5000	CT3	CS	250,74	562,59	144,34

Tabla XIV – Intensidades nominales – Instalación PV MT

2. Aplicación de coeficientes de corrección

A partir de las especificaciones del fabricante seleccionado para los cables en este tramo, modelo AL VOLTALENE H – AL RHZ1-OL de PRYSMIAN, obtenemos una intensidad admisible de 245 A para un conductor de aluminio enterrado bajo tubo con una sección de 150 mm².

Las condiciones establecidas para este proyecto son las siguientes:

- Profundidad de zanja: 1,0 m
- Temperatura del terreno: 20° C
- Resistividad del terreno: 0,9 K·m/W

A esta intensidad se aplican los distintos factores de corrección con la finalidad de definir la intensidad máxima del cable:

Factor de corrección en función de la temperatura del terreno

En la siguiente tabla se puede comprobar el factor de corrección a aplicar para distintas temperaturas del terreno. Se considera para la instalación una temperatura del terreno de 20° C.

Tabla 7. Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C

Temperatura °C Servicio Permanente θ_s	Temperatura del terreno θ_t en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67

Tabla XV – Factor de corrección por Tª terreno – Instalación PV MT

Factor de corrección en función de la resistividad del terreno

Se considera para la instalación una resistividad del terreno de 1 K·m/W.

A continuación, se muestran los factores de corrección a aplicar para varios valores de resistividad:

Tabla 8. Factor de corrección para resistividad térmica del terreno distinta de 1,5 K.m/W

Tipo de instalación	Sección del conductor mm ²	Resistividad térmica del terreno, K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables directamente enterrados.	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
400	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,79	0,73	
Cables en interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	

Tabla XVI – Factor de corrección por resistividad del terreno – Instalación PV MT

3. Cumplimiento de la condición: $I < I_{MÁX.ADM}$

En la siguiente tabla se puede comprobar cómo para una sección de 150 mm² se cumple el criterio de intensidad máxima admisible:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

Potencia (kVA)	Potencia acumulada (kVA)	Desde	Hasta	Distancia CTx-CTy (m) Mayorado 20 m	Distancia acumulada (m)	V (kV)	I (A)	Material	Sección (mm ²)	Factor por temperatura	Factor por resistividad	Factor corrección total	I admisible (A)	I _{max,adm} (A)	Criterio Int. Máx. adm
1000	1000	CT1	CT2	38,4	38,4	20	28,868	Al	150	1,04	1,1	1,14	260	297,44	OK
1000	2000	CT2	CT5	141,88	180,28	20	57,735	Al	150	1,04	1,1	1,14	260	297,44	OK
1000	3000	CT5	CT4	39,59	219,87	20	86,603	Al	150	1,04	1,1	1,14	260	297,44	OK
1000	4000	CT4	CT3	91,98	311,85	20	115,47	Al	150	1,04	1,1	1,14	260	297,44	OK
1000	5000	CT3	CS	250,74	562,59	20	144,34	Al	150	1,04	1,1	1,14	260	297,44	OK

Tabla XVII – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación PV MT

2.3.1.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión

En este apartado se comprueba el cumplimiento del criterio caída de tensión para la sección de 150 mm² seleccionada.

La expresión utilizada para el cálculo de la caída de tensión en líneas de corriente alterna es la siguiente:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{L,mt} \cdot L}{N} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \quad (17)$$

Donde:

- ΔV : caída de tensión, en voltios
- $I_{L,mt}$: intensidad de la línea, en amperios
- L : longitud de la línea, en metros
- N : número de cables por fase
- R : resistencia por metro del conductor (Ω/m)
- X : reactancia por metro del conductor (Ω/m)
- $\cos \varphi$: factor de potencia

En los criterios de diseño se establece como base para el cálculo que la temperatura inicial del conductor tomará como igual a la temperatura máxima nominal del aislamiento. Teniendo esto en cuenta, la resistencia a 90°C a partir del dato de la resistencia a 20°C del cable y de los datos establecidos en la norma UNE 21096, se calcula por la expresión:

$$R_{90^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha(T - 20)] \quad (18)$$

Para el cálculo de la resistencia se opta por emplear los datos proporcionados por el fabricante para el cable seleccionado.

La siguiente tabla muestra el cumplimiento del criterio de caída de tensión:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

Potencia (kVA)	Potencia acumulada (kVA)	Desde	Hasta	Distancia CTx-CTy (m) Mayorado 20 m	Distancia acumulada (m)	V (kV)	I (A)	Material	Sección (mm ²)	caída de tensión (V)	Caída de tensión parcial (%)	Criterio Caída de tensión
1000	1000	CT1	CT2	38,4	38,4	20	28,868	Al	150	0,51	0,00	OK
1000	2000	CT2	CT5	141,88	180,28	20	57,735	Al	150	3,75	0,02	OK
1000	3000	CT5	CT4	39,59	219,87	20	86,603	Al	150	1,57	0,01	OK
1000	4000	CT4	CT3	91,98	311,85	20	115,47	Al	150	4,86	0,02	OK
1000	5000	CT3	CS	250,74	562,59	20	144,34	Al	150	16,55	0,08	OK

Tabla XVIII – Cumplimiento caída de tensión – Instalación PV MT

2.3.2 INSTALACIÓN BESS: CABLEADO DE MEDIA TENSIÓN

En este apartado se detalla el cálculo realizado para selección de los conductores que componen la parte de media tensión de la instalación de almacenamiento energético.

2.3.2.1 Cumplimiento del criterio de intensidad máxima admisible

Atendiendo a lo indicado en el apartado 2.2.2 *Criterio de intensidad máxima admisible o de calentamiento*:

1. Cálculo de intensidad de la línea

La intensidad que circula desde la salida de la estación de potencia hasta el centro de seccionamiento es:

$$I_{bess,mt} = 57,74 \text{ A} \quad (19)$$

2. Aplicación de coeficientes de corrección

A partir de las especificaciones del fabricante seleccionado para los cables en este tramo, modelo AL VOLTALENE H – AL RHZ1-OL de PRYSMIAN, obtenemos una intensidad admisible de 190 A para un conductor de aluminio enterrado bajo tubo con una sección de 95 mm².

Las condiciones establecidas para este proyecto son las siguientes:

- Profundidad de zanja: 1,0 m
- Temperatura del terreno: 20° C
- Resistividad del terreno: 0,9 K·m/W

A esta intensidad se aplican los distintos factores de corrección con la finalidad de definir la intensidad máxima del cable:

Factor de corrección en función de la temperatura del terreno

En la siguiente tabla se puede comprobar el factor de corrección a aplicar para distintas temperaturas del terreno. Se considera para la instalación una temperatura del terreno de 20° C.

Tabla 7. Factor de corrección, F, para temperatura del terreno distinta de 25 °C

Temperatura °C Servicio Permanente θ_s	Temperatura del terreno θ_t en °C									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
105	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	
90	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	
70	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67	

Tabla XIX – Factor de corrección por Tª terreno – Instalación BESS MT

Factor de corrección en función de la resistividad del terreno

Se considera para la instalación una resistividad del terreno de 1 K·m/W.

A continuación, se muestran los factores de corrección a aplicar para varios valores de resistividad:

Tipo de instalación	Sección del conductor mm ²	Resistividad térmica del terreno, K.m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables directamente enterrados.	25	1,25	1,20	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	35	1,25	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,75
	50	1,26	1,21	1,16	1,00	0,89	0,81	0,74
	70	1,27	1,22	1,17	1,00	0,89	0,81	0,74
	95	1,28	1,22	1,18	1,00	0,89	0,80	0,74
	120	1,28	1,22	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	150	1,28	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	185	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,74
	240	1,29	1,23	1,18	1,00	0,88	0,80	0,73
	300	1,30	1,24	1,19	1,00	0,88	0,80	0,73
Cables en interior de tubos enterrados	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81	

Tabla XX – Factor de corrección por resistividad terreno – Instalación BESS MT

3. Cumplimiento de la condición: $I < I_{MÁX.ADM}$

En la siguiente tabla se puede comprobar cómo para una sección de 95 mm² se cumple el criterio de intensidad máxima admisible:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

Potencia (kVA)	Desde	Hasta	Distancia inv - CT (m) Mayorado 10 m	I (A)	V (kV)	Material	Sección (mm ²)	Factor por temperatura	Factor por resistividad	Factor corrección total	I _{adm} (A)	I _{max,adm} (A)	Criterio Int. Máx. adm
2000	CT1	CS	21,91	57,735	20	Al	95	1,04	1,18	95	190	233,168	OK

Tabla XXI – Cumplimiento Intensidad Máx. Adm. – Instalación BESS MT

2.3.2.2 Cumplimiento del criterio caída de tensión

En este apartado se comprueba el cumplimiento del criterio caída de tensión para la sección de 95 mm² seleccionada.

La expresión utilizada para el cálculo de la caída de tensión en líneas de corriente alterna es la siguiente:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{L,mt} \cdot L}{N} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \quad (20)$$

Donde:

- ΔV : caída de tensión, en voltios
- $I_{L,mt}$: intensidad de la línea, en amperios
- L : longitud de la línea, en metros
- N : número de cables por fase
- R : resistencia por metro del conductor (Ω/m)
- X : reactancia por metro del conductor (Ω/m)
- $\cos \varphi$: factor de potencia

En los criterios de diseño se establece como base para el cálculo que la temperatura inicial del conductor tomará como igual a la temperatura máxima nominal del aislamiento. Teniendo esto en cuenta, la resistencia a 90°C a partir del dato de la resistencia a 20°C del cable y de los datos establecidos en la norma UNE 21096, se calcula por la expresión:

$$R_{90^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha(T - 20)] \quad (21)$$

Para el cálculo de la resistencia se opta por emplear los datos proporcionados por el fabricante para el cable seleccionado.

La siguiente tabla muestra el cumplimiento del criterio de caída de tensión:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

Potencia (kVA)	Desde	Hasta	Distancia inv - CT (m) Mayorado 10 m	I (A)	V (kV)	Material	Sección (mm ²)	Caída de tensión (V)	Caída de tensión parcial (%)	Criterio Caída de tensión
2000	CT1	CS	21,91	57,735	20	Al	95	0,578	0,29%	OK

Tabla XXII – Cumplimiento caída de tensión – Instalación BESS MT

Málaga, septiembre de 2025

El autor del Proyecto Fin de Máster

DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

ANEXO II

TRAMITACIÓN ADMINISTRATIVA



Índice

1. Antecedentes	1
2. Objeto	1
3. Normativa aplicable	1
3.1 Normativa europea	1
3.2 Normativa estatal	2
3.3 Normativa autonómica	3
3.4 Normativa municipal	4
4. Introducción.....	4
5. Fases principales del procedimiento administrativo	5
5.1 Originación	5
5.1.1 Mapas de capacidad disponible	5
5.1.2 Constitución de la garantía exigida por el RD 1183/2020	8
5.1.2.1 Depósito de la garantía	9
5.1.2.2 Confirmación de la adecuada constitución de la garantía	9
5.2 Obtención del permiso de acceso y conexión.....	9
5.2.1 Solicitud del permiso de acceso y conexión.....	10
5.2.2 Evaluación de la solicitud y emisión de la propuesta previa	10
5.2.2.1 Admisión a trámite	10

5.2.2.2 Análisis Técnico de Acceso y Conexión	11
5.2.2.3 Emisión de la propuesta previa.....	11
5.2.3 Aceptación de la propuesta previa y obtención del permiso definitivo.....	14
5.3 Cumplimiento de los hitos administrativos regidos por el RDL 23/2020	14
5.3.1 Solicitud presentada y admitida de la autorización administrativa previa	15
5.3.1.1 Objeto	15
5.3.1.2 Documentación a presentar por el promotor	15
5.3.1.3 Admisión a trámite	16
5.3.2 Obtención de la declaración de impacto ambiental favorable.....	16
5.3.2.1 Objeto	16
5.3.2.2 Documentación a presentar por el promotor	18
5.3.2.3 Resolución de la Autorización Ambiental Unificada.....	18
5.3.3 Obtención de la autorización administrativa previa	19
5.3.3.1 Objeto	19
5.3.3.2 Documentación a presentar por el promotor	19
5.3.3.3 Resolución de la autorización administrativa previa.....	19
5.3.4 Obtención de la autorización administrativa de construcción	20
5.3.4.1 Objeto	20
5.3.4.2 Documentación a presentar por el promotor	20
5.3.4.3 Resolución de la autorización administrativa previa.....	21

5.3.4.4 Efectos de la Autorización Administrativa de Construcción.....	21
5.3.5 Obtención de la autorización administrativa de explotación.....	22
5.4 Fase final de tramitación: Acceso al estado «ready to build»	22
5.4.1 Obtención de la licencia urbanística de obras	22
5.4.1.1 Objeto	22
5.4.1.2 Documentación a aportar.....	22
5.4.1.3 Resolución de la licencia urbanística.....	23
5.4.2 Obtención de autorizaciones sectoriales.....	23
5.4.3 Contrato técnico con el gestor de red	24
5.4.4 Coordinación ambiental y cumplimiento de condicionantes.....	24
6. Conclusión.....	25

Índice de tablas

Tabla I – Hitos administrativos regidos por RDL 23/2020	14
Tabla II – Tramitación administrativa RtB - I.....	27
Tabla III – Tramitación administrativa RtB – II	28
Tabla IV – Tramitación administrativa RtB - III.....	29



Índice de ilustraciones

Ilustración I – Mapa de Capacidad – e-Distribución (<i>NO contiene datos oficiales</i>).....	7
Ilustración II – Extracto documento propuesta previa.....	13
Ilustración III – Procedimiento obtención AAU	17

1. Antecedentes

El presente Proyecto Fin de Máster titulado « *Proyecto de ejecución y gestión de planta solar fotovoltaica “PSFV Alhama” de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía en baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)* », tiene dos objetivos principales:

1. Definir el diseño de una planta de generación fotovoltaica hibridada con un sistema de almacenamiento energético mediante baterías.
2. Definir el proceso administrativo necesario para poder iniciar la construcción de una instalación de las características antes mencionadas.

2. Objeto

Este documento pretende dar una idea clara y concisa de cómo se desarrolla un proyecto de hibridación de una instalación fotovoltaica con una instalación de almacenamiento energético mediante baterías ubicado en la ciudad de Granada y con una potencia instalada de 5 MW y 2 MW, respectivamente.

3. Normativa aplicable

3.1 Normativa europea

- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2018). *Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 328, 82-209.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2023). *Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de octubre de 2023, por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 328, 82-209

3.2 Normativa estatal

- Gobierno de España. (2000). Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado, 310, 45104-45178.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2000/12/01/1955/con>
- Gobierno de España. (2007). Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. Boletín Oficial del Estado, 255, 43141-43162.
<https://www.boe.es/eli/es/l/2007/10/23/26/con>
- Gobierno de España. (2007). Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Boletín Oficial del Estado, 299, 51275-51327.
<https://www.boe.es/eli/es/l/2007/12/13/42/con>
- Gobierno de España. (2013). Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. Boletín Oficial del Estado, 310, 105635-105670.
<https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/26/24/con>
- Gobierno de España. (2013). Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Boletín Oficial del Estado, 296, 97858-97920.
<https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/09/21/con>
- Gobierno de España. (2014). Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Boletín Oficial del Estado, 140, 42923-43058.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/06/06/413/con>
- Gobierno de España. (2015). Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas. Boletín Oficial del Estado, 236, 89343-89410.
<https://www.boe.es/eli/es/l/2015/10/01/39/con>
- Gobierno de España. (2015). Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público. Boletín Oficial del Estado, 236, 89411-89478.
<https://www.boe.es/eli/es/l/2015/10/01/40/con>

- Gobierno de España. (2020). Real Decreto 960/2020, de 3 de noviembre, por el que se regula el régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado, 291, 94000-94032.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/11/03/960/con>
- Gobierno de España. (2020). Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. Boletín Oficial del Estado, 316, 123593-123633.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/12/29/1183/con>
- Gobierno de España. (2021). Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. Boletín Oficial del Estado, 121, 61595-61629.
<https://www.boe.es/eli/es/l/2021/05/20/7/con>
- Gobierno de España. (2021). Real Decreto-ley 29/2021, de 21 de diciembre, por el que se adoptan medidas urgentes en el ámbito energético para el fomento de la movilidad eléctrica, el autoconsumo y el despliegue de energías renovables. Boletín Oficial del Estado, 305, 162345-162384.
<https://www.boe.es/eli/es/rdl/2021/12/21/29/con>

3.3 Normativa autonómica

- Junta de Andalucía. (2007). Ley 7/2007 de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (GICA). Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 143, 9-52 de 23 de julio de 2007.
<https://www.boe.es/eli/es-an/l/2007/07/09/7/con>
- Junta de Andalucía. (2021). Ley 7/2021, de 1 de diciembre, de Impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía (LISTA). Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 233, 134-184.
<https://www.boe.es/eli/es-an/l/2021/12/01/7/con>
- Junta de Andalucía. (2022). Decreto 550/2022, de 29 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Ley 7/2021, de 1 de diciembre. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 231, 1-198.
<https://www.juntadeandalucia.es/boja/2022/231/1>

- Junta de Andalucía. (2023). Ley 1/2023, de 15 de marzo, de Calidad Ambiental de Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, 52, 1-97.
<https://www.boe.es/eli/es-an/1/2023/03/15/1/con>

3.4 Normativa municipal

- Ayuntamiento de Alhama de Granada. (2011). *Plan General de Ordenación Urbanística (PGOU) de Alhama de Granada*. Aprobación definitiva por la Comisión Provincial de Urbanismo de Granada en marzo de 2011.

4. Introducción

La transición energética hacia un modelo más sostenible, basado en fuentes renovables, representa uno de los principales retos del sistema eléctrico en el marco de la descarbonización de la economía y la lucha contra el cambio climático. En este contexto, la energía solar fotovoltaica ha adquirido un papel protagonista debido a su competitividad, modularidad y elevado recurso solar en gran parte del territorio nacional, y especialmente en comunidades autónomas como Andalucía.

La instalación objeto de estudio ubicada en el término municipal Alhama de Granada (Granada), presenta una configuración hibridada que permite mejorar la integración de la energía renovable en el sistema eléctrico y, además, gestionar la producción de forma más eficiente, reducir vertidos y contribuir a la estabilidad de la red.

Dada la envergadura del proyecto y su vinculación con el sistema eléctrico nacional, este tipo de instalaciones requiere una serie de tramitaciones administrativas específicas ante los distintos organismos competentes, tanto a nivel estatal como autonómico. Estas tramitaciones tienen como objetivo garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos, ambientales y urbanísticos necesarios para su puesta en marcha y explotación.

En el caso andaluz, y en particular en la provincia de Granada, la tramitación debe seguir el marco normativo vigente en materia de energía, medio ambiente y ordenación del territorio, destacando la aplicación de normas como el Real Decreto 1183/2020, el Real

Decreto 413/2014, así como el Decreto 50/2005 y demás normativa de aplicación administrativa aprobada por la Junta de Andalucía. Además, deben considerarse aspectos claves como la solicitud de acceso y conexión a la red, las autorizaciones administrativas previas y de construcción, la tramitación ambiental y la coordinación con los ayuntamientos implicados.

5. Fases principales del procedimiento administrativo

En este apartado se detallan cronológicamente las fases principales necesarias para la obtención de todas y cada una de las autorizaciones y/o permisos requeridos por la Administración para poder iniciar la construcción de la instalación propuesta en este proyecto, o, en el argot del *permitting*¹, alcanzar el estado Ready To Build (*Listo para construir*).

5.1 Originación

5.1.1 MAPAS DE CAPACIDAD DISPONIBLE

En el sector de las energías renovables, concretamente, en las sociedades dedicadas al desarrollo, construcción y explotación de parques de generación de energía renovable, desde el departamento de desarrollo de negocio, una oportunidad de generar activos en la empresa, es decir, crear nuevos proyectos, se apoya en el estudio de mapas de capacidad disponible.

Los gestores de red (Iberdrola, e-Distribución, Red Eléctrica de España, etc.) publican mensualmente unos mapas de capacidad disponible en el que, entre otros datos, figura, valga la redundancia, la capacidad disponible que posee cada una de las subestaciones eléctricas que son de su propiedad, atendiendo a distintos niveles de tensión, posiciones, etc, y, por tanto, la capacidad que un promotor puede solicitar para iniciar un proyecto de generación renovable.

¹ Proceso realizado por el promotor cuya finalidad es la obtención de todas las autorizaciones necesarias para iniciar la construcción de una instalación de generación de energía renovable.

Para el proyecto definido en este documento, se parte de la base de que, en la subestación Alhama, en su posición de 20 kV, propiedad de e-Distribución, dispone de 5 MW “ficticios” en su mapa de capacidad, por razones obvias.

La siguiente ilustración muestra un ejemplo del mapa de capacidad publicado por e-Distribución:

Atendiendo a la ilustración mostrada en la página anterior, la capacidad que un promotor podría solicitar en la subestación Alhama, en la posición de 20 kV y a partir de la fecha de publicación del mapa de capacidad publicado por el gestor de red, sería de 5,0 MW. Esta potencia corresponde con la capacidad máxima otorgable en el nudo, es decir, la diferencia entra el dato definido en la columna *Capacidad Disponible* y el que se define en la columna *Admitida y no resuelta – Total*.

Una vez se conoce este afloramiento de capacidad en el nudo, se realiza un análisis de prefactibilidad como el definido en el *Documento I – Memoria* del presente proyecto.

Tras la obtención de un resultado favorable, se realizan los procesos necesarios para la firma de un contrato de arrendamiento de las parcelas en la que se pretende implantar la potencial instalación.

Para garantizar la viabilidad del proyecto en términos de ubicación, el promotor, en este punto de tramitación, debe solicitar un Informe de Compatibilidad Urbanística al Ayuntamiento de Alhama de Granada.

5.1.2 CONSTITUCIÓN DE LA GARANTÍA EXIGIDA POR EL RD 1183/2020

Para solicitar el permiso de acceso y conexión al gestor de red, en este caso, e-Distribución, es necesario por parte del promotor, con carácter previo, constituir una garantía económica de 40 k€/MW a favor del órgano competente, en este caso, **Delegación Territorial de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada**, cuya finalidad es la obtención de la última autorización necesaria para poder operar el parque, es decir, la Autorización Administrativa de Explotación (AAE).

Esta garantía se exige a través del Real Decreto 1183/2020, concretamente, en su artículo 23, y debe contener los datos que en este se indican:

«4. La finalidad de la garantía que se constituya de conformidad con lo dispuesto en este artículo será la obtención de la autorización de explotación.»

En el resguardo de la garantía debe indicarse expresamente la referencia a este artículo, así como, al menos, los siguientes datos de la instalación: tecnología, nombre y ubicación del proyecto, y potencia instalada del mismo para su identificación...»

5.1.2.1 Depósito de la garantía

Una vez se dispone de la garantía constituida, ya sea mediante aval bancario, seguro de caución o en metálico, el promotor deberá depositarla ante la Caja General de Depósitos de la Junta de Andalucía. El Servicio de Tesorería de Granada emitirá al promotor el resguardo de constitución de garantía documento necesario para poder continuar con el procedimiento.

5.1.2.2 Confirmación de la adecuada constitución de la garantía

Para concluir el trámite vinculado al correcto depósito de la garantía exigida por el RD 1183/2020, el promotor debe solicitar al órgano competente, es decir, a la **Delegación Territorial de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada**, que se pronuncie sobre si esta está adecuadamente constituida.

En este procedimiento, el órgano competente comprueba que los datos recogidos en la garantía económica cumplen con lo dispuesto en el artículo 23 del RD 1183/2020, emitiendo, en caso favorable, el resguardo de adecuada constitución de la garantía.

5.2 Obtención del permiso de acceso y conexión

La obtención del permiso de acceso y conexión constituye una de las etapas clave en la tramitación administrativa y técnica de un proyecto de generación de energía renovable conectado a la red. Este trámite permite garantizar que la instalación puede inyectar energía en la red de distribución asegurando que existen las condiciones técnicas y de capacidad necesarias para ello.

5.2.1 SOLICITUD DEL PERMISO DE ACCESO Y CONEXIÓN

La solicitud se realizará a través del portal de e-Distribución habilitado para este trámite. El promotor ha de registrarse y, posteriormente, aportar la documentación requerida.

Atendiendo al RD 1183/2020 y a la Circular 1/2021 de la Comisión Nacional de Mercados y Competencia (CNMC), la solicitud debe incluir:

- Formulario de solicitud debidamente cumplimentada
- Memoria técnica del proyecto, que debe contener:
 - Potencia de generación y almacenamiento
 - Tecnología empleada.
 - Ubicación geográfica en coordenadas UTM ETRS89
 - Tensión nominal de conexión.
 - Esquema unifilar de la instalación.
- Acreditación de disponibilidad de terreno (escritura, contrato de arrendamiento, contrato de opción de compra, etc.)
- Resguardo de la garantía económica y/o adecuada constitución de la garantía económica.
- Poder de representación del solicitante en caso de ser diferente al promotor.

El gestor de red asignará un número de expediente a la solicitud.

5.2.2 EVALUACIÓN DE LA SOLICITUD Y EMISIÓN DE LA PROPUESTA PREVIA

Tras la solicitud, por parte del promotor, de acceso y conexión al gestor de red, en este caso, Endesa-Distribución, este último debe analizarla administrativa y técnicamente.

5.2.2.1 Admisión a trámite

Endesa dispone de 20 días hábiles para revisar si la documentación presentada es completa y correcta. En este punto, existen tres posibles situaciones:

- Admisión a trámite: si toda la documentación está en regla, se admite a trámite la solicitud y se inicia el análisis técnico.
- Requerimiento de subsanación: si falta algún documento o hay errores formales, el gestor de red puede requerir una subsanación, otorgando un plazo máximo de 10 días hábiles al promotor para corregirlo.
- Rechazo de la solicitud: si la solicitud es inviable o no cumple los requisitos, puede ser rechazada.

Una vez admitida, el expediente avanza a la fase de estudio técnico.

Ha de tenerse en cuenta que la obtención de los permisos de acceso y conexión para este proyecto se rige por el criterio de la prelación temporal. Desde la publicación de la capacidad disponible en el punto de conexión pertinente, el/los primero/s promotor/es en obtener la admisión a trámite para una/s capacidad/es igual/es a la capacidad disponible en la subestación eléctrica, serán los únicos que puedan obtener un permiso de acceso y conexión, siempre y cuando acepten la posterior propuesta previa que emita el gestor de red.

5.2.2.2 Análisis Técnico de Acceso y Conexión

En esta fase, Endesa evalúa:

- La capacidad de red en el punto de conexión solicitado
- El cumplimiento de los criterios técnicos de conexión (estabilidad de la red, seguridad y calidad del suministro)
- La compatibilidad del sistema de almacenamiento.
- La viabilidad de conectar la instalación sin necesidad de ampliaciones sustanciales de la red.

5.2.2.3 Emisión de la propuesta previa

Tras analizar por completo la solicitud, el gestor de red debe emitir una propuesta previa de acceso y conexión, que contiene:



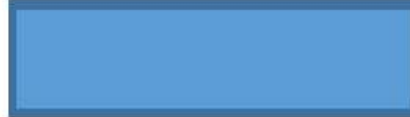
- Punto de conexión propuesto
- Potencia aceptada
- Condiciones técnicas de la conexión
- Posibles obras de refuerzo (si aplica)
- Condiciones económicas de la conexión

El plazo máximo que Endesa tiene para la emisión de este documento es de 30 días hábiles desde la admisión a trámite.

La siguiente ilustración muestra un extracto del documento para un caso real. Por protección de datos, se ocultan ciertos datos:

EDISTRIBUCIÓN Redes
Digitales S.L. Unipersonal
Av. Vilanova, 12.
08018 BarcelonaTipo de generación **ALMACENAMIENTO**

Referencia Solicitud: 76

**ASUNTO:** propuesta previa de acceso y conexión

Muy Sres. Nuestros:

En relación a su solicitud de permisos de acceso y conexión a la red de distribución de e-distribución de capacidad de acceso de 5.000 kW, para la instalación de almacenamiento en **JUIA** de **5.000 kW de potencia instalada**, titularidad de **S.L.**, situada en **PARCELA 19, 17462, JUIA (GIRONA)**, les comunicamos que, una vez evaluada:

La propuesta previa de las condiciones en las que existe capacidad de acceso y que hacen viable la conexión es la siguiente:

SOLUCIÓN DE ACCESO Y CONEXIÓN

- o Punto de conexión: **Barras de SE JUIA 25 kV**
- o Coordenadas UTM del punto de conexión: **[Huso 31, X: 491.782, Y: 4.652.275]**
- o Capacidad de acceso propuesta (kW): **5.000**
- o Máxima capacidad a importar de la red (kW): **5.000**
- o Tensión nominal (V): **25.000**
- o Potencia de cortocircuito máxima de diseño (MVA): **1.083**
- o Potencia de cortocircuito mínima (MVA): **266,24**
- o *Restricciones temporales* del derecho de acceso:
 - De conformidad con lo previsto en el artículo 33.2 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, el derecho de acceso en el punto de conexión propuesto podrá ser restringido temporalmente por situaciones que puedan derivarse de condiciones de operación o de necesidades de mantenimiento y desarrollo de la red.

Ilustración II – Extracto documento propuesta previa

5.2.3 ACEPTACIÓN DE LA PROPUESTA PREVIA Y OBTENCIÓN DEL PERMISO DEFINITIVO

Toda vez que el promotor de la instalación disponga de una propuesta previa emitida por el gestor de red, dispone de 30 días hábiles para aceptar expresamente las condiciones técnico-económicas recogidas en esta.

Cuando la propuesta previa sea aceptada, Endesa emitirá, en un plazo máximo de 20 días hábiles los correspondientes permisos de acceso y conexión para el proyecto.

El contenido del documento vinculado a los permisos de acceso y conexión es prácticamente idéntico al de la propuesta previa.

5.3 Cumplimiento de los hitos administrativos regidos por el RDL 23/2020

A partir de la fecha de la emisión, por parte de e-Distribución, de los permisos de acceso y conexión, comienza el cómputo de plazo para la obtención de las autorizaciones cuya obtención viene exigida por el Real Decreto-ley 23/2020.

El RDL 23/2020 establece una serie de hitos administrativos que el promotor debe cumplir en tiempo y forma:

Hitos administrativos	Plazo
1.º Solicitud presentada y admitida de la autorización administrativa previa	6 meses
2.º Obtención de la declaración de impacto ambiental favorable	31 meses
3.º Obtención de la autorización administrativa previa	34 meses
4.º Obtención de la autorización administrativa construcción	37 meses
5.º Obtención de la autorización administrativa de explotación definitiva	5 años

Tabla I – Hitos administrativos regidos por RDL 23/2020

Es importante destacar que atendiendo al RDL 23/2020:

«El incumplimiento de los hitos supondrá la caducidad automática de los permisos y la ejecución inmediata de las garantías económicas presentadas para la tramitación de la solicitud de acceso a las redes de transporte y distribución, si bien se exceptúan de lo

anterior aquellos casos en los que, por causas no imputables al promotor, no se produjese una declaración de impacto ambiental favorable.»

Además, no se considerará cumplido cualquiera de los hitos administrativos si no se validan, antes del límite de plazo establecido, ante el portal electrónico del gestor de red.

5.3.1 SOLICITUD PRESENTADA Y ADMITIDA DE LA AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA PREVIA

A continuación, se detalla cómo cumplir con el primer hito administrativo necesario para continuar con la tramitación del proyecto.

5.3.1.1 Objeto

Este hito garantiza que la instalación avanza en la tramitación y evita que los permisos de accesos y conexión queden bloqueando la capacidad del nudo de forma especulativa, eliminando opciones a otros promotores.

5.3.1.2 Documentación a presentar por el promotor

Para solicitar la Autorización Administrativa Previa (AAP) al órgano competente, es decir, a la Delegación Territorial de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada, se debe aportar la siguiente documentación de forma telemática a través de la sede electrónica de la Junta de Andalucía:

- Solicitud formal, firmada electrónicamente
- Proyecto básico de la instalación, firmada por el técnico competente
- Separatas para los organismos afectados
- Permiso de acceso y conexión emitido por el gestor de red
- Acreditación de la disponibilidad de los terrenos
- Estudio de impacto ambiental
- Resguardo de adecuada constitución de la garantía
- Acreditación de la capacidad técnica, económica y legal del promotor
- Resguardo de constitución de la garantía

5.3.1.3 Admisión a trámite

El órgano competente, una vez presentada la documentación, examinará la documentación aportada por el promotor para verificar que está completa y correcta. Si no fuera así, este remitirá un requerimiento que el promotor deberá contestar en el plazo de 10 días hábiles con una prórroga de 5 días hábiles adicionales (será necesario solicitarla).

5.3.2 OBTENCIÓN DE LA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL FAVORABLE

En este apartado se detalla cómo cumplir con el segundo hito administrativo requerido por el RDL 23/2020.

5.3.2.1 Objeto

El objeto de este hito administrativo es evaluar la compatibilidad ambiental del proyecto. Atendiendo a las características del proyecto, deberá someterse a una Autorización Ambiental Unificada (AAU).

Cabe destacar que esta autorización, la AAU, es aplicada únicamente en las instalaciones que tramitan en la Junta de Andalucía.

La Autorización Ambiental Unificada fue creada por la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (Ley GICA), cuyo principal objetivo es prevenir, evitar o, cuando esto no sea posible, reducir en origen la producción de residuos, las emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo a través de un enfoque integrado y evaluación global de las incidencias ambientales de las actuaciones sometidas a la misma.

A continuación, se muestra un esquema del procedimiento de obtención de esta autorización:

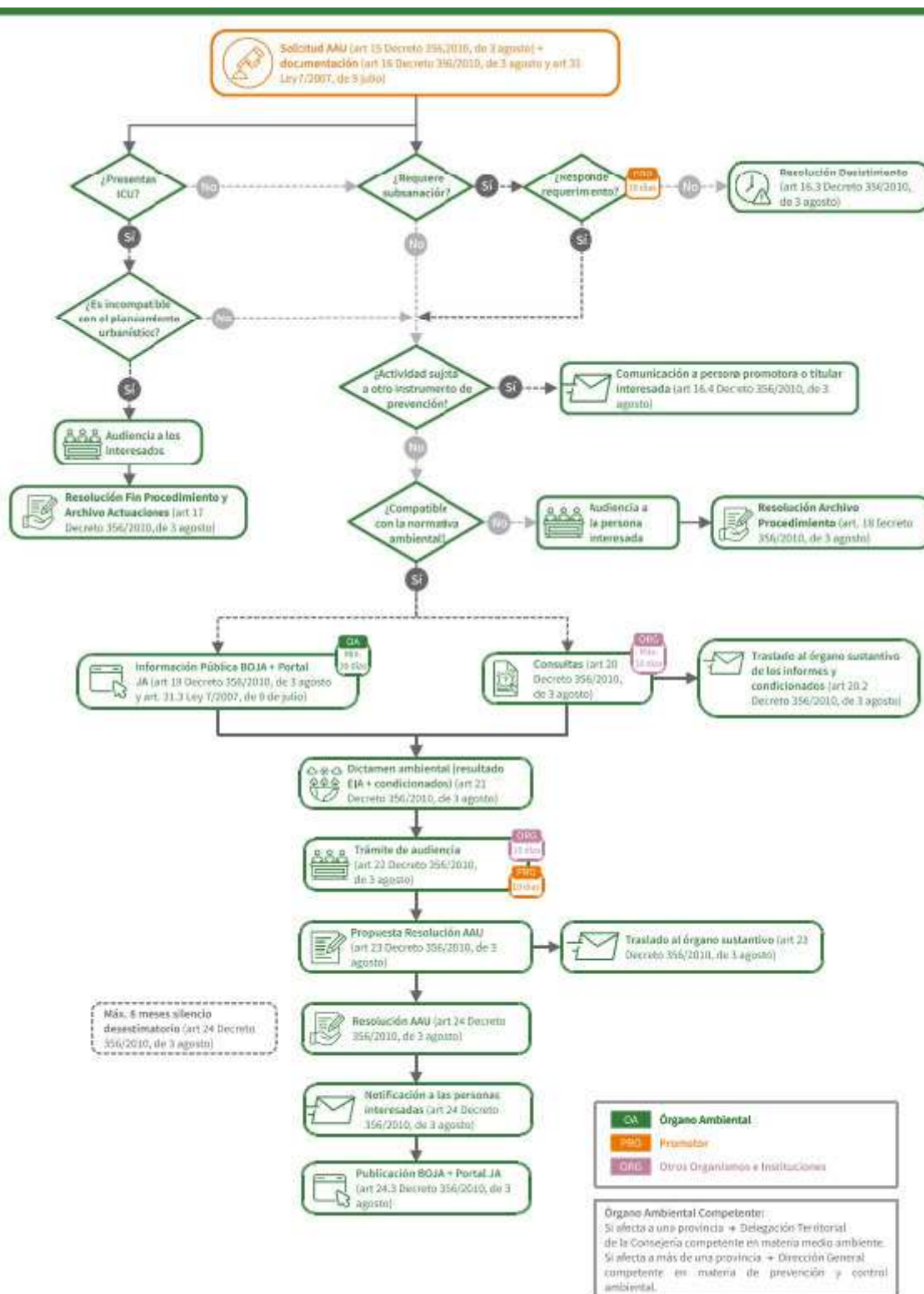


Ilustración III – Procedimiento obtención AAU

5.3.2.2 Documentación a presentar por el promotor

La documentación necesaria para solicitar la Autorización Ambiental Unificada es la siguiente:

- Estudio de Impacto Ambiental
- Estudios ambientales particulares si el promotor fuera conecedor de alguna afección resultante en el estudio de prefactibilidad, por ejemplo, un estudio hidrológico e hidráulico.
- Memoria descriptiva
- Proyecto básico de la instalación

Al tratarse de una instalación declarada de interés general, la solicitud ha de dirigirse a la Delegación Territorial de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada, y será el órgano ambiental competente, es decir, la Delegación Territorial de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul en Granada, quien resuelva.

Cabe destacar que el documento de estudio de impacto ambiental queda fuera del presente Proyecto de Fin de Máster dado que este requiere la participación de biólogos, geólogos, ingenieros ambientales, etc., que aúnan ciertos conocimientos en materia de medioambiente que no son competencia de un Ingeniero Industrial.

5.3.2.3 Resolución de la Autorización Ambiental Unificada

El Órgano competente en materia de medio ambiente emitirá, en un plazo máximo de 6 meses desde la admisión a trámite de la solicitud, el informe vinculante que otorgue la Autorización Ambiental Unificada.

La falta de resolución expresa tendrá efectos desestimatorios.

5.3.3 OBTENCIÓN DE LA AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA PREVIA

En este apartado se define el procedimiento necesario para cumplir con el tercer hito administrativo requerido por el RDL 23/2020.

5.3.3.1 Objeto

La AAP acredita la viabilidad del proyecto desde el punto de vista técnico, jurídico y medioambiental, permitiendo continuar con el desarrollo de este.

5.3.3.2 Documentación a presentar por el promotor

Para solicitar la Autorización Administrativa Previa (AAP) al órgano competente, es decir, a la Delegación Territorial de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada, se debe aportar la siguiente documentación de forma telemática a través de la sede electrónica de la Junta de Andalucía:

- Solicitud formal, firmada electrónicamente
- Proyecto básico de la instalación, firmada por el técnico competente
- Separatas para los organismos afectados
- Permiso de acceso y conexión emitido por el gestor de red
- Acreditación de la disponibilidad de los terrenos
- Estudio de impacto ambiental
- Resguardo de adecuada constitución de la garantía
- Acreditación de la capacidad técnica, económica y legal del promotor
- Resguardo de constitución de la garantía

Cabe destacar que esta documentación ya se presenta para la solicitud de la AAP, cuya admisión por parte del órgano competente da lugar al cumplimiento del hito administrativo 1: Solicitud presentada y admitida de la autorización administrativa previa.

5.3.3.3 Resolución de la autorización administrativa previa

El órgano competente, una vez presentada la documentación, examinará la documentación aportada por el promotor para verificar que está completa y correcta.

El plazo máximo del que dispone la D.T. de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada será de 3 meses a partir de la solicitud presentada, según establece el RD 1955/2000.

La falta de resolución expresa tendrá efectos desestimatorios.

Atendiendo a la experiencia de ingenieros dedicados al sector fotovoltaico, concretamente al desarrollo de proyectos como el que ocupa este documento, estos plazos, en España, suelen triplicarse e incluso cuatuplicarse, debido al gran colapso que sufre la Administración española en la tramitación de este tipo de expedientes.

5.3.4 OBTENCIÓN DE LA AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE CONSTRUCCIÓN

Una vez obtenida la Autorización Administrativa Previa (AAP) y completada la tramitación ambiental, el siguiente paso obligatorio antes de iniciar las obras es la solicitud y obtención de la Autorización Administrativa de Construcción (AAC).

5.3.4.1 Objeto

La AAC aprueba el proyecto de ejecución definitivo de la instalación incluyendo la infraestructura de evacuación, y da luz verde a su construcción material.

5.3.4.2 Documentación a presentar por el promotor

El promotor debe presentar ante la Delegación Territorial de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada, a través de la sede electrónica, la siguiente documentación:

- Proyecto de ejecución de la instalación.
- Certificados de cumplimiento de las condiciones de acceso y conexión otorgadas por el gestor de red.

- Acreditación de la disponibilidad de los terrenos, si ha cambiado respecto a la AAP.
- Autorización ambiental unificada favorable.
- Cronograma de ejecución estimado.
- Informe de servidumbres o afecciones sectoriales, si no se presentaron en la AAP.

5.3.4.3 Resolución de la autorización administrativa previa

El órgano competente, una vez presentada la documentación, examinará la documentación aportada por el promotor para verificar que está completa y correcta.

El plazo máximo del que dispone la D.T. de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada será de 3 meses a partir de la solicitud presentada, según establece el RD 1955/2000.

La falta de resolución expresa tendrá efectos desestimatorios.

Atendiendo a la experiencia de ingenieros dedicados al sector fotovoltaico, concretamente al desarrollo de proyectos como el que ocupa este documento, estos plazos, en España, suelen triplicarse e incluso cuatriplicarse, debido al gran colapso que sufre la Administración española en la tramitación de este tipo de expedientes.

5.3.4.4 Efectos de la Autorización Administrativa de Construcción

Una vez concedida la AAC:

- Se habilita al promotor para iniciar las obras de construcción de la instalación y su infraestructura de evacuación.
- Las obras deben ejecutarse conforme al proyecto aprobado. Cualquier modificación debe comunicarse y, en su caso, someterse a nueva autorización.

5.3.5 OBTENCIÓN DE LA AUTORIZACIÓN ADMINISTRATIVA DE EXPLOTACIÓN

La Autorización Administrativa de Explotación (AAE) es el acto administrativo mediante el cual la administración competente verifica que las instalaciones eléctricas han sido ejecutadas conforme al proyecto autorizado, cumplen con los requisitos técnicos y de seguridad establecidos, y pueden entrar en servicio de forma legal. Esta autorización se solicita una vez finalizadas las obras y ejecutadas las pruebas preceptivas, por lo que no forma parte del proceso necesario para alcanzar la condición de «ready to build», ya que esta se refiere exclusivamente al conjunto de permisos, licencias y autorizaciones previas que permiten iniciar la construcción del proyecto.

5.4 Fase final de tramitación: Acceso al estado «ready to build»

Tras la obtención de la AAC, el proyecto aún debe superar una serie de trámites administrativos y técnicos para considerarse en estado de ready to build (rtb), o lo que es lo mismo, plenamente habilitado para iniciar su ejecución material.

A continuación, se detallarán los capítulos que componen esta fase final de tramitación.

5.4.1 OBTENCIÓN DE LA LICENCIA URBANÍSTICA DE OBRAS

5.4.1.1 Objeto

A pesar de disponer de autorización ambiental (AAU) y energética (AAP y AAC), el proyecto debe cumplir también con los requerimientos urbanísticos establecidos por la legislación autonómica y local. Para ello, es imprescindible la licencia de obras emitida por el Ayuntamiento de Alhama de Granada.

5.4.1.2 Documentación a aportar

La solicitud de la licencia urbanística debe incluir:

- Solicitud formal: modelo oficial cumplimentado y firmado por representante legal
- Proyecto de ejecución
- Estudio de integración paisajística, si procede.

- Resolución ambiental favorable (AAU)
- Justificación de la disponibilidad del terreno.
- Informe de compatibilidad urbanística.
- Justificante del pago de tasas (ICIO, Canon urbanístico y Prestación patrimonial)

Una vez el promotor disponga de toda la documentación requerida, a través de la sede electrónica del Ayuntamiento de Alhama de Granada, solicitará formalmente la correspondiente licencia urbanística.

5.4.1.3 Resolución de la licencia urbanística

Una vez analizada toda la documentación, el Ayuntamiento de Alhama de Granada resolverá en un plazo que se ajustará a lo dictaminado en la Ley 39/2015, de Procedimiento Común de las Administraciones Públicas, y ante la ausencia de un plazo específico establecido en la Ley 7/2021, de Impulso para la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía (LISTA), igual a 3 meses donde no cabe el silencio positivo por emplazarse el proyecto en suelo rústico.

5.4.2 OBTENCIÓN DE AUTORIZACIONES SECTORIALES

Dependiendo de la localización del proyecto y del trazado de su infraestructura de evacuación (este último fuera del objeto del presente PFM), pueden ser necesarias ciertas autorizaciones o informes sectoriales de otras administraciones:

- Carreteras (Estatal o Autonómica): si se cruzan viales u ocupan zonas de servidumbre.
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir: si se cruzan cauces o zonas de dominio público hidráulico (DPH)
- Patrimonio: si existe una posible afección arqueológica.
- Defensa / Navegación aérea: si existe proximidad e instalaciones militares o aeródromos.

La resolución de este tipo de autorizaciones tiene un plazo variable, que depende del organismo afectado y la carga laboral que disponga en el momento de la tramitación.

Para la instalación «PSFV Alhama» no será necesario solicitud de alguna de estas autorizaciones, en lo que respecta a la implantación de la instalación.

5.4.3 CONTRATO TÉCNICO CON EL GESTOR DE RED

Una vez obtenida la AAC, debe formalizarse un Contrato Técnico de Acceso con el gestor de red, en este caso, con Endesa Distribución (e-Distribución), para definir técnicamente el punto de conexión y la coordinación de la puesta en marcha.

Este contrato incluye:

- Características del punto de conexión.
- Especificaciones técnicas de los equipos.
- Condiciones técnico-económicas de ejecución de la infraestructura de evacuación.
- Cronograma de conexión.

Este contrato formaliza técnica y económicamente las condiciones técnico-económicas definidas en la propuesta previa emitida por el gestor de red durante la fase de tramitación referente a la obtención del permiso de acceso y conexión.

La solicitud debe realizarse a través del portal disponible por Endesa-Distribución.

5.4.4 COORDINACIÓN AMBIENTAL Y CUMPLIMIENTO DE CONDICIONANTES

Antes de ejecutar, deben revisarse y asegurar el cumplimiento de todos los condicionantes ambientales impuestos en la resolución de la Autorización Ambiental Unificada (AAU):

- Medidas de protección de fauna y flora.
- Medidas de minimización del impacto visual y acústico.
- Calendario de ejecución en función de periodos sensibles.

- Protocolos de vigilancia ambiental

Esto supone un trabajo añadido que debe realizarse adecuadamente para evitar posibles interrupciones en obra por incumplimiento de condicionantes establecidos en la AAU.

6. Conclusión

La tramitación administrativa de una instalación fotovoltaica hibridada con un sistema de almacenamiento energético mediante baterías constituye un sistema complejo, multidisciplinar y altamente regulado, en el que confluyen distintas normativas de carácter europeo, estatal, autonómico y municipal. A lo largo del presente documento se ha desglosado con detalle el conjunto de autorizaciones, permisos y procedimientos necesarios para alcanzar la condición «ready to build».

El procedimiento se articula en fases secuenciales, comenzando por la gestión del permiso de acceso y conexión, que marca el primer hito administrativo del proyecto, y continuando con las autorizaciones energéticas (AAP y AAC), autorización ambiental (AAU), autorización sectorial (si aplica) y la licencia urbanística, cada una con sus plazos de resolución, órganos competentes y requerimientos técnicos y jurídicos. Todo ello se desarrolla bajo el marco normativo establecido principalmente por la Ley 24/2013 del Sector Eléctrico, el Real Decreto 1183/2000, La ley 21/2013 de Evaluación Ambiental y, en el ámbito andaluz, por la LISTA y su reglamento.

Asimismo, se ha puesto de manifiesto la importancia estratégica de una planificación documental exhaustiva, así como el cumplimiento estricto de los plazos legales y de los hitos administrativos, como la constitución de la garantía económica, la admisión a trámite de la AAP o la respuesta a la propuesta previa del gestor de red.

En definitiva, la correcta gestión de la tramitación permite no solo garantizar la viabilidad jurídica y técnica del proyecto, sino también minimizar los riesgos administrativos y agilizar el acceso a los mercados de financiación, lo cual resulta esencial en un contexto de transición energética acelerada y de fuerte competitividad en el desarrollo de renovables.

En las siguientes tablas se define, de una forma sintetizada, los factores principales a tener en cuenta para la tramitación del proyecto en cuestión:

**PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»**

DOCUMENTO II - ANEXOS

Fase Principal	Etapas del procedimiento	Subetapas del procedimiento	Órgano/entidad tramitador/a	Normativa que rige el procedimiento	Plazo legal (días hábiles)	Plazo estimado (días hábiles)	Observaciones	
1. Originación	Análisis de prefactibilidad	-	Promotor	-	-	2		
	Firma contrato de arrendamiento	-	Promotor	-	-	30	El plazo estimado depende de varios factores que pueden dificultar/facilitar la firma del contrato de arrendamiento (disponibilidad de propietarios, plazos de negociación, etc.)	
	Solicitud Informe de Compatibilidad Urbanística	-	Promotor	PGOU Alhama de Granada	-	3		
	Resolución Informe de Compatibilidad Urbanística	-	Ayuntamiento de Alhama de Granada	PGOU Alhama de Granada/Ordenanzas fiscales Ayuntamiento Alhama de Granada	-	50		
	Constitución de garantía	Obtención de la garantía por parte de la entidad financiera		Promotor	-	-	20	
		Constitución de garantía		Promotor	RD 1183/2020	-	1	
		Obtención resguardo garantía		Servicio de Tesorería de Granada	RD 1183/2020	-	5	
Solicitud adecuada constitución de la garantía			Promotor	RD 1183/2020	-	1		
	Obtención resguardo de confirmación adecuada constitución de la garantía		D.T. de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada	RD 1183/2020	90	15	Plazo estimado en base a casos reales en la Junta de Andalucía	
2. Obtención del Permiso de Acceso y Conexión	Solicitud del permiso de AyC	-	Promotor	RD 1183/2020, Circular 1/2021 CNMC	-	4		
	Evaluación de la solicitud y emisión de la propuesta previa	Admisión a trámite	Endesa-Distribución	RD 1183/2020, Circular 1/2021 CNMC	20	20		
		Análisis Técnico de Acceso y Conexión	Endesa-Distribución	RD 1183/2020, Circular 1/2021 CNMC				
		Emisión de la propuesta previa	Endesa-Distribución	RD 1183/2020, Circular 1/2021 CNMC	30	30		
		Aceptación de la propuesta previa	Promotor	RD 1183/2020, Circular 1/2021 CNMC	30	25	Plazo estimado en base a la necesidad, por parte del promotor, de ganar tiempo para la consecución de documentos necesarios para garantizar la viabilidad del proyecto en la ubicación seleccionada, por ejemplo, la obtención de un Informe de Compatibilidad Urbanística (ICU) por parte del Ayuntamiento	
	Emisión de los permisos de AyC	Obtención del permiso de acceso y conexión	Endesa-Distribución	RD 1183/2020, Circular 1/2021 CNMC	20	10		

Tabla II – Tramitación administrativa RtB - I

**PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»**

DOCUMENTO II - ANEXOS

Fase Principal	Etapas del procedimiento	Subetapas del procedimiento	Órgano/entidad tramitador/a	Normativa que rige el procedimiento	Plazo legal (días hábiles)	Plazo estimado (días hábiles)	Observaciones
3. Cumplimiento de los hitos administrativos regidos por el RD 23/2020	Solicitud presentada y admitida de la autorización administrativa previa	Solicitud de autorización administrativa previa	Promotor	RDL 23/2020, RD 1955/2000	-	45	Plazo estimado en base a la preparación de la documentación necesaria para realizar la solicitud, donde el cuello de botella radica en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y Proyecto Básico de la instalación.
		Admisión a trámite por parte del órgano competente	D.T. de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada	RDL 23/2020, RD 1955/2000	-	50	
	Obtención de la Declaración de Impacto Ambiental	Solicitud de autorización ambiental unificada	Promotor	RDL 23/2020, RD 1955/2000, Ley 7/2007, Ley 2172013	-	1	Ya se dispone del Estudio de Impacto Ambiental y Proyecto Básico, requeridos para la solicitud de autorización administrativa previa
		Resolución de autorización ambiental unificada	D.T. de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada / D.T. de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de Granada	RDL 23/2020, RD 1955/2000, Ley 7/2007, Ley 2172013	180	300	Plazo estimado en base a casos reales de proyectos tramitados en la Junta de Andalucía.
	Obtención de la Autorización Administrativa Previa	Resolución de autorización ambiental previa	D.T. de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada	RDL 23/2020, RD 1955/2000	90	300+60	Plazo estimado en base a casos reales de proyectos tramitados en la Junta de Andalucía.
	Obtención de la Autorización Administrativa de Construcción	Solicitud de autorización administrativa de construcción	Promotor	RDL 23/2020, RD 1955/2000	-	30	Plazo estimado vinculado a la preparación de la documentación necesaria a aportar por el promotor.
		Resolución de autorización administrativa de construcción	D.T. de Economía, Hacienda y Fondos Europeos y de Política Industrial y Energía en Granada	RDL 23/2020, RD 1955/2000	90	45	
	Obtención de la Autorización Administrativa de Explotación	-	-	-	-	-	Esta autorización forma parte del proceso constructivo de la instalación, no se incluye en la fase de tramitación necesaria para alcanzar el estado ready to build.

Tabla III – Tramitación administrativa RtB – II

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA HIBRIDADA CON INSTALACIÓN DE
ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS DENOMINADA
«PSFV ALHAMA»

DOCUMENTO II - ANEXOS

Fase Principal	Etapas del procedimiento	Subetapas del procedimiento	Órgano/entidad tramitador/a	Normativa que rige el procedimiento	Plazo legal (días hábiles)	Plazo estimado (días hábiles)	Observaciones
4. Fase final de tramitación	Obtención licencia urbanística de obras	Solicitud licencia urbanística de obras	Promotor	Ordenanzas municipales de edificación y urbanización del Ayuntamiento de Alhama de Granada / Ley 7/2021 (LISTA)	-	5	Plazo estimado vinculado a la preparación de la documentación necesaria a aportar por el promotor.
		Resolución licencia urbanística de obras	Ayuntamiento de Alhama de Granada	Ordenanzas municipales de edificación y urbanización del Ayuntamiento de Alhama de Granada / Ley 7/2021 (LISTA)	-	30	
	Obtención de autorizaciones sectoriales (si procede)	Solicitud de autorización/informe sectorial	Promotor	A determinar según la afección	-	A determinar según la afección	
		Resolución de autorización/informe sectorial	A determinar según la afección	A determinar según la afección	-	A determinar según la afección	Los plazos estimados para según qué tipo de afección pueden incluirse en un intervalo de 1 a 6 meses
	Contrato técnico de acceso	Formalización del CTA con el gestor de red	Promotor / Endesa Distribución	CNMC / Ley 24/2013	-	45	
	Coordinación ambiental y cumplimiento de condicionantes	Acciones necesarias para el cumplimiento de condicionantes	Promotor	Normativa medioambiental según condicionantes establecidos en la AAU	-	(*)	(*) Plazo a estimar en función de las características de los condicionantes interpuestos en la AAU y de las acciones necesarias para poder implementarlos con éxito.

Tabla IV – Tramitación administrativa RtB - III

Málaga, septiembre de 2025

El autor del Proyecto Fin de Máster

DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

ANEXO III

FICHAS TÉCNICAS

Vertex N

N-type i-TOPCon bifacial dual glass
Monocrystalline module

PRODUCT: TSM-NEG21C.20
PRODUCT RANGE: 675-700W

700W

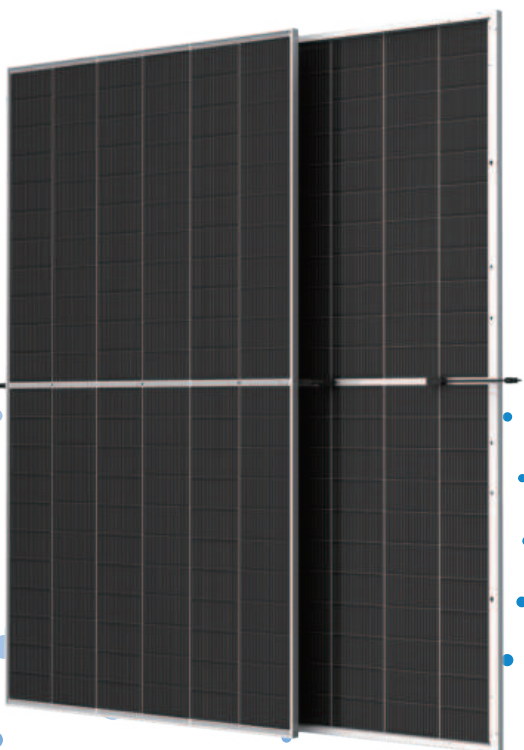
MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

POSITIVE POWER TOLERANCE

22.5%

MAXIMUM EFFICIENCY



High customer value

- The star of LCOE (Levelized Cost Of Energy) .Higher string power feature effectively reduces BOS (Balance of System)and LCOE
- More energy harvest with cutting-edge N-type i-TOPCon technology
- Designed for compatibility with existing mainstream system components



High power up to 700W

- Up to 22.5% module efficiency with high density interconnect technology
- SMBB (Super multi-busbar) technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



High reliability

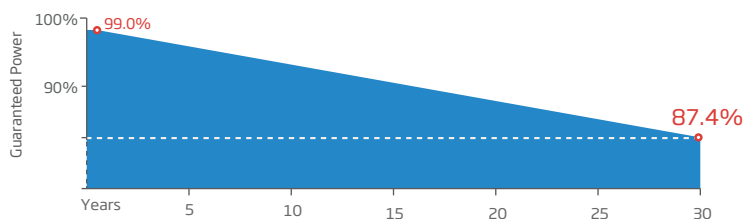
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



High energy yield

- Excellent product bifaciality and low irradiation performance, validated by 3rd party
- Lower degradation: 1% first year , 0.4% annually thereafter
- Lower temperature coefficient (-0.30%)
- Up to 30% additional power gain from back side depending on albedo

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty



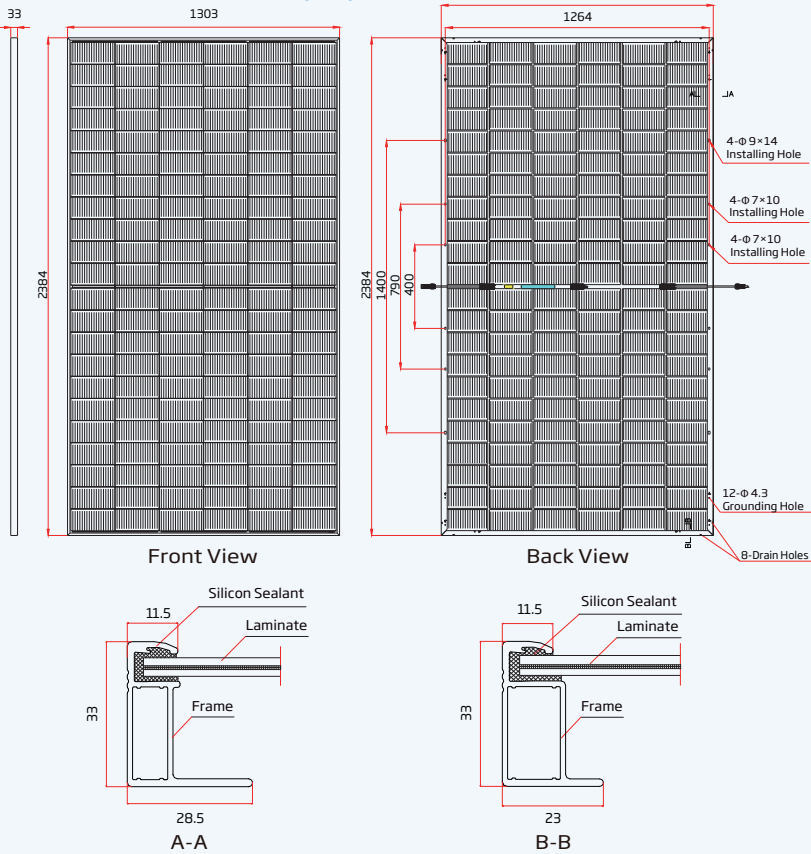
Comprehensive Products and System Certificates



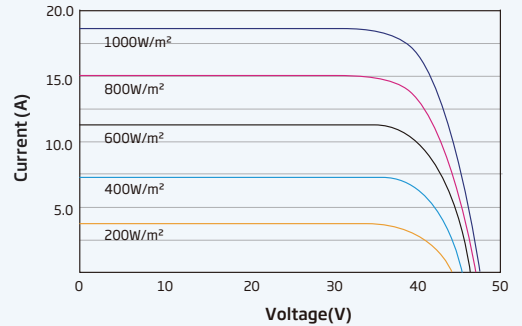
IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO45001: Occupational Health and Safety Management System



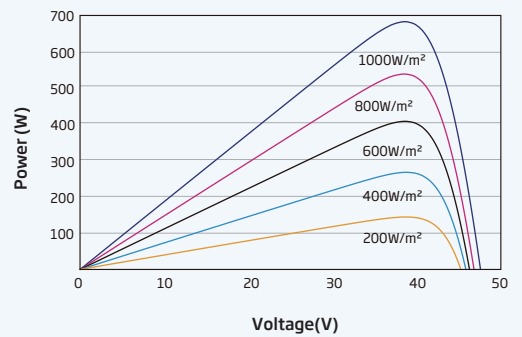
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(690W)



P-V CURVES OF PV MODULE(690 W)



MECHANICAL DATA

Solar Cells	N-type Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1303×33 mm (93.86×51.30×1.30 inches)
Weight	38.3 kg (84.4 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)

Frame	33mm(1.30 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²) Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	MC4 EVO2 / TS4 PLUS / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

ELECTRICAL DATA (STC & NOCT)

Testing Condition	STC		NOCT		STC		NOCT		STC		NOCT		STC		NOCT	
Peak Power Watts - P _{MAX} (Wp)*	675	514	680	517	685	521	690	526	695	530	700	534				
Power Tolerance - P _{MAX} (W)	0 ~ +5															
Maximum Power Voltage - V _{MPP} (V)	39.4	37.0	39.6	37.2	39.8	37.3	40.1	37.7	40.3	37.8	40.5	38.0				
Maximum Power Current - I _{MPP} (A)	17.12	13.89	17.16	13.91	17.19	13.94	17.23	13.96	17.25	14.02	17.29	14.05				
Open Circuit Voltage - V _{OC} (V)	47.2	44.7	47.4	44.9	47.7	45.2	47.9	45.4	48.3	45.8	48.6	46.0				
Short Circuit Current - I _{SC} (A)	18.14	14.62	18.18	14.65	18.21	14.67	18.25	14.71	18.28	14.73	18.32	14.76				
Module Efficiency η _m (%)	21.7		21.9		22.1		22.2		22.4		22.5					

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s. *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 5% & 10% backside power gain)

Backside Power Gain	5%		10%		5%		10%		5%		10%		5%		10%	
Total Equivalent power - P _{MAX} (Wp)	709	743	714	748	719	754	725	759	730	765	735	770				
Maximum Power Voltage - V _{MPP} (V)	39.4	39.4	39.6	39.6	39.8	39.8	40.1	40.1	40.3	40.3	40.5	40.5				
Maximum Power Current - I _{MPP} (A)	17.98	18.83	18.02	18.88	18.05	18.91	18.09	18.95	18.11	18.98	18.15	19.02				
Open Circuit Voltage - V _{OC} (V)	47.2	47.2	47.4	47.4	47.7	47.7	47.9	47.9	48.3	48.3	48.6	48.6				
Short Circuit Current - I _{SC} (A)	19.05	19.95	19.09	20.00	19.12	20.03	19.16	20.08	19.19	20.11	19.24	20.15				

Power Bifaciality: 80±5%.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of V _{OC}	-0.24%/°C
Temperature Coefficient of I _{SC}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85° C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	35A

WARRANTY

- 12 year Product Workmanship Warranty
 - 30 year Power Warranty
 - 1% first year degradation
 - 0.40% Annual Power Attenuation
- (Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

- Modules per box: 33 pieces
- Modules per 40' container: 594 pieces

AXone DUO

Efficiency Synchronized



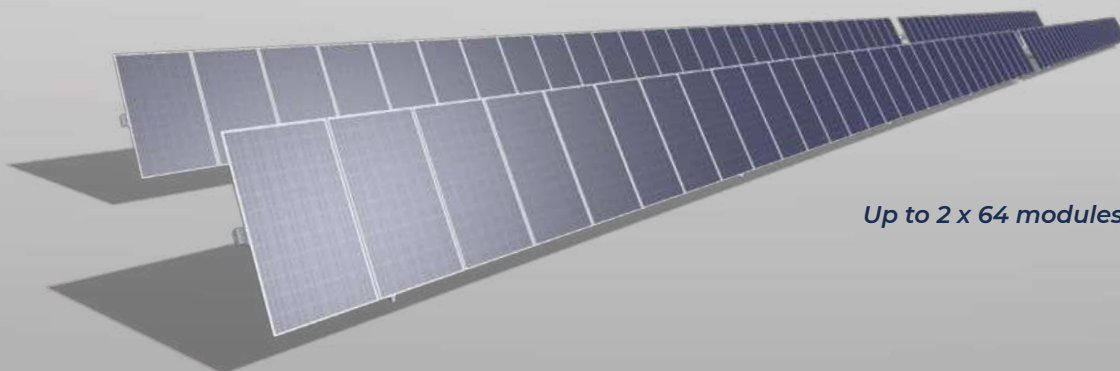
cpp

pvhardware.com



STRUCTURAL & MECHANICAL SPECIFICATIONS

Tracker	<i>Horizontal single-axis with central driveline architecture in dual row</i>
Rotational range	<i>+/-60°</i>
Drive	<i>Gear drive arm screw</i>
Motor	<i>DC Motor</i>
Motors per MWp (390 Wp modules)	<i>~ 20</i>
Ground coverage ratio	<i>30-50%, depending on configuration</i>
Modules supported	<i>All market available modules, including thin film</i>
Slope tolerances	<i>N-S: up to 14%, E-W: unlimited</i>
Module configuration	<i>1 module in portrait</i>
Module attachment	<i>Direct mount to panel rail (configurable for clamps)</i>
Structural materials	<i>Magnelis / Hot-dipped galvanized steel per ASTM A123 or ISO 1461</i>
Allowable wind load	<i>Tailored to site specific conditions up to 120 mph/193 kph</i>
Grounding system	<i>Self-grounded via serrated fixation hardware</i>
Storm alarm for high winds	<i>Yes, stow position in up to 5 minutes</i>
Wind speed sensors	<i>Ultrasonic anemometer</i>
Solar tracking method	<i>Astronomical algorithm with GPS input</i>
Controller Electronics	<i>A central control unit per solar plant. Wireless communication with trackers. Redundancy of wireless gateways to guarantee communication</i>
SCADA interface	<i>Modbus TCP or OPC-UA</i>
Communication Protocol	<i>LoRa Wireless</i>
Nighttime stow	<i>Yes, configurable</i>
Backtracking	<i>Yes</i>
In-field manufacturing	<i>No</i>
On-site training and commissioning	<i>Yes, included in tracker supply</i>
Standard warranties	<i>Structure: 10 years. Electromechanical components: 5 years</i>
Certifications	<i>UL3703, IEC 62817</i>
Structural adaptation to local codes	<i>Yes, verified by third-party structural engineers if required</i>



Up to 2 x 64 modules

SG250HX

Multi-MPPT String Inverter for 1500 Vdc System

SUNGROW

Clean power for all



HIGH YIELD

- 12 MPPTs with max. efficiency 99%
- 30A MPPT compatible with 500Wp+ module
- Built-in Anti-PID and PID recovery function

LOW COST

- Compatible with Al and Cu AC cables
- DC 2 in 1 connection enabled
- Power line communication (PLC)
- Q at night function

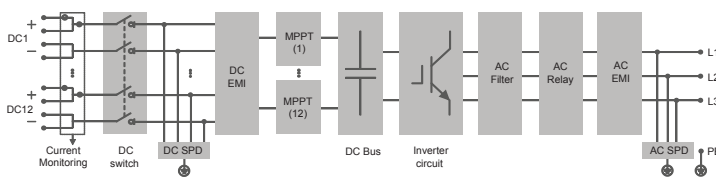
SMART O&M

- Touch free commissioning and remote firmware upgrade
- Smart IV Curve diagnosis*
- Fuse free design with smart string current monitoring

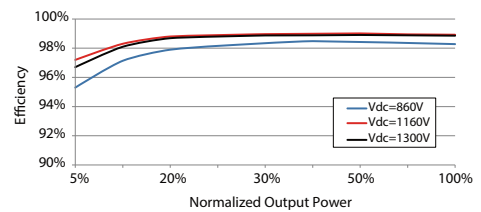
PROVEN SAFETY

- IP66 and C5 anti-corrosion
- Type II SPD for both DC and AC
- Compliant with global safety and grid code

CIRCUIT DIAGRAM



EFFICIENCY CURVE



Type designation	SG250HX
Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 500 V
Nominal PV input voltage	1160 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
MPP voltage range for nominal power	860 V – 1300 V
No. of independent MPP inputs	12
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	30 A *12
Max. DC short-circuit current	50 A *12
Output (AC)	
AC output power	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @40 °C / 200 kVA @ 50 °C
Max. AC output current	180.5 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	680 – 880V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency	99.0 %
European efficiency	98.8 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch	Yes
AC switch	No
PV String current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Yes
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1051 * 660 * 363 mm
Weight	99kg
Isolation method	Transformerless
Ingress protection rating	IP66
Night power consumption	< 2 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	5000 m (> 4000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+App
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm ² , optional 10mm ²)
AC connection type	OT/DT terminal (Max. 300 mm ²)
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control

*: Only compatible with Sungrow logger and iSolarCloud



**THREE-PHASE
TRANSFORMERLESS
DUAL BATTERY
INVERTER**

Battery inverter up to 3.28 MVA

The INGECON® SUN STORAGE Power is a three-phase bidirectional battery inverter that can be used in grid-connected and stand-alone systems. This inverter offers a high power density divided in two power stacks, providing different configurable operating modes. Besides, it features the same technology as Ingeteam's PV inverters, facilitating the supply of spare parts.

Easy maintenance

String inverter philosophy has been applied in the design of this central inverter, facilitating the inverter usage. Moreover, the input and output lines are integrated into the same cabinet, in order to make maintenance work easier.

Battery management

The INGECON® SUN STORAGE Power features a highly advanced battery control technology, ensuring the maximum life of the storage system. The battery temperature could be controlled at all times ensuring an enhanced lifespan of the accumulator.

Software included

Included at no extra cost the software INGECON® SUN Manager for monitoring and recording the inverter data over the Internet. Ethernet communications are supplied as standard.

The INGECON® SUN STORAGE Power three-phase inverter complies with the most demanding international standards.

Standard 5 year warranty, extendable for up to 25 years

PROTECTIONS

- Output short-circuits and overloads.
- Insulation failures.
- Motorized DC load break disconnect.
- DC and AC surge arresters, type 2.
- Motorized AC circuit breaker.
- Additional protection for the power stack, as it is air cooled by a closed loop.

INTEGRATED ACCESSORIES

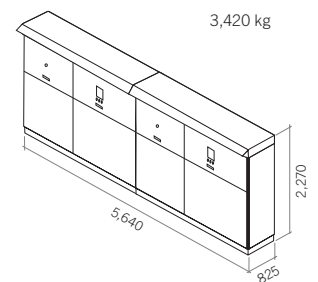
- Ethernet communication.
- DC pre-charge system.
- AC pre-charge system.

OPTIONAL ACCESSORIES

- DC fuses.
- Heating kit, for operating at an ambient temperature of -30 °C (-22 °F).
- Sand trap kit.



Size (mm)



Battery inverter up to 3.28 MVA

Stand-alone operating mode:

The INGECON SUN® STORAGE Power, together with Ingeteam's Plant Controller, generates the stand-alone AC grid (to which the PV inverters -both string and central models- and the loads are connected). The ISS Power is able to control the energy flows between this

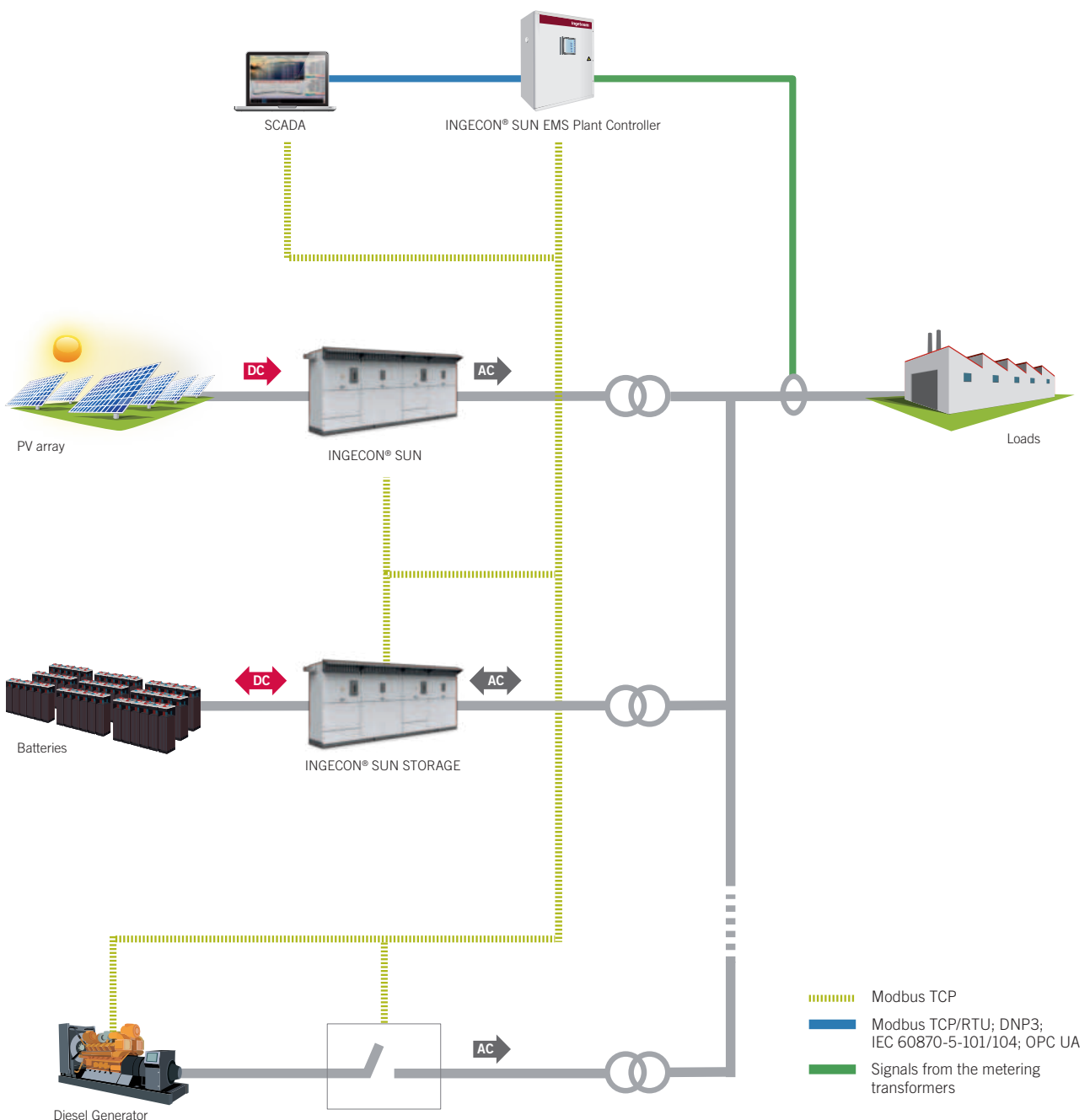
grid and the batteries, based on their status at any given time.

An advanced control system, based on a frequency droop and requiring no communications, manages the power generated by the INGECON SUN® PV inverters

based on the consumption data and the battery state of charge.

The back-up power source (a diesel generator) will only start when the batteries state of charge is below a certain programmable threshold.

Schema for stand-alone mode



Grid-connected operating modes:

- Self-consumption

This operating mode is conceived for grid-connected systems with renewable energy sources, in order to minimise grid consumption. If the loads demand more energy than the one produced by the renewable sources then the batteries would cover this demand, increasing the self-consumption ratio.

Back-up functionality is also available. If a grid outage occurs, the battery inverter generates the AC network and the energy stored in the batteries is used to power the loads.

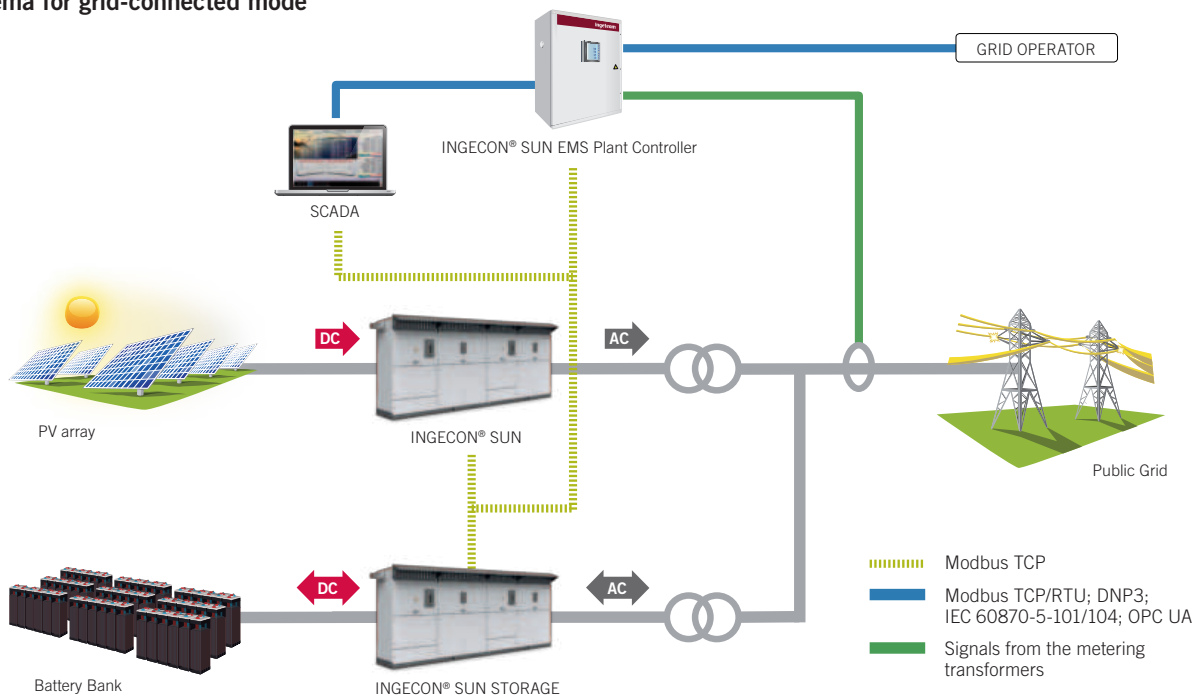
- Grid Support

This operating mode is mainly based on active and reactive power control functions that can be implemented thanks to Ingeteam's power plant controller:

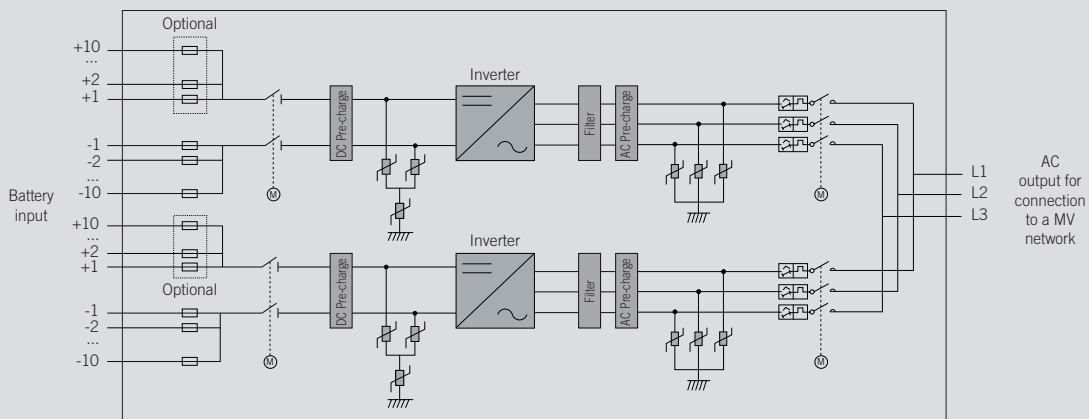
- Active Power Curtailment.
- Ramp Rate Control.
- Fast Frequency Regulation.
- Solar Power Reserve.
- Energy Time Shifting.
- P Open Loop.
- Hybrid Self-Consumption.

- Uninterrupted Power Supply.
- Stand-Alone Generation.
- Q Open Loop.
- Dynamic Reactive Compensation.
- Peak-Shaving.
- On Demand Q.
- Power Factor Control.
- Automatic Voltage Regulation.
- Voltage Droop Control.
- Power Oscillations Damping.
- Black Start capability.

Schema for grid-connected mode



SUN STORAGE Power B Series



	1900 kVA DUAL ISS 950TL B366	2340 kVA DUAL ISS 1170TL B450	2650 kVA DUAL ISS 1325TL B510	2760 kVA DUAL ISS 1380TL B530	3000 kVA DUAL ISS 1500TL B578	3120 kVA DUAL ISS 1560TL B600	3280 kVA DUAL ISS 1640TL B630
Input (DC)							
Battery voltage range for stand-alone mode	536 - 1,300 V	655 - 1,300 V	740 - 1,300 V	768 - 1,300 V	837 - 1,300 V	868 - 1,300 V	910 - 1,300 V
Battery voltage range for grid-connected modes range ⁽¹⁾	588 - 1,300 V	715 - 1,300 V	812.3 - 1,300 V	843.6 - 1,300 V	916 - 1,300 V	950 - 1,300 V	998 - 1,300 V
Maximum voltage ⁽²⁾	1,500 V						
Maximum current	1,850 A per power block						
Type of battery ⁽³⁾	Li-ion, lead, Ni-Cd and flow batteries						
N° inputs with fuse holders	6 up to 10 per power block						
Fuse dimensions	630 A / 1,500 V / aR / 100 kA (L/R 5mS) (optional)						
Type of connection	Single copper bar (up to 30 cables per power block) or multiple copper bars with fuse holders						
Input protections							
Overvoltage protections	Type 2 surge arresters						
DC switch	Motorized DC load break disconnect						
Other protections	Up to 10 pairs of DC fuses per power block (optional) / Insulation failure monitoring / Anti-islanding protection / Emergency pushbutton						
Output (AC)							
Power IP54 @30 °C / @50 °C	1,901.8 kVA / 1,711.6 kVA	2,338 kVA / 2,104.5 kVA	2,650 kVA / 2,385 kVA	2,754 kVA / 2,478.4 kVA	3,004 kVA / 2,703 kVA	3,118 kVA / 2,806 kVA	3,274 kVA / 2,946 kVA
Current IP54 @30 °C / @50 °C	3,000 A / 2,700 A						
Power IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	1,901.8 kVA / 1,683.8 kVA	2,338 kVA / 2,070 kVA	2,650 kVA / 2,346 kVA	2,754 kVA / 2,438 kVA	3,004 kVA / 2,660 kVA	3,118 kVA / 2,760 kVA	3,274 kVA / 2,898 kVA
Current IP56 @27 °C / @50 °C ⁽⁴⁾	3,000 A / 2,656 A						
Rated voltage	366 V IT System	450 V IT System	510 V IT System	530 V IT System	578 V IT System	600 V IT System	630 V IT System
Frequency	50 / 60 Hz						
Power Factor adjustable	Yes, 0-1 (leading / lagging)						
THD (Total Harmonic Distortion) ⁽⁵⁾	<3%						
Type of connection	Connection to cables or copper bars						
Output protections							
Overvoltage protections	Type 2 surge arresters						
AC breaker	Motorized AC circuit breaker						
Anti-islanding protection	Yes, with automatic disconnection						
Other protections	AC short circuits and overloads						
Features							
Maximum efficiency	98.9%						
CEC efficiency	98.5%						
Max. consumption aux. services	9,400 W (50 A)						
Stand-by or night consumption ⁽⁶⁾	<180 W						
Average power consumption per day	4,000 W						
General Information							
Ambient temperature	-20 °C to +57 °C						
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%						
Protection class	IP54 (IP56 with the sand trap kit)						
Corrosion protection	C5H						
Maximum altitude	4,500 m (for installations beyond 1,000 m, please contact Ingeteam's solar sales department)						
Cooling system	Forced air with temperature control (230 V phase + neutral power supply)						
Air flow range	0 - 7,800 m ³ /h per power block						
Average air flow	4,200 m ³ /h per power block						
Acoustic emission (100% / 50% load)	<66 dB(A) at 10m / <54.5 dB(A) at 10m						
Marking	CE, ETL						
EMC & Security standards	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100						
Grid connection standards	IEC 62116, Arrêté 23-04-2008, CEI 0-16 Ed. III, Terna A68, G59/2, BDEW-Mittelspannungsrichtlinie:2011, P.O.12.3, South African Grid code (ver 2.6), Chilean Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid code, Thailand PEA requirements, IEC61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, IEEE 1547, IEEE1547.1, GGC&CGC China, DEWA (Dubai) Grid code, Jordan Grid Code, RETIE Colombia						

Notes: ⁽¹⁾ Minimum voltage DC (V_{DC, min}) for V_{grid, max} = 1.1 p.u. and Power Factor=1. If V_{grid, max} is higher than this value, the minimum voltage should be corrected as V_{DC, min} * V_{grid, max} / 1.1. For other DC voltage ranges, please contact Ingeteam's solar sales department ⁽²⁾ Beyond 1,300 V, the maximum current decreases gradually ⁽³⁾ Please contact Ingeteam's solar sales department to access the full list of compatible batteries and BMS ⁽⁴⁾ With the sand trap kit ⁽⁵⁾ For P out >25% of the rated power and voltage in accordance with IEC 61000-3-4 ⁽⁶⁾ Consumption from battery.

**MEDIUM VOLTAGE
POWER STATION,
CUSTOMIZED
UP TO 6.86 MVA,
WITH ALL THE
COMPONENTS
SUPPLIED ON TOP
OF A FULL SKID**

From 1 to 6.86 MVA

This brand new medium voltage solution integrates all the devices required for a multi-mega-watt system.

Maximize your investment with a minimal effort

Ingeteam's FSK B Series Power Station is a compact, customizable and flexible solution that can be configured to suit each customer's requirements. It is supplied together with up to four battery inverters (two dual battery inverters). All the equipment is suitable for outdoor installation, so there is no need of any kind of housing.

Higher adaptability and power density

This Power Station is now more versatile, as it presents the MV transformer integrated into a steel base frame together with the LV and MV components, including the battery inverters.

Plug & Play technology

This MV solution integrates power conversion equipment (up to 6.86 MVA), liquid-filled hermetically sealed transformer up to 36 kV and provision for low voltage equipment.

The MV Skid is delivered pre-assembled for a fast on-site connection with up to two dual battery inverters from Ingeteam's B Series central battery inverter family.

Complete accessibility

Thanks to the lack of housing, the inverters, the switchgear and the transformer can have immediate access. Furthermore, the design of the B Series central battery inverters has been conceived to facilitate maintenance and repair works.

Maximum protection

Ingeteam's B Series central battery inverters integrate the latest generation electronics and a much more efficient electronic protection. Apart from that, they feature the main electrical protections and they deploy grid support functionalities, such as low voltage ride-through capability, reactive power deliverance and active power injection control.

Furthermore, the electrical connection between the battery inverters and the transformer is fully protected from direct contact.



CONSTRUCTION

- Steel base frame.
- Suitable for slab or piers mounting.
- Compact design, minimizing freight costs.

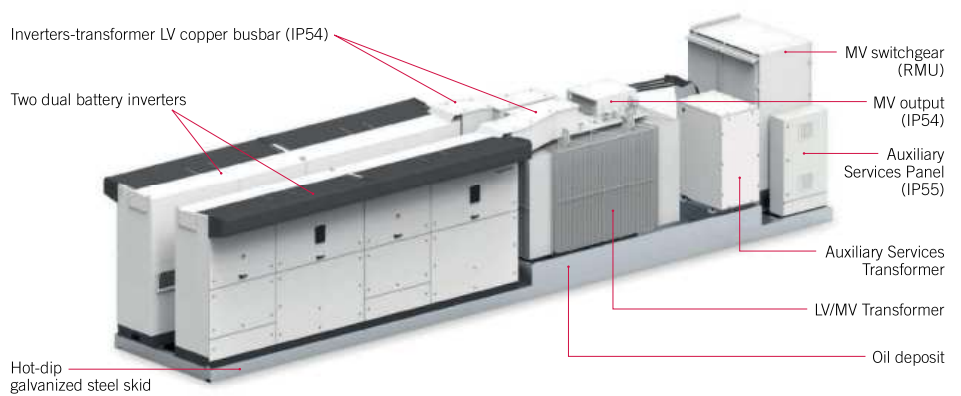
OPTIONAL ACCESORIES

- Auxiliary services transformer (up to 50 kVA, Dyn11).
- UPS for monitoring (1.5 kVA, 30 min).
- LV Surge arresters type I+II.
- MV Surge arresters.
- Low voltage distribution panel (IP55).
- High-speed Ethernet / fibre optic communication infrastructure for Plug & Play connection to the Power Plant Controller and/or SCADA systems.
- Energy meter for auxiliary services and/or energy production.
- Insulation monitoring relay for continuous monitoring of IS systems insulation.

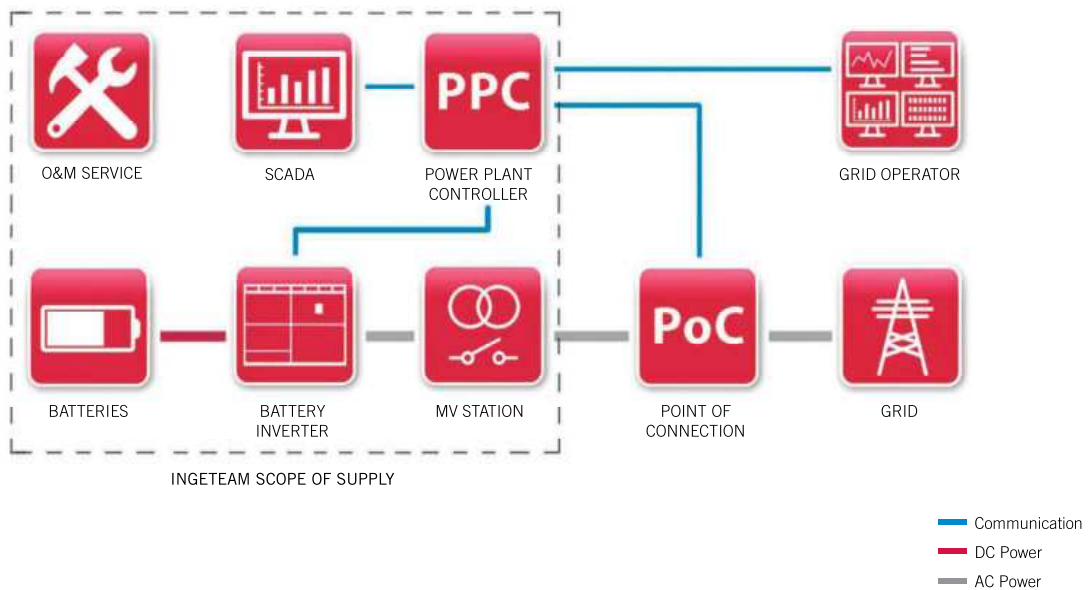
STANDARD EQUIPMENT

- Up to four battery inverters with an output power of 6.86 MVA.
- Liquid-filled hermetically sealed transformer up to 36 kV.
- 1L1A MV switchgear (2L1A optional).
- Oil-retention tank.
- Frame for installation of LV equipment.
- Minimum installation at project site.

COMPONENTS



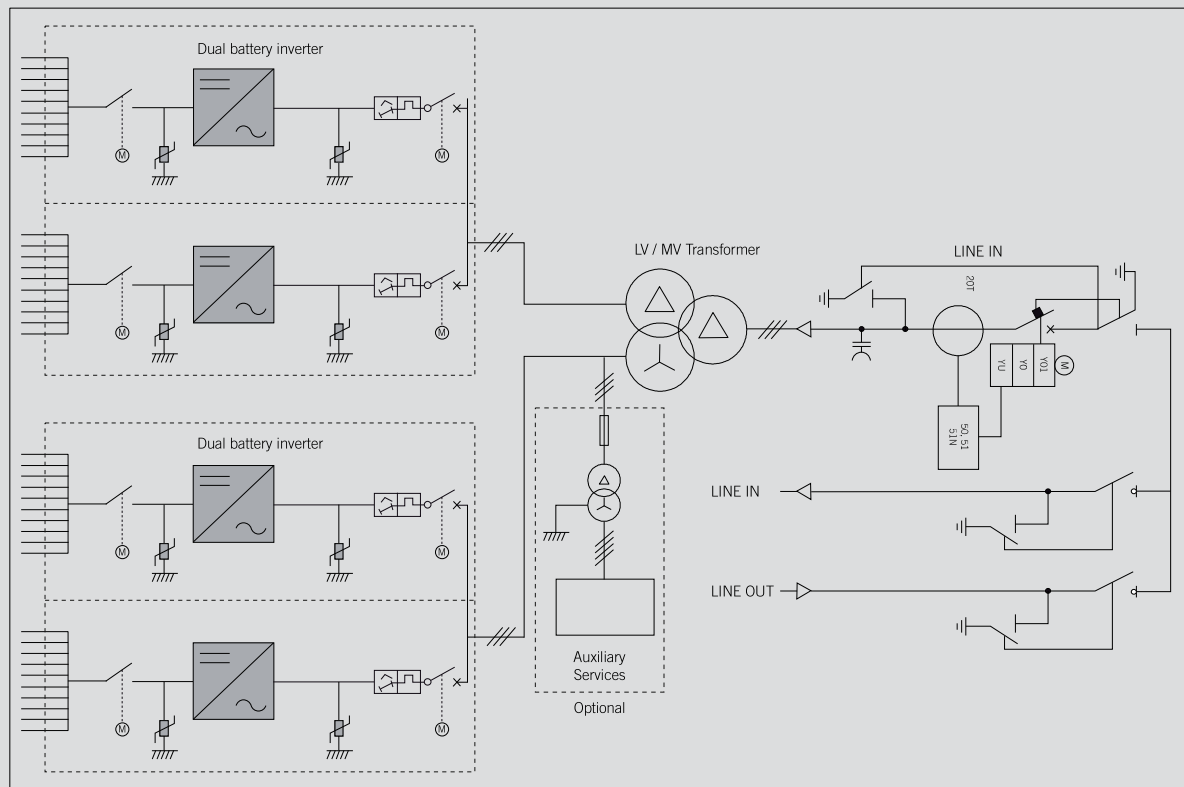
PLANT CONFIGURATION



	1715 FSK	3430 FSK	5145 FSK	6860 FSK
General data				
Number of inverters	1	2	3	4
Max. power @30 °C / 86 °F ⁽¹⁾	1,715 kVA	3,430 kVA	5,145 kVA	6,860 kVA
Operating temperature range	from -20 °C to +50 °C			
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%			
Maximum altitude	3,000 masl (power derating starting at 1,000 masl)			
LV / MV Transformer				
Medium voltage	From 20 kV up to 35 kV, 50-60 Hz			
Cooling system	ONAN			
Minimum PEI (Peak Efficiency Index) ⁽²⁾	99.40%			
Protection degree	IP54			
MV Switchgear				
Medium voltage	24 kV / 36 kV / 40.5 kV			
Rated current	630 A			
Cooling system	Natural air ventilation			
Protection degree	IP54			
Equipment				
LV-AUX Switchgear	Standard version (optional monitoring system)			
LV / MV Transformer	Oil-immersed hermetically sealed transformer			
MV Switchgear	1L1A cells (2L1A optional)			
Mechanical information				
Structure type	Hot dip galvanized steel skid			
Dimensions Full Skid (W x D x H)	8,570 x 2,100 x 2,460 mm	11,390 x 2,100 x 2,460 mm	11,390 x 2,100 x 2,460 mm	11,390 x 2,100 x 2,460 mm
Full Skid	13 T	16 T	19 T	25 T
Standards	IEC 62271-212, IEC 62271-200, IEC 60076, IEC 61439-1			

Notes: ⁽¹⁾ Maximum power calculated with the battery inverter model INGECON® SUN STORAGE 1715TL B660. For other battery inverter models, please contact Ingeteam's BESS sales department ⁽²⁾ For European installations, ECO design according to the EU 548/2014 and EU 2019/1783 standards.

Example of configuration with four B Series battery inverters



CE

Ingeteam

Ingeteam Power Technology, S.A.

www.ingetteam.com

Ref: TP-06-TPP_BESS-01_C DATA SUBJECT TO CHANGE

LUNA2000-2.0MWH Series Smart String ESS



More Energy



Optimal Investment



Simple O&M



Safe & Reliable

Battery Container

Model	LUNA2000-2.0MWH-1H0	LUNA2000-2.0MWH-1H1	LUNA2000-2.0MWH-2H1
DC Rated Voltage	1,200 V	1,250 V	1,250 V
DC Max. Voltage	1,500 V	1,500 V	1,500 V
Nominal Energy Capacity	2,064 kWh	2,032 kWh	2,032 kWh
Charge & Discharge Rate	≤ 1 C	≤ 1 C	≤ 0.5 C
Rated Power	2,064 kW	2,032 kW	1,016 kW
Container Configuration (W x H x D)	6,058 x 2,896 x 2,438 mm	6,058 x 2,896 x 2,438 mm	6,058 x 2,896 x 2,438 mm
Container Weight	≤ 30 t	≤ 30 t	≤ 30 t
Operation Temperature Range	-30°C ~ 55°C	-30°C ~ 55°C	-30°C ~ 55°C
Storage Temperature Range	-40°C ~ 60°C	-40°C ~ 60°C	-40°C ~ 60°C
Relative Humidity	0 ~ 100% (Non-condensing)	0 ~ 100% (Non-condensing)	0 ~ 100% (Non-condensing)
Max. Operating Altitude	4,000 m	4,000 m	4,000 m
Cooling Method	Smart Air Cooling	Smart Air Cooling	Smart Air Cooling
Configuration of HVAC	8 HVACs ¹	8 or 6 HVACs ¹	6 or 4 HVACs ¹
Fire Suppression Agent	FM-200	FM-200 / Novec 1230™	FM-200 / Novec 1230™
Communication Interface	Ethernet / SFP	Ethernet / SFP	Ethernet / SFP
Communication Protocol	Modbus TCP / IEC 104	Modbus TCP / IEC 104	Modbus TCP / IEC 104
Protection Degree	IP55	IP55	IP55
Anti-corrosion Degree	C5-Medium	C5-Medium	C5-Medium
Black Start	-	Optional	Optional

Standards Compliance

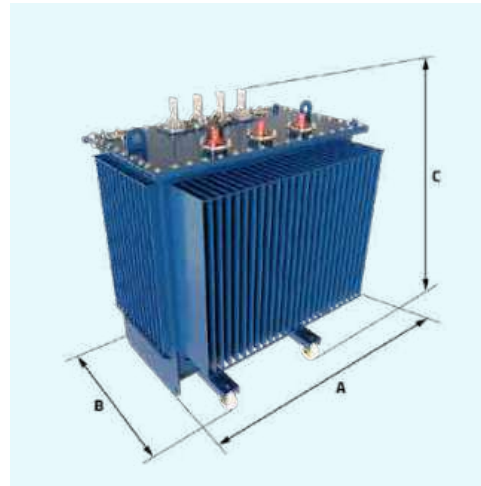
RoHS, IEC62477-1, IEC62040-1, IEC61000-6-2, EN55011, UL9540A, IEC62619, UN3536, etc.

¹ - The quantity of HVACs depends on C rate and application scenario

TRANSFORMADORES

transforma.dis

Transformador de distribución sumergido en líquido dieléctrico



Características generales

Diseño general	transformador hermético de llenado integral*
Potencia nominal	50-3150 kVA
Tensión asignada primaria	hasta 36 kV
Tensión asignada secundaria, en vacío	420 V
Refrigeración	ONAN - KNAN
Cuba	elástica de paredes corrugadas (aletas)
Cambiador de tomas	sin tensión (DETC)
Líquido refrigerante	aceite mineral**
Material de bobinados	aluminio o cobre
Material del núcleo ferromagnético	acero magnético de grano orientado

(*) otros diseños (depósito de expansión...) a consultar

(**) otros dieléctricos disponibles con la opción Organic / Organic Synth

Características opcionales disponibles



transforma.dis

Transformadores diseñados de acuerdo a los requisitos de la directiva Ecodiseño de la Comisión Europea (Reglamentos 548/2014, 2016/2282 y 2019/1783, Tier 2) válidos para los mercados del Espacio Económico Europeo (EEE: Unión Europea, Islandia, Liechtenstein y Noruega) y el resto del mundo donde se acepten.

Características eléctricas (Tensión asignada primaria 24 kV)													
Potencia asignada	[kVA]	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Tensión asignada secundaria (U _s)	[V]	420											
Grupo de Conexión		Dyn											
Pérdidas en Vacío Po	[W]	81	130	189	270	387	540	585	693	855	1080	1305	1575
Pérdidas en Carga Pk	[W]	750	1250	1750	2350	3250	4600	6000	7600	9500	12000	15000	18500
Impedancia de cortocircuito a 75°C	(%)	4						6					
Nivel de Potencia Acústica LwA	[dB]	38	40	43	46	49	51	52	54	55	57	59	62
Dimensiones													
Largo máximo (cota A)	(mm)	1040	1150	1250	1300	1360	1440	1676	1696	1700	1700	2010	2180
Ancho máximo (cota B)	(mm)	768	773	763	849	908	959	1040	1040	1040	1040	1260	1370
Alto máximo (cota C)	(mm)	1325	1373	1503	1525	1645	1780	1822	1942	1978	2143	2170	2395
Peso núcleo magnético	(kg)	260	410	585	790	925	1300	1485	1730	1780	1628	2006	2431
Peso conductores aluminio	(kg)	110	150	180	230	330	450	600	630	740	641	698	740
Peso líquido dieléctrico	(kg)	184	266	328	374	418	506	552	552	902	898	1111	1294
Volumen líquido dieléctrico	(L)	200	289	356	407	454	550	600	600	980	977	1208	1407
Peso total	(kg)	744	1036	1334	1662	2034	2738	3371	3787	4274	4368	5429	6290

Características eléctricas (Tensión asignada primaria 36 kV)													
Potencia asignada	[kVA]	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Tensión asignada secundaria (U _s)	[V]	420											
Grupo de Conexión		Dyn											
Pérdidas en Vacío Po	[W]	93	149	217	311	445	621	673	797	983	1242	1501	1811
Pérdidas en Carga Pk	[W]	825	1375	1925	2585	3575	5060	6600	8360	10450	13200	16500	20350
Impedancia de cortocircuito a 75°C	(%)	4 o 4,5						6					
Nivel de Potencia Acústica LwA	[dB]	39	41	44	47	50	52	53	55	61	63	65	68
Dimensiones													
Largo máximo (cota A)	(mm)	1090	1100	1180	1270	1330	1330	1540	1580	1740	1880	2020	2190
Ancho máximo (cota B)	(mm)	780	780	850	810	880	925	1005	1025	1090	1160	1290	1410
Alto máximo (cota C)	(mm)	1523	1533	1588	1658	1788	1913	1948	1928	2248	2383	2398	2453
Peso núcleo magnético	(kg)	275	335	495	605	800	1045	1265	1285	1520	1628	2006	2431
Peso conductores aluminio	(kg)	115	125	165	185	285	365	455	495	595	641	698	740
Peso líquido dieléctrico	(kg)	221	239	258	340	423	469	551	551	810	898	1111	1294
Volumen líquido dieléctrico	(L)	240	260	280	370	460	510	599	599	880	977	1208	1407
Peso total	(kg)	788	909	1150	1395	1855	2228	2948	3008	3848	4368	5429	6290

NOTA: Este documento contiene datos orientativos. Para más información, consultar con Ormazabal.



Sección (mm ²)	Diámetro (mm)	Peso (kg/km)	Aire libre (A) ¹	Enterrado (A) ²	Caída Tensión (V/A · km) ³
4 x 16	23,8	1.415	115	100	3,08
4 x 25	27,6	1.945	149	129	1,98
4 x 35	29,4	2.390	185	155	1,41
4 x 50	34,5	3.180	225	183	0,984
4 x 70	41,3	4.955	289	225	0,639
4 x 95	45,8	6.130	352	270	0,525
4 x 120	50,9	7.450	410	306	0,41
4 x 150	55,3	8.895	473	343	0,328
4 x 185	60,4	10.500	542	387	0,27
4 x 240	68,0	13.285	641	448	0,204
5 G 1,5	13,5	350	26	27	33,9
5 G 2,5	14,6	435	36	35	20,3
5 G 4	16,5	555	49	46	12,6
5 G 6	17,9	680	63	58	8,41
5 G 10	22,8	1.265	86	77	4,87
5 G 16	25,7	1.665	115	100	3,08
5 G 25	29,8	2.295	149	129	1,98
5 G 35	32,5	2.875	185	155	1,41
5 G 50	38,1	3.825	225	183	0,984
5 G 70	45,1	5.860	289	225	0,639
6 G 1,5	14,2	385	26	27	33,9
6 G 2,5	15,7	490	36	35	20,3
7 G 1,5	14,2	400	26	27	33,9
7 G 2,5	15,7	510	36	35	20,3
10 G 1,5	16,3	510	26	27	33,9
10 G 2,5	17,7	640	36	35	20,3
12 G 1,5	17,4	575	26	27	33,9
12 G 2,5	20,9	1.000	36	35	20,3
14 G 1,5	18,1	620	26	27	33,9
14 G 2,5	22,3	1.105	36	35	20,3
16 G 1,5	21,2	965	26	27	33,9
16 G 2,5	23,2	1.205	36	35	20,3
19 G 1,5	21,9	1.035	26	27	33,9
19 G 2,5	24,1	1.305	36	35	20,3
24 G 1,5	23,8	1.145	26	27	33,9
24 G 2,5	26,1	1.500	36	35	20,3
27 G 1,5	25,0	1.295	26	27	33,9

¹ Método de referencia F para cables unipolares y método E para cables multiconductores según IEC 60364-5-52 al aire libre a 30 °C de temperatura ambiente.

² Método de referencia D2 según IEC 60364-5-52. Directamente enterrados a 0,7 m de profundidad con una resistividad térmica del suelo de 2,5 K-m/W y 20°C de temperatura del suelo.

³ A temperatura máxima de servicio y $\cos\phi=1$.

En todos los casos se supone un circuito monofásico.



Eca

APLICACIÓN

El cable Powerhard® RV AL es adecuado para todo tipo de redes subterráneas de distribución pública de energía, así como en conexiones de baja tensión en plantas industriales, redes urbanas, edificios, etc.

Puede ser instalado en el exterior, en conductos e incluso inmerso en agua temporalmente.

Se recomienda su uso en instalaciones de configuración simple donde no se requiera un cable flexible.

- Uso Industrial.
- Redes de distribución.

CONSTRUCCIÓN

Conductor

Aluminio, clase 2 según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

Aislamiento

Polietileno reticulado tipo DIX-3 según HD 603, tipo XLPE según IEC 60502-1 y compuesto de aislamiento según XP C 32-321.

La identificación normalizada de los conductores aislados según HD 308 es la siguiente:

1 x	Natural
2 x	Marrón + Azul
3 x	Marrón + Negro + Gris
3 x + 1 x	Marrón + Negro + Gris + Azul (sección reducida)
4G	Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
4 x	Marrón + Negro + Gris + Azul

Cubierta

PVC flexible tipo DMV-18 según HD 603, tipo ST2 según IEC 60502-1 y compuesto de cubierta según XP C 32-321.

Color negro.

CARACTERÍSTICAS



Características eléctricas

Baja tensión: 0,6/1 kV.



Características térmicas

Temperatura máxima del conductor: 90°C.

Temperatura máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).

Temperatura mínima de servicio: -40°C (estático con protección).



Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 / IEC 60332-1.

Reacción al fuego CPR: Eca, según EN 50575.

Reducida emisión de halógenos Cloro < 15%.



Características mecánicas

Radio de curvatura: 5x diámetro exterior.

Resistencia a los impactos: AG2 Medio.



Características medioambientales

Resistencia a los ataques químicos: Buena.

Resistencia a los rayos ultravioleta: según UNE 211605 y XP-C 32-321.

Resistencia de agua: AD8 Sumersión.



Condiciones de instalación

Al aire.

Enterrado.

Entubado.

NORMAS / CERTIFICACIONES



Norma de referencia

UNE-HD 603-5N / XP C 32-321/ IEC 60502-1



ITC y certificaciones

ITC: 7/9/11.

AENOR / NF-USE / RoHS / CE



CPR (Reglamento de Productos de La Construcción)

Eca.





ormazabal
velatia

Porfolio de producto

ormazabal.com



La calidad de los productos diseñados, fabricados e instalados por Ormazabal está respaldada por la implantación y certificación de un sistema de gestión de la calidad, basado en la norma internacional ISO 9001. Nuestro compromiso con el entorno, se reafirma con la implantación y certificación de un sistema de gestión medioambiental de acuerdo con la norma internacional ISO 14001.

Como consecuencia de la constante evolución de las normas y los nuevos diseños, las características de los elementos contenidos en este catálogo están sujetas a cambios sin previo aviso. Estas características, así como la disponibilidad de los materiales, solo tienen validez previa confirmación de Ormazabal.

Índice

Nuestras soluciones

Principales beneficios

Nuestros productos

Soluciones libres de gases fluorados	p. 8
Distribución primaria	p. 8
Distribución secundaria	p. 9
Celdas distribución primaria	p. 10
Celdas distribución secundaria	p. 12
Protección y automatización	p. 14
Transformadores	p. 16
Centros prefabricados	p. 18
Cuadros de baja tensión	p. 20
Centros de transformación digital	p. 21



Green generation & storage

Smart & digital grids

Sistemas y redes de distribución

Green generation & storage

- Energía renovable
- Almacenamiento de energía
- Producción de hidrógeno

Nuestras soluciones



Subestaciones de generación y distribución de energía



Centros de conexión y transformación



Smart & digital grids

Sustainable buildings & infrastructures

Green mobility

Green mobility

- Vehículo eléctrico
- Puertos verdes
- Ferrocarril y metro
- Movilidad con hidrógeno

Sustainable buildings & infrastructures

- Centros de datos
- Aeropuertos y túneles
- Hospitales, centros comerciales, etc.
- Industrias

Principales beneficios

- Digitalización
- Eficiencia
- Seguridad y fiabilidad
- Sostenibilidad

Nuestros productos



Soluciones libres de SF6



Transformadores



Celdas distribución primaria



Centros prefabricados



Celdas distribución secundaria



Cuadros de baja tensión



Protección y automatización



Centros de transformación digital

Soluciones libres de gases fluorados

Distribución primaria

sbp.zero24

Celda de aislamiento integral libre
de gases fluorados, hasta 24 kV.



Principales características

- Hasta 24 kV / 1600 A / 25 kA
- Aislamiento integral (GIS)
- Integración personalizada P&C

Requerimientos

- Aire natural industrial
- Dimensiones compactas
- Tecnología de corte en vacío experimentada
- Presión de llenado: 1,9 bar abs.
- Nativa digital

Distribución secundaria

cgm.zero24

Celda de aislamiento integral libre de gases fluorados, hasta 24 kV.



Principales características

- Hasta 24 kV / 630 A / 20 kA
- Aislamiento integral (GIS)
- Preparada para automatización

Requerimientos

- Aire natural industrial
- Dimensiones compactas
- Tecnología de soplado mejorada y experimentada
- Presión de llenado < 1,5 bar abs.
- Nativa digital



zero cambios

zero incertidumbres

más sostenibilidad
para tu red eléctrica

Celdas distribución primaria

cpg.0 lite

Celdas modulares de simple barra con aislamiento integral en gas, hasta 24 kV.



Datos técnicos

- Tensión asignada hasta 24 kV
- Corriente asignada en embarrado principal/ derivación hasta 2000 A
- Corriente de cortocircuito hasta 25 kA (1-3 s)
- Clasificación de arco interno IAC AFL(R) 25 kA 1 s
- Normas y certificaciones:
 - IEC

cpg.0

Celdas modulares de simple barra con aislamiento integral en gas, hasta 40,5 kV.



Datos técnicos

- Tensión asignada hasta 38 kV (IEEE) / 40,5 kV (IEC)
- Corriente asignada en embarrado principal/ derivación hasta 2500 A
- Corriente de cortocircuito hasta 31,5 kA (1-3 s)
- Clasificación de arco interno hasta IAC AFL(R) 31,5 kA 1 s
- Normas y certificaciones:
 - IEC
 - IEEE
 - EN A

cpg.1

Celdas modulares de doble barra con aislamiento integral en gas, hasta 36 kV.



Datos técnicos

- Tensión asignada hasta 36 kV
- Corriente asignada en embarrado principal/ derivación hasta 2000 A
- Corriente de cortocircuito hasta 31,5 kA (1-3 s)
- Clasificación de arco interno hasta IAC AFL(R) 31,5 kA 1 s
- Normas y certificaciones: IEC

Celdas distribución secundaria

cgmcosmos

Celdas modulares y compactas con aislamiento integral en gas, hasta 24 kV / 27 kV.



Datos técnicos

- Tensión asignada hasta 24 kV (IEC) / 27 kV (IEEE)
- Corriente asignada hasta 630 A
- Corriente de cortocircuito hasta 25 kA (1-3 s)
- Clasificación de arco interno hasta IAC AFL(R) 25 kA 1 s
- Opción outdoor
- Opción HCR de alta resistencia a la corrosión
- Normas y certificaciones:
 - IEC
 - IEEE
 - HN

ga/gae630

Celdas modulares y compactas con aislamiento integral en gas, hasta 24 kV.



Datos técnicos

- Tensión asignada hasta 24 kV
- Corriente asignada hasta 630 A
- Corriente de cortocircuito 20 kA (1-3 s)
- Clasificación de arco interno hasta IAC AFL(R) 20 kA 1 s
- Normas y certificaciones:
 - IEC
 - GB

cgm.3

Celdas modulares y compactas con aislamiento integral en gas, hasta 40,5 kV.



Datos técnicos

- Tensión asignada hasta 38 kV (IEEE) / 40,5 kV (IEC)
- Corriente asignada hasta 630 A
- Corriente de cortocircuito hasta 25 kA (1-3 s)
- Clasificación de arco interno hasta IAC AFL(R) 25 kA 1 s
- Opción outdoor
- Opción HCR de alta resistencia a la corrosión
- Normas y certificaciones
 - IEC
 - IEEE
 - ENA
 - GB

cgm.800

Celdas modulares con aislamiento integral en gas, hasta 36 kV / 38 kV.



Datos técnicos

- Tensión asignada hasta 36 kV (IEC) / 38 kV (IEEE)
- Corriente asignada hasta 800 A
- Corriente de cortocircuito hasta 25 kA (1-3 s)
- Clasificación de arco interno hasta IAC AFL(R) 25 kA 1 s
- Opción outdoor
- Opción HCR de alta resistencia a la corrosión
- Normas y certificaciones
 - IEC
 - IEEE
 - ENA

Protección y automatización

Amplio rango de equipos integrados y asociados a producto Ormazabal con funciones de protección, control y automatización para dar respuesta a las necesidades de la red eléctrica.



Unidades de detección de tensión

Sistema de detección de presencia/ausencia de tensión con opción de incorporar salidas de alta frecuencia para medida de señales asociadas a descargas parciales.

Sensores de tensión e intensidad

Sensores de intensidad toroidales/sensores de tensión (embebidos/externos) de tipo capacitivo/resistivo para protección y monitorización.



Unidades de protección, control y medida

Protecciones de tipo multifunción, incluyendo control y medida (con opción de autoalimentación).



Unidades de control y automatización para media y baja tensión

Telecontrol y automatización de la red de media y baja tensión.



Software

Herramientas de configuración para las unidades de protección, control y medida de la familia ekorsys.

Transformadores

Aplicaciones de distribución eléctrica

Transformadores para centros de conexión y transformación.



Datos técnicos

- Potencia desde 50 kVA hasta 3150 kVA
- Tensión de primario hasta 36 kV
- Tensión de secundario adaptadas a la red de distribución
- Normas y certificaciones:
 - IEC
 - IEEE
 - Reglamento (UE) 548/2014
 - HN/ST



transforma.smart

Transformadores con cambiador de tomas en carga (OLTC) y unidad de control ekor.tsm.

Datos técnicos

- Potencia desde 250 kVA hasta 630 kVA
- Tensión de primario hasta 36 kV
- Tensión de secundario adaptada a red de distribución
- Cambiador de tomas en carga (OLTC) con tecnología de corte en vacío y 9 tomas
- Unidad de control ekor.tsm, escalable: desde tipo standalone hasta comunicable
- Normas y certificaciones:
 - IEC

Aplicaciones de potencia

Transformadores para subestaciones de generación y distribución de energía.



Datos técnicos

- Potencia hasta 10 MVA
- Tensión de primario hasta 72,5 kV
- Normas y certificaciones:
 - IEC
 - Reglamento (UE) 548/2014
 - HN/ST

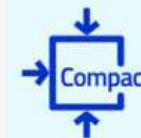
Aplicaciones especiales

Transformadores concebidos para necesidades específicas.



Aplicaciones

- Green mobility: vehículo eléctrico, puertos verdes, ferrocarril y metro
- Green generation & storage
- Sustainable buildings & infrastructures: centros de datos, industrias y maquinaria especializada (motores, bombas, grúas...)



Centros prefabricados

Centros de transformación



Características generales

- Superficie o subterráneo
- Envolvente monobloque prefabricada de hormigón armado
- Maniobra interior
- Diferentes configuraciones: transformador, aparamenta media tensión, cuadro baja tensión
- Normas y certificaciones:
 - IEC
 - Normas particulares de Compañía Eléctrica
 - Reglamentación local vigente



Centros de transformación compactos y tipo kiosco



Características generales

- Superficie o semienterrado
- Envolvente prefabricada de hormigón armado o metálica
- Maniobra interior y exterior
- Conjuntos compactos de aparamenta
- Diferentes configuraciones: transformador, aparamenta de media tensión, cuadro de baja tensión
- Normas y certificaciones:
 - IEC
 - Normas particulares de Compañía Eléctrica
 - Reglamentación local vigente

Centros de maniobra y seccionamiento



Características generales

- Superficie
- Envolvente prefabricada de hormigón armado o metálica
- Maniobra exterior
- Aparamenta de media tensión
- Normas y certificaciones:
 - IEC
 - Normas particulares de Compañía Eléctrica
 - Reglamentación local vigente

Cuadros de baja tensión

Cuadro de distribución avanzado de baja tensión con embarrado aislado. Disponibles diferentes modelos en función de la monitorización, control y automatización para la gestión de activos y eficiencia de la red de baja tensión.



addibo.compact

Para centros de maniobra exterior, hasta 3 salidas protegidas por fusibles.



addibo.urban

Para centros de maniobra interior, hasta 8 salidas protegidas por fusibles e interruptor-seccionador en cabecera. También con la opción de incorporar supervisión avanzada.



addibo.smart

Para centros de maniobra interior, hasta 8 salidas protegidas con interruptores automáticos e interruptor-seccionador en cabecera. Supervisión avanzada, automatización y control incluido.

Datos técnicos

U_e	[V]	440
U_{imp}	[kV]	20
I_e	[A]	400-1600
I_{cw}	[kA]	hasta 25
I_{arc}	[kA/2 s]	hasta 25

Centros de transformación digital

La respuesta a todas las demandas de la red de distribución.



Nativo digital

- Sistemas de automatización, medida, protección y control remoto integrados con todas las garantías de ciberseguridad

Solución plug & play

- Preparado desde fábrica para una instalación sencilla y con mínima intervención en campo

Sostenibilidad

- Celdas libres de gases fluorados, aisladas con aire natural industrial

Características:

- Automatización de la red de MT
- Monitorización y automatización de la red de BT
- Estabilidad de la tensión de la red
- Gestión de todos los activos que integran la solución

Beneficios

- Observabilidad de la red
- Mejora de la operación, eficiencia y la calidad de suministro
- Incremento de la seguridad, optimización de la capacidad de la red y mejora de la continuidad del servicio



Technology for a new
electric world

Parque Científico y
Tecnológico de Bizkaia, Edif. 614.
48160 Derio, Spain
Tel.: +34 94 431 77 77
ormazabal@ormazabal.com



More info



CA-001-ES-02
2024



Smart &
digital grids



Green
mobility



Sustainable
buildings &
infrastructures



Green
generation
& storage

CENTROS PREFABRICADOS

Centros de transformación

Centros de maniobra interior y de instalación
en superficie o subterráneos



La calidad de los productos diseñados, fabricados e instalados por Ormazabal está respaldada por la implantación y certificación de un sistema de gestión de la calidad, basado en la norma internacional ISO 9001. Nuestro compromiso con el entorno, se reafirma con la implantación y certificación de un sistema de gestión medioambiental de acuerdo con la norma internacional ISO 14001.

Como consecuencia de la constante evolución de las normas y los nuevos diseños, las características de los elementos contenidos en este catálogo están sujetas a cambios sin previo aviso. Estas características, así como la disponibilidad de los materiales, solo tienen validez previa confirmación de Ormazabal.

Índice

1. Introducción

Ormazabal	p. 5
Beneficios de nuestras soluciones	p. 6

2. Características generales de producto

Introducción	p. 9
Estructura constructiva	p. 10

3. Familias de producto

Familias de producto	p. 13
pfu gama basic	p. 13
pfu gama grand	p. 16
pfs	p. 18
Instalación y conexión	p. 20

4. Servicios

Servicios Ormazabal	p. 22
---------------------	-------

1. Introducción

Ormazabal	p. 5
Beneficios de nuestras soluciones	p. 6

Ormazabal

Somos una **compañía experta en soluciones eléctricas personalizadas de alta tecnología, con más de 55 años de experiencia.**

Nuestras soluciones están orientadas a **digitalizar la red eléctrica** para integrar mayor generación de energía renovable, posibilitar una movilidad más sostenible y garantizar el suministro para edificios e infraestructuras con necesidades críticas de energía.

Nuestra apuesta permanente por la **innovación** tecnológica e industrial nos ha permitido posicionar nuestra propia tecnología a nivel mundial y convertirnos en una empresa global. 16 plantas industriales y una red de filiales y distribuidores en todo el mundo nos ayudan a atender las necesidades de **nuestros clientes en más de 50 países.**

Contamos con un centro de investigación y tecnología único y un equipo de más de **2.600 profesionales altamente cualificados** con un propósito común: liderar la evolución tecnológica de las redes eléctricas para permitir una transición energética hacia un modelo sostenible.





Green generation & storage

Smart & digital grids

▪ Sistemas y redes de distribución

Green generation & storage

▪ Energía renovable
▪ Almacenamiento de energía
▪ Producción de hidrógeno

Beneficios de nuestras soluciones

Digitalización

Respondemos a los nuevos requisitos de las redes inteligentes con soluciones nativas digitales. Nuestros equipos incorporan la sensórica, electrónica y comunicaciones necesarias para asegurar la gestión óptima de la red:

- Mayor seguridad
- Continuidad de servicio
- Mayor eficiencia



Green mobility

- Vehículo eléctrico
- Puertos verdes
- Ferrocarril y metro
- Movilidad con hidrógeno



Sustainable buildings & infrastructures

- Centros de datos
- Aeropuertos y túneles
- Hospitales, centros comerciales...
- Industrias

Eficiencia

Diseñamos equipos flexibles y compactos para facilitar su manipulación, instalación y sustitución, minimizando el impacto en el entorno.

Seguridad y fiabilidad

Nos importa la seguridad de las personas en contacto con nuestras soluciones. Todos nuestros equipos están validados de acuerdo con las principales normativas internacionales, para garantizar la seguridad de operación y su correcto funcionamiento a lo largo de su vida útil, ayudando a mantener la continuidad de suministro de la red eléctrica.

Sostenibilidad

La sostenibilidad es un pilar central de nuestra estrategia empresarial. Contribuimos a la descarbonización del planeta desarrollando soluciones que mejoran la eficiencia de la red eléctrica, teniendo siempre en cuenta los criterios ESG (Environmental, Social and Governance). Para ello:

- Optimizamos el consumo energético tanto de nuestros equipos como de todo el proceso de fabricación.
- Aplicamos criterios de ecodiseño en todo nuestro portafolio de producto.
- Racionalizamos el uso de materias primas, seleccionando materiales con un alto grado de reciclabilidad y reduciendo continuamente el uso de los más nocivos.
- Certificamos la hermeticidad de nuestros productos para minimizar el riesgo de fugas al entorno.
-

2. Características generales de producto

Introducción

p. 9

Estructura constructiva

p. 10

Introducción



Ormazabal desarrolla soluciones afines a los intereses de sus clientes, identificando necesidades y proporcionando alternativas óptimas y novedosas.

Nuestras familias de centros de transformación están concebidas para garantizar la fiabilidad, seguridad y robustez requeridas en las aplicaciones más exigentes como servicios públicos, aeropuertos, hospitales, sector comercial e industrial.

Los centros de transformación prefabricados de Ormazabal tanto de instalación en superficie como subterráneos, ofrecen diversos tamaños y configuraciones para adaptarse a los requerimientos de cada proyecto.

Nuestros centros se integran fácilmente en el entorno con el menor impacto visual, medioambiental y acústico. Además de ofrecer una larga vida útil frente a condiciones ambientales agresivas.



Experiencia y tecnología

Ormazabal destaca por ser colaborador de las principales compañías eléctricas del mundo. Esta amplia experiencia se acompaña con la constante búsqueda de la excelencia en tecnología industrial y operativa.

Flexibilidad industrial

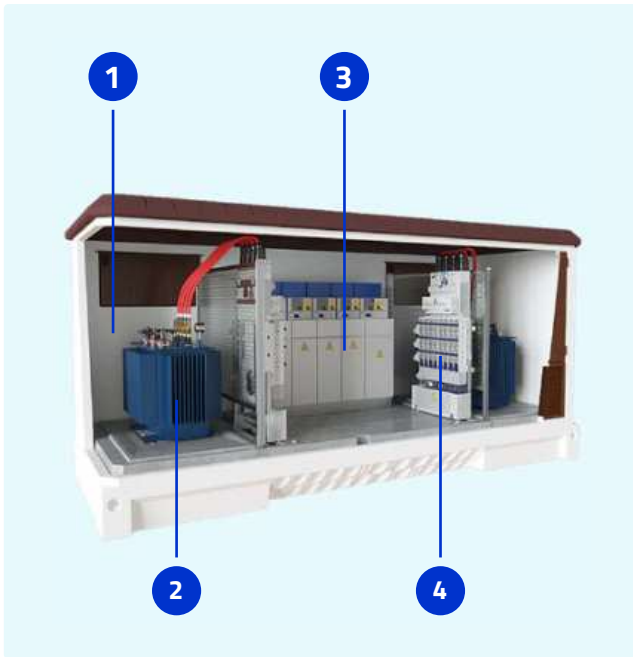
Ormazabal, como empresa global, industrial y tecnológica, está preparada para actuar con flexibilidad en entornos cambiantes.

Aplicaciones

Los centros prefabricados de maniobra interior están destinados a:

- Centros de transformación para distribución pública
- Centros de control de subestaciones Usuarios finales de energía eléctrica
- Energías renovables

Estructura constructiva



1 Envoltente

Estructura prefabricada de maniobra interior de hormigón armado monobloque que confiere protección contra fuertes impactos externos y frente a la entrada de agua.

2 Transformador

Transformadores de distribución Ormazabal de hasta 1250 kVA*.

3 Aparata de media tensión

Celdas de MT Ormazabal de hasta 40,5 kV.

4 Cuadro de baja tensión

Cuadros de distribución de BT de hasta 8 salidas por cuadro*.

* Para otros valores o configuraciones, consultar con Ormazabal.



En Ormazabal disponemos de un amplio abanico de configuraciones en opción para centros de transformación.

Aparata de media tensión

Disponibilidad de elegir del porfolio de celdas de Media Tensión de hasta 40,5 kV de Ormazabal.



Transformadores

Disponibilidad de escoger entre la gama de Transformadores de distribución de llenado integral en dieléctrico líquido de hasta 40,5 kV de Ormazabal.

Para mayor seguridad, se puede optar por las variantes Organic y Organic Synth, con dieléctrico líquido biodegradable y altas prestaciones frente al fuego.



Cuadros de Baja Tensión

Disponibilidad de instalar cuadros de distribución de BT de hasta 8 salidas, extensibles y automatizados*.



Protección y automatización

Toda una familia de soluciones para la gestión del centro de transformación:

Unidades de protección, control y medida de Ormazabal (telemando, telemedida, control integrado, telegestión, etc.).

* Para otros valores o configuraciones, consultar con Ormazabal.

3. Familias de producto

Familias de producto	p. 13
pfu gama basic	p. 13
pfu gama grand	p. 16
pfs	p. 18
Instalación y conexión	p. 20

Familias de producto

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

pfu gama basic

Centros de transformación prefabricados de hormigón, de superficie y maniobra interior



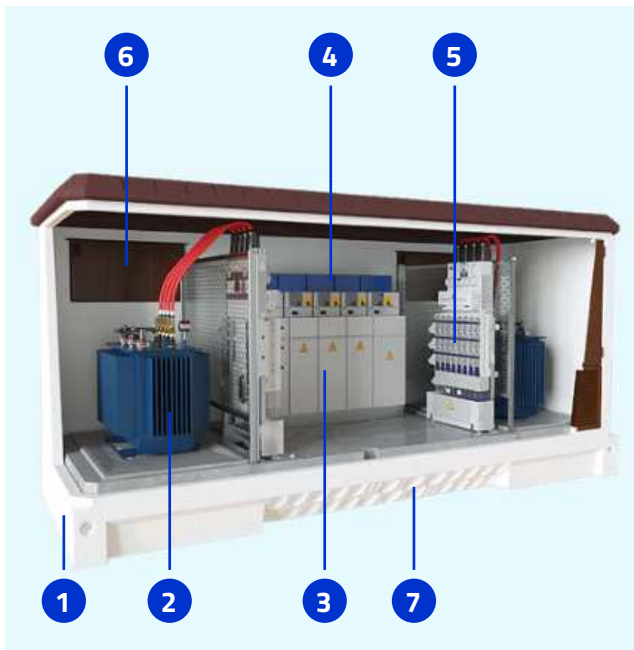
Características generales

Diseño general	Envolvente monobloque prefabricada de hormigón armado con cubierta amovible
Aparamenta de media tensión	Celdas Ormazabal de hasta 40,5 kV
Transformador	Transformadores de distribución de MT/BT de llenado integral en dieléctrico líquido hasta 40,5 kV y 1250 kVA* de potencia unitaria
Aparamenta de baja tensión	Cuadros de distribución de BT de hasta 8 salidas por cuadro
Unidades de protección, control y medida de Ormazabal	Telemando, telemida, control integrado, telegestión, etc.
Conexiones	Interconexiones directas por cable MT y BT
Puesta a tierra	Circuito interior de puesta a tierra
Conexiones auxiliares	Circuito de alumbrado y servicios auxiliares
Profundidad de excavación**	Entre 560 y 600 mm, en función de las características resistentes del terreno.
Normativa	IEC 62271-202 Bajo demanda: Normas particulares de Compañía Eléctrica. Reglamentaciones locales vigentes.

* Para otras configuraciones y/o valores consultar con Ormazabal.

** Para más detalles, consultar con Ormazabal.

Diseño



Ejemplo de esquema correspondiente a una configuración pfu-5 con 2 transformadores.

- 1 Envolvente pfu gama basic
- 2 Transformadores de distribución
- 3 Aparamenta de media tensión
- 4 Unidades de protección, control y medida
- 5 Cuadros de baja tensión
- 6 Rejillas de ventilación
- 7 Pasos de cables

Gama de producto

Gracias a la modularidad de los medios de producción, es posible fabricar tanto variantes monobloque de dimensiones predefinidas, como variantes combinadas de dimensiones ampliadas.

Se muestran a continuación, algunos ejemplos :

pfu-3



- Sin o hasta 1 transformador

pfu-45



- 2 transformadores y 1 puerta de acceso
- Combinación de 2 envoltentes

Dimensiones exteriores y pesos

Variantes de dimensiones predefinidas

Envolventes monobloque de superficie y maniobra interior en cuatro diferentes tamaños que cubren las principales configuraciones de las redes para distribución secundaria.

■ Anchura de cubierta 2500:

		pfu-3	pfu-4	pfu-5	pfu-7	
Longitud*	[mm]	3280	4460	6080	8080	
Anchura*	[mm]	2380	2380	2380	2380	
Altura	[mm]	Cubierta estándar	3045	3045	3045	-
		Cubierta sobreelevada	3240	3240	3240	3240
Altura visible	[mm]	Cubierta estándar	2585	2585	2585	-
		Cubierta sobreelevada	2780	2780	2780	2790
Peso**	[kg]	10545	13465	17460	29090	

* Dimensiones del cuerpo, para conocer la longitud y anchura totales incluyendo cubierta, habrá que sumar 120 mm a ambas dimensiones.

** Peso de la envolvente vacío, sin equipo eléctrico.

■ Anchura de cubierta 2720:

		pfu-7/27***
Longitud*	[mm]	7350
Anchura*	[mm]	2550
Altura	[mm]	3150
Altura visible	[mm]	2630
Peso**	[kg]	27000

* Dimensiones exteriores del cuerpo, para conocer la longitud y anchura totales incluyendo cubierta, habrá que sumar 170 mm a ambas dimensiones.

** Peso de la envolvente vacía sin equipo eléctrico.

*** Consultar disponibilidad con Ormazabal.

Variantes de dimensiones ampliadas

Envolventes conformadas por combinaciones de elementos monobloque, especialmente dirigidas a aplicaciones que requieren mayor espacio interior.

		pfu-44	pfu-45	pfu-54	pfu-55	pfu-77
Longitud*	[mm]	8920	10540	10540	12160	16160
Anchura*	[mm]	2380	2380	2380	2380	2380
Altura	[mm]	3240	3240	3240	3240	3240
Altura visible	[mm]	2740	2740	2740	2740	2790
Peso**	[kg]	26930	30925	30925	34920	58180

* Dimensiones del cuerpo, para conocer la longitud y anchura totales incluyendo cubierta, habrá que sumar 120 mm a ambas dimensiones.

** Peso de la envolvente vacío, sin equipo eléctrico.

NOTA: Este documento contiene datos orientativos. Para más información, consultar con Ormazabal.

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

pfu gama grand

Centros de transformación prefabricados de hormigón, de superficie y maniobra interior para aplicaciones de grandes dimensiones



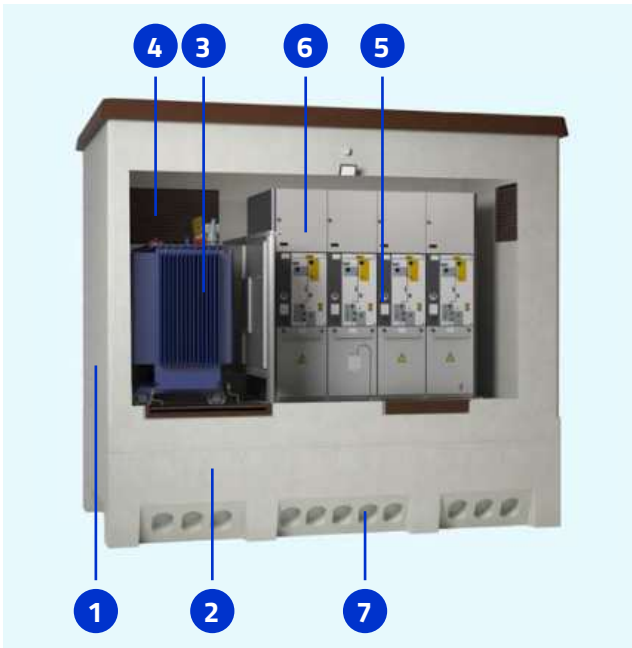
Características generales

Diseño general	Envolvente autoportante prefabricada de hormigón armado
Aparamenta de Media Tensión	Celdas Ormazabal de hasta 40,5 kV
Transformador	Transformadores de distribución de MT/BT de llenado integral en dieléctrico líquido hasta 40,5 kV y 1250 kVA* de potencia unitaria
Aparamenta de Baja Tensión	Cuadros de BT de hasta 8 salidas por cuadro
Unidades de protección, control y medida de Ormazabal	Telemando, teled medida, control integrado, telegestión, etc.
Conexiones	Interconexiones directas por cable de MT y BT
Puesta a tierra	Circuito interno de puesta a tierra
Conexiones auxiliares	Circuito de alumbrado y servicios auxiliares
Profundidad de excavación**	Entre 600 y 1000 mm, en función de las características resistentes del terreno.
Normativa	IEC 62271-202 Bajo demanda: Normas particulares de Compañía Eléctrica. Reglamentaciones locales vigentes.

* Para otras configuraciones y/o valores consultar con Ormazabal.

** Para más detalles, consultar con Ormazabal.

Diseño



- 1 Envolvente prefabricada de hormigón
- 2 Cuba prefabricada de hormigón
- 3 Transformadores de distribución
- 4 Rejillas de ventilación
- 5 Aparamenta de media tensión
- 6 Unidades de protección, control y medida
- 7 Pasos de cables

Ejemplo de esquema correspondiente a una configuración pfu-48/27 con 1 transformador.

Dimensiones exteriores y pesos

Variante de anchura interior 2675

	Dim. exteriores				Dim. interiores			Peso**
	Longitud*	Anchura*	Altura	Altura visible	Longitud	Anchura	Altura útil	
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
pfu-48/27	4980	2835	4540	3330	4820	2675	2980	31 000
pfu-60/27	6180	2835	4540	3330	6020	2675	2980	37 275
pfu-66/27	6780	2835	4540	3330	6620	2675	2980	39 700
pfu-72/27	7380	2835	4540	3330	7220	2675	2980	42 000
pfu-85/27	8700	2835	4540	3330	8540	2675	2980	49 100

* Dimensiones del cuerpo, para conocer la longitud y anchura totales incluyendo cubierta, habrá que sumar 140 mm a ambas dimensiones.

** Peso del edificio vacío, sin equipo eléctrico. Para pesos exactos consultar con Ormazabal.

NOTA: Este documento contiene datos orientativos. Para más información, consultar con Ormazabal.

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

pfs

Centros de transformación prefabricados de hormigón, subterráneos y de maniobra interior



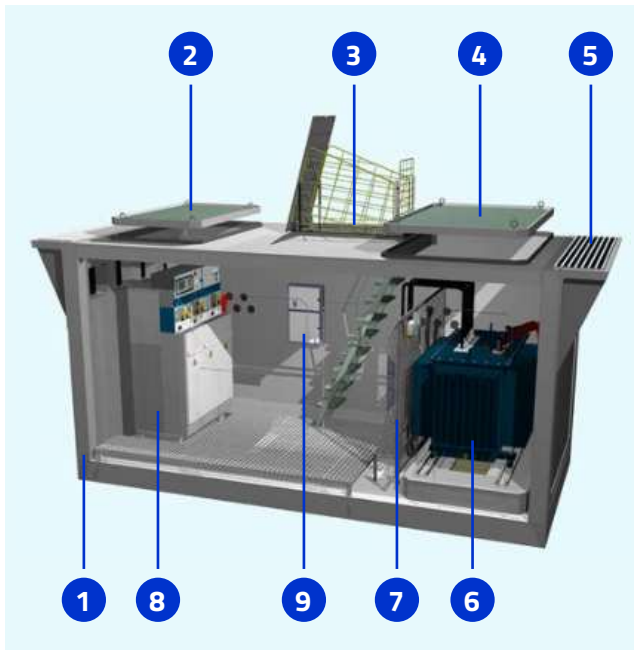
Características generales

Diseño general	Envolvente monobloque (base y paredes) más cubierta
Ventilación	Circulación natural de aire (clase 10). Tipo horizontal (h) o vertical (v)
Aparata de Media Tensión	Celdas Ormazabal de hasta 40,5 kV
Transformador	Transformadores de distribución de MT/BT de llenado integral en dieléctrico líquido hasta 40,5 kV y 1000 kVA* de potencia unitaria
Aparata de Baja Tensión	Cuadros de BT de hasta 8 salidas* por cuadro
Unidades de protección, control y medida de Ormazabal	Telemando, teled medida, control integrado, telegestión, etc.
Conexiones	Interconexiones directas por cable de MT y BT
Puesta a tierra	Circuito interno de puesta a tierra
Conexiones auxiliares	Circuito de alumbrado y servicios auxiliares
Profundidad de excavación**	Aprox. 3090 mm, en función de las características resistentes del terreno.
Normativa	IEC 62271-202

* Para otras configuraciones y/o valores consultar con Ormazabal.

** Para más detalles, consultar con Ormazabal.

Diseño



Ejemplo de esquema correspondiente a una configuración pfs-48-h con 1 transformador y ventilación horizontal.

- 1 Envoltorio prefabricada de hormigón
- 2 Acceso de equipos
- 3 Acceso de peatón
- 4 Acceso de transformador
- 5 Ventilación
 - h : Horizontal
 - v : Vertical
- 6 Transformadores de distribución
- 7 Cuadros de baja tensión
- 8 Aparataje de Media Tensión
- 9 Unidades de protección, control y medida

Dimensiones exteriores y pesos

	Ventilación	Longitud	Anchura	Altura	Altura vista	Peso*
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg]
pfs-48	h	6230	2460	2840	0	23 000
	v	5140	2460	2840	565	21 000
pfs-62	h	7650	2460	2840	0	29 000
	v	6560	2460	2840	565	25 500

* Peso del edificio vacío, sin equipo eléctrico. Para pesos exactos consultar con Ormazabal.

Configuraciones

Las configuraciones estándar disponibles son las siguientes:

	pfs-48 ¹⁾	pfs-62-1t ¹⁾	pfs-62-2t ²⁾
l+l+l+p	✓	-	-
l+p+m	✓	-	-
l+l+l+p+p	-	✓	✓
l+l+v+v	-	✓	✓

¹⁾ Con transformador de hasta 1000 kVA y cuadro de baja tensión de hasta 8 salidas.

²⁾ Con 2 transformadores de hasta 1000 kVA y 2 cuadros de baja tensión de hasta 8 salidas.

l: función de línea

p: función de protección con fusibles

v: función protección con interruptor automático de vacío

m: función de medida

NOTA: Este documento contiene datos orientativos. Para más información u otras configuraciones, consultar con Ormazabal.

Instalación y conexión



Manipulación y transporte

- Dimensiones compatibles con transporte por carretera
- Se recomienda el uso de camión góndola articulado con una altura de plataforma inferior a 1000 mm

Métodos de manipulación:

- Elevación: Grúa con centro debidamente amarrado
- Izado: Con eslingas, cadenas y balancines, por medio de anclajes tipo DEHA



Instalación

Centros diseñados para ser utilizados en condiciones normales de servicio exterior conforme a IEC 62271-1.

El proceso de instalación requerirá:

- Estudio previo del terreno
- Excavación, nivelación y preparación del mismo

En referencia a las instrucciones de manipulación e instalación, consultar con Ormazabal.

4. Servicios

Servicios Ormazabal

p. 22

Servicios Ormazabal



Ingeniería y asesoramiento técnico

Asesoramiento durante las fases previas del proyecto, aportando las mejores soluciones personalizadas a las necesidades de nuestros clientes con productos innovadores, eficientes y sostenibles.



Manipulación y puesta en marcha

Acompañamos a nuestros clientes en todo momento, desde las pruebas de aceptación en fábrica de los equipos, hasta su entrega en sitio y puesta en marcha en obra.



Formación y certificación

Formación continua y personalizada a nuestros clientes, con certificación oficial de operación y mantenimiento de nuestros equipos.



Ormazabal aporta una variedad de servicios y soporte para acompañar a sus clientes a lo largo de la vida del producto: desde su fase previa de diseño y personalización hasta su fin de vida útil.

Para obtener más información, consultar con Ormazabal.



Inspección y mantenimiento

Servicio de inspecciones y mantenimiento predictivos, preventivos y correctivos de los equipos garantizando su máxima eficiencia y vida óptima.



Gestión de repuestos y accesorios

Disponibilidad de repuestos y accesorios para dar respuesta rápida en campo y reducir los tiempos de parada.



Modernización y digitalización

Actualización de los equipos a las últimas tecnologías para mejorar su rendimiento y extender su vida útil, además de dotar de monitorización y soporte remoto a su instalación.





Technology for a new
electric world

Parque Científico y
Tecnológico de Bizkaia, Edif. 614.
48160 Derio, Spain
Tel.: +34 94 431 77 77
ormazabal@ormazabal.com



More info



CA-606-ES-02
2024



CABLES **SOLARES**



Cca

APLICACIÓN

El cable TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K está certificado por TÜV según la norma EN 50618 y por AENOR según la norma IEC 62930. Es adecuado para instalaciones solares fijas y móviles (huertos solares, instalaciones solares en tejados, autoconsumo y plantas flotantes).

Se trata de un cable muy flexible especialmente indicado para la conexión entre paneles fotovoltaicos, y desde los paneles al inversor. Es compatible con la mayoría de los conectores.

Gracias a las prestaciones de sus materiales puede ser instalado a la intemperie o directamente enterrado en plenas garantías.

CONSTRUCCIÓN

Conductor

Cobre electrolítico recocido y estañado, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

Aislamiento

Aislamiento de goma reticulada de baja emisión de humos y libre de halógenos (LSHF).

Aislamiento según tabla B1, Anexo B de norma EN 50618 e IEC 62930.

Cubierta

Goma flexible de baja emisión de humos y libre de halógeno (LSHF), según tabla B1, Anexo B de norma EN 50618 e IEC 62930.

Color rojo o negro.

CARACTERÍSTICAS



Características eléctricas

Baja tensión: 1,5/1,5 (1,8) kV DC.
1,0/1,0 kV AC.



Características térmicas

Temperatura máxima del conductor: 120 °C durante 20.000 h.
Temperatura máxima en cortocircuito: 250 °C (máximo 5 s).
Temperatura mínima de servicio: -40 °C (estático con protección).



Características frente al fuego

No propagador de la llama según UNE-EN 60332-1-2 / IEC 60332-1-2.
No propagador del incendio según EN 50399.

Reacción al fuego CPR: Cca s1b, d2, a1, según EN 50575.

Libre de halógenos según UNE-EN 60754-1 / IEC 60754-1.

Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 / IEC 61034:

Transmitancia luminosa > 60%.

Baja emisión de gases corrosivos según UNE-EN 60754-2 / IEC 60754-2.



Características mecánicas

Radio de curvatura:

4x diámetro de cable (diámetro de cable ≤ 8 mm)

5x diámetro del cable (8 < diámetro del cable ≤ 12 mm).

6x diámetro de cable (diámetro de cable > 12 mm).

Resistencia a los impactos: AG2 Medio.



Características medioambientales

Resistencia a grasas y aceites: Excelente.

Resistencia a los ataques químicos: Excelente.

Resistente al ozono según EN 50618.

Resistencia a los rayos ultravioleta según EN 50618.

Presencia de agua AD8 Sumersión.



Condiciones de instalación

Al aire.

Enterrado.

Entubado.

NORMAS / CERTIFICACIONES



Norma de referencia

EN 50618/ IEC 62930 / UTE C 32-502



Certificaciones

TÜV (desde 2,5 hasta 25 mm² en rojo y negro) / RETIE
/ AENOR / RoHS / CE



CPR (Reglamento de Productos de la Construcción)

Cca-s1b, d2, a1



DIMENSIONES E INTENSIDADES ADMISIBLES



Sección (mm ²)	Diámetro (mm)	Peso (kg/km)	Int. Aire (A)	Int. sobre Superficie (A)	Int. adyacente a superficies (A)	Caída tensión (V/A · km)
1 x 1,5	4,5	35	30	29	24	38,1
1 x 2,5	5,0	45	41	39	33	22,8
1 x 4	5,4	60	55	52	44	14,3
1 x 6	6,0	80	70	67	57	9,49
1 x 10	7,0	120	98	93	79	5,46
1 x 16	8,2	180	132	125	107	3,47
1 x 25	10,2	280	176	167	142	2,23
1 x 35	11,5	375	218	207	176	1,58
1 x 50	13,3	525	276	262	221	1,10
1 x 70	15,0	720	347	330	278	0,772
1 x 95	17,0	930	416	395	333	0,585
1 x 120	18,7	1.175	488	464	390	0,457
1 x 150	21,0	1.475	566	538	453	0,368
1 x 185	23,5	1.805	644	612	515	0,301
1 x 240	26,3	2.345	775	736	620	0,228

Las tolerancias de los diámetros exteriores nominales son:
 Cables con diámetro exterior $d \leq 7$ mm. → -0,1 +0,2 mm
 Cables con diámetro exterior $7 < d < 10$ mm. → -0,1 +0,3 mm
 Cables con diámetro exterior $d \geq 10$ mm. → -0,2 +0,4 mm

Las capacidades de conducción de corriente, en amperios, son según EN 50618 (temperatura ambiente de 60 °C).

En todos los casos se supone un circuito de corriente continua.

La caída de tensión se calcula con una temperatura del conductor de 120 °C.



CABLES DE
POTENCIA
XLPE / PVC

Cable flexible de potencia para uso industrial.

NORMAS DE REFERENCIA: IEC 60502-1 / UNE 21123-2



E_{ca}

APLICACIÓN

El cable Powerflex® RV-K es un cable flexible de potencia diseñado para satisfacer los requisitos industriales más exigentes: conexiones industriales de baja tensión, redes urbanas, instalaciones en edificios, etc.

Su flexibilidad lo hace particularmente adecuado en trazados difíciles. Gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado en todo tipo de condiciones ambientales: zonas húmedas y secas, instalación al aire libre, enterrado, e incluso sumergido en agua (AD7), sin que perjudique la vida útil del cable.

- Uso Industrial.
- Alumbrado exterior.

CONSTRUCCIÓN

Conductor

Cobre electrolítico recocido, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

Aislamiento

Polietileno reticulado tipo DIX-3 según HD 603-1 y tipo XLPE según IEC 60502-1.

La identificación normalizada de los conductores aislados según HD 308 es la siguiente:

1 x	Natural
2 x	Azul + Marrón
3 G	Azul + Marrón + Amarillo/Verde
3 x	Marrón + Negro + Gris
3 x + 1 x	Marrón + Negro + Gris + Azul (sección reducida)
4 G	Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
4 x	Marrón + Negro + Gris + Azul
5 G	Marrón + Negro + Gris + Azul + Amarillo/Verde
6 o más	Negros numerados + Amarillo/Verde

Cubierta

PVC flexible tipo DMV-18 según HD 603 y tipo ST2 según IEC 60502-1. Color negro.

CARACTERÍSTICAS

⚡ Características eléctricas

Baja tensión: 0,6/1 kV.

🔥 Características térmicas

Temperatura máxima del conductor: 90°C.

Temperatura máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).

Temperatura mínima de servicio: -40°C (estático con protección).

Temperatura mínima de instalación y manipulación: 0°C (en la superficie del cable).

🔥 Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 / IEC 60332-1.

Reacción al fuego CPR: E_{ca} según EN 50575.

Reducida emisión de halógenos. Cloro < 15%.

📏 Características mecánicas

Radio de curvatura: 5x diámetro exterior.

Resistencia a los impactos: AG2 Medio.

🌍 Características medioambientales

Resistencia a los ataques químicos: Buena.

Resistencia a los rayos ultravioleta según UNE 211605.

Resistencia de agua: AD7 inmersión.

🌞 Condiciones de instalación

Al aire.

Enterrado.

Entubado.

En bandeja.

NORMAS / CERTIFICACIONES



Norma de referencia
IEC 60502-1 / UNE 21123-2



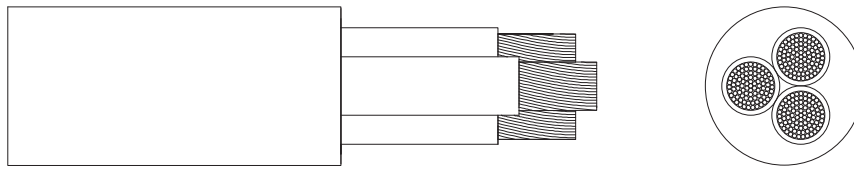
ITC y certificaciones
ITC: 9 / 20 / 30 / 31
AENOR / BUREAU VERITAS / KEMA-KEUR / RoHS / CE



CPR (Reglamento de Productos de la Construcción)
E_{ca}.



DIMENSIONES E INTENSIDADES ADMISIBLES



Sección (mm ²)	Diámetro (mm)	Peso (kg/km)	Aire libre (A) ¹	Enterrado (A) ²	Caída tensión (V/A · km) ³
1 x 1,5	5,7	45	28	27	33,9
1 x 2,5	6,2	55	39	35	20,3
1 x 4	6,7	70	53	46	12,6
1 x 6	7,3	90	68	58	8,41
1 x 10	8,2	135	93	77	4,87
1 x 16	9,2	190	124	100	3,08
1 x 25	11,0	285	161	129	1,98
1 x 35	12,1	385	200	155	1,41
1 x 50	13,8	520	242	183	0,984
1 x 70	15,7	715	310	225	0,693
1 x 95	17,6	925	377	270	0,525
1 x 120	19,2	1.165	437	306	0,410
1 x 150	21,5	1.450	504	343	0,328
1 x 185	23,9	1.750	575	387	0,270
1 x 240	26,9	2.280	679	448	0,204
1 x 300	29,6	2.830	783	502	0,163
1 x 400	33,8	3.735	940	592	0,123
1 x 500	37,4	4.780	1.083	670	0,097
1 x 630	42,7	6.280	1.254	762	0,073
1 x 800	51,5	8.235	1.454	870	0,056
1 x 1000	59,9	10.410	1.670	988	0,044
2 x 1,5	8,2	90	26	27	33,9
2 x 2,5	9,2	120	36	35	20,3
2 x 4	10,3	165	49	46	12,6
2 x 6	11,3	215	63	58	8,41
2 x 10	13,2	320	86	77	4,87
2 x 16	14,9	450	115	100	3,08
2 x 25	20,8	810	149	129	1,98
2 x 35	22,0	1.000	185	155	1,41
2 x 50	25,7	1.375	225	183	0,984
2 x 70	29,5	1.880	289	225	0,693
2 x 95	33,0	2.430	352	270	0,525
3 G 1,5	8,9	110	26	27	33,9
3 G 2,5	9,8	145	36	35	20,3
3 G 4	11,0	200	49	46	12,6
3 G 6	12,1	265	63	58	8,41
3 G 10	14,3	405	86	77	4,87
3 x 16	16,4	595	115	100	3,08
3 x 25	20,7	955	149	129	1,98
3 x 35	23,1	1.275	185	155	1,41
3 x 50	26,8	1.750	225	183	0,984
3 x 70	29,6	2.370	289	225	0,693
3 x 95	35,0	3.140	352	270	0,525
3 x 120	39,8	4.115	410	306	0,41
3 x 150	44,7	5.130	473	343	0,328
3 x 185	49,9	6.285	542	387	0,270
3 x 240	54,1	7.875	641	448	0,204
3 x 300	62,3	10.100	741	502	0,163
3x16+1x10	17,6	700	115	100	3,08

Sección (mm ²)	Diámetro (mm)	Peso (kg/km)	Aire libre (A) ¹	Enterrado (A) ²	Caída tensión (V/A · km) ³
3x25+1x16	22,7	1.140	149	129	1,98
3x35+1x16	25,0	1.480	185	155	1,41
3x50+1x25	29,1	2.050	225	183	0,984
3x70+1x35	33,8	2.850	289	225	0,693
3x95+1x50	38,2	3.700	352	270	0,525
3x120+1x70	42,1	4.750	410	306	0,410
3x150+1x70	46,8	5.800	473	343	0,328
3x185+1x95	53,5	7.200	542	387	0,270
3x240+1x120	58,5	9.100	641	448	0,204
4 G 1,5	9,7	130	26	27	33,9
4 G 2,5	10,7	175	36	35	20,3
4 G 4	12,0	245	49	46	12,6
4 G 6	13,4	330	63	58	8,41
4 G 10	15,7	505	86	77	4,87
4 x 16	18,2	750	115	100	3,08
4 x 25	24,1	1.245	149	129	1,98
4 x 35	26,3	1.675	185	155	1,41
4 x 50	31,3	2.315	225	183	0,984
4 x 70	36,1	3.205	289	225	0,693
4 x 95	40,2	4.130	352	270	0,525
4 x 120	44,6	5.245	410	306	0,410
4 x 150	49,8	6.575	473	343	0,328
4 x 185	56,1	8.050	542	387	0,270
4 x 240	64,5	10.695	641	448	0,204
4 x 300	68,4	12.885	741	502	0,163
5 G 1,5	10,4	155	26	27	33,9
5 G 2,5	11,6	215	36	35	20,3
5 G 4	13,2	300	49	46	12,6
5 G 6	14,7	405	63	58	8,41
5 G 10	17,1	625	86	77	4,87
5 G 16	20,2	935	115	100	3,08
5 G 25	26,6	1.555	149	129	1,98
5 G 35	29,3	2.080	185	155	1,41
5 G 50	34,5	2.895	225	183	0,984
5 G 70	38,7	3.930	289	225	0,693
5 G 95	44,6	5.190	352	270	0,525
5 G 120	49,7	6.560	410	306	0,410
5 G 150	55,6	8.145	473	343	0,328
5 G 185	62,5	9.975	542	387	0,270
5 G 240	71,8	13.210	641	448	0,204
7 G 1,5	11,2	190	26	27	33,9
7 G 2,5	12,4	265	36	35	20,3
10 G 1,5	13,2	260	26	27	33,9
10 G 2,5	16,3	380	36	35	20,3
12 G 1,5	14,2	295	26	27	33,9
12 G 2,5	15,7	420	36	35	20,3
14 G 1,5	14,9	315	26	27	33,9
24 G 1,5	20,4	550	26	27	33,9

¹ Método de referencia F para cables unipolares y método E para cables multiconductores según IEC 60364-5-52 al aire libre a 30 °C de temperatura ambiente.

² Método de referencia D2 según IEC 60364-5-52. Directamente enterrados a 0,7 m de profundidad con una resistividad térmica del suelo de 2,5 K-m/W y 20°C de temperatura del suelo.

³ A temperatura máxima de servicio y $\cos\phi=1$.

En todos los casos se supone un circuito monofásico.



APLICACIÓN

El cable Powerhard® F RVFV-K, armado en fleje, es especialmente adecuado para instalaciones fijas con riesgo de agresión mecánica. Especialmente recomendado en lugares donde la presencia de roedores pueda implicar una amenaza a la integridad del cable: almacenes, plantas de producción y servicios agrícolas. También se recomienda su uso en instalaciones para alumbrados exteriores.

- Uso industrial.

CONSTRUCCIÓN

Conductor

Cobre electrolítico recocido, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

Aislamiento

Polietileno reticulado tipo XLPE según IEC 60502-1 y tipo DIX-3 según UNE-HD 603.

La identificación normalizada de los conductores aislados según HD 308 es la siguiente:

1 x	Natural
2 x	Azul + Marrón
3 G	Azul + Marrón + Amarillo/Verde
3 x	Marrón + Negro + Gris
3 x + 1 x	Marrón + Negro + Gris + Azul (sección reducida)
4 G	Marrón + Negro + Gris + Amarillo/Verde
4 x	Marrón + Negro + Gris + Azul
5 G	Marrón + Negro + Gris + Azul + Amarillo/Verde
6 o más	Negros numerados + Amarillo/Verde

Asiento

Cubierta de separación extruida de PVC.

Armadura

Armadura de doble fleje de acero o aluminio galvanizado.

En los cables unipolares se utiliza armadura de aluminio para reducir las pérdidas por corrientes inducidas en la armadura. El acero se utiliza en cables multiconductores.

Cubierta

PVC flexible tipo ST2 según IEC 60502-1 y tipo DMV-18 según UNE-HD 603.

Color negro.

CARACTERÍSTICAS

⚡ Características eléctricas

Baja tensión 0,6/1kV.

🔥 Características térmicas

Temperatura máxima del conductor: 90°C.
Temperatura máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s).
Temperatura mínima de servicio: -40°C (estático con protección).
Temperatura mínima de instalación y manipulación: 0°C.

🔥 Características frente al fuego

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1 / IEC 60332-1.
Reacción al fuego CPR: E_{ca} según EN 50575.
Reducida emisión de halógenos Cloro <15%.

📏 Características mecánicas

Radio de curvatura: 10x diámetro exterior.
Resistencia a los impactos: AG4. Muy fuerte.
Antirroedores.

🌍 Características medioambientales

Resistencia a los ataques químicos: Buena.
Resistencia a los rayos ultravioleta: según UNE 211605.
Resistencia de agua: AD7 inmersión.

🌞 Condiciones de instalación

Al aire.
Enterrado.
Entubado.

NORMAS / CERTIFICACIONES



Norma de referencia
IEC 60502-1 / UNE 21123-2



Certificaciones
BUREAU VERITAS / RoHS / CE



CPR (Reglamento de Productos de la Construcción)
E_{ca}





**TOPSOLAR
Heavy Duty®**

All-terrain
solar cable.

Specially designed cable for **direct burial.**

The Heavy Duty® range allows cables to be directly buried in most soils without the need for external material supply.

In addition, its geometry allows the use of standard accessories, while maintaining watertightness and simplified connections compared to other existing solutions.

The main advantages of the **Top Cable Heavy Duty®** range are:

- ✓ **Easier and smaller trench:** no sand or external backfill required.
- ✓ **Safer construction site:** less machinery used and less dust in suspension during trenching.
- ✓ **Quicker installation:** simplifies construction work and burying.
- ✓ **Sustainability:** using a smaller quantity and type of machinery and avoiding the transfer of rocks and sands from other locations, we will make a more sustainable world.

The advantages of **TOPSOLAR®** cables are:

- ✓ **UV protection in accordance with EN 50618:** 95% of the cable length is directly buried, but the connection to the string box/string inverter / CT is shallower and less wide. No additional sand or special filler is required.
- ✓ **AD8 water resistance:** Improved material properties result in an AD8 water resistance, and due to the round outer sheath IP65 can be easily achieved at the connections.
- ✓ **Voltage rating 1.8/3 (3.6) kV AC** according to IEC 60502-1: the correct voltage rating to use in DC or AC, depending on the type of installation.



TOPSOLAR Heavy Duty®: a thicker outer sheath and a special material, for an increased cable protection.

Top Cable





TOPSOLAR® PV LSZH AI 1500 V HEAVY DUTY

Aluminium PV cable.

ACCORDING TO: IEC 60502-1



APPLICATION

TOPSOLAR® PV LSZH HEAVY DUTY DC Feeder Aluminium cable is suitable for direct buried installations and open air solar installations.

This cable is recommended for connections between string boxes and photovoltaic inverters in large scale rooftops or ground farms.

- Solar PV installations.

CONSTRUCTION

Conductor

Aluminium conductor, class 2 according to EN 60228 and IEC 60228.

Insulation

Cross-linked polyethylene insulation, type XLPE according to IEC 60502-1. Natural colour.

Outer sheath

Polyethylene halogen free and UV resistant, type ST7 according to IEC 60502-1 with extra thickness as protection for direct buried cables.

Black colour.

CHARACTERISTICS



Electrical performance

Low voltage: 1,5/1,5 (1,8) kV DC according to EN 50618.
1,8/3 (3,6) kV AC according to IEC 60502-1.



Thermal performance

Maximum service temperature: 90°C.
Maximum short-circuit temperature: 250°C (max. 5 s).
Minimum service temperature: -40°C (fixed and protected installations).
Minimum installation and handling temperature: 0°C (on cable surface).



Fire performance

Halogen free according to EN 60754 / IEC 60754.



Mechanical performance

Minimum bending radius: 5x cable diameter.
Impact resistance: AG4 (≤ 40 J) Extra high severity according to NF C 33-226.
Abrasion according to NF C 33-226.



Environmental performance

UV Resistant according to EN 50618.
Water resistance: AD8 Submersion.



Installation conditions

Open Air.
Buried.
In conduit.

STANDARDS / COMPLIANCE



According to
IEC 60502-1

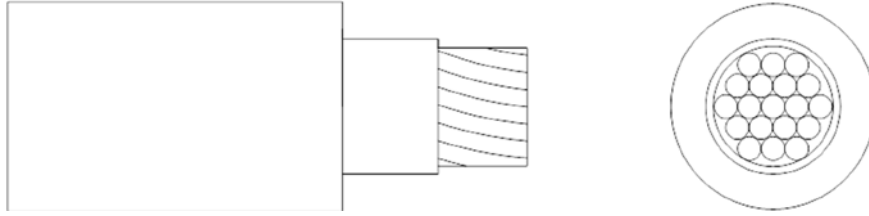


Standards and approvals
CE / RoHS



TOPSOLAR[®] PV LSZH AI 1500 V HEAVY DUTY

DIMENSIONS & ADMISSIBLE INTENSITIES



Cross-section (mm ²)	Diameter (mm)	Weight (Kg/km)	R20°C (Ω/km)	Open air (A) ¹	Buried (A) ²	Voltage drop (V/A · km) ³
1 x 70	21,8	460	0,443	237	170	1,135
1 x 120	24,1	630	0,253	337	233	0,648
1 x 150	25,3	755	0,206	389	261	0,528
1 x 185	26,9	880	0,164	447	296	0,420
1 x 240	29,0	1.065	0,125	530	343	0,320
1 x 300	31,0	1.240	0,100	613	386	0,256
1 x 400	33,2	1.505	0,0778	740	445	0,199
4 x 185	55,4	4.180	0,164	397	296	0,420
4 x 1 x 240	69,9	4.145	0,125	530	343	0,320
4 x 1 x 300	74,7	4.840	0,100	613	386	0,256

¹ Reference method F for single-core and method E for multicore cables according to IEC 60364-5-52 in open air at 30°C ambient temperature.

² Reference method D2 according to IEC 60364-5-52. Directly buried at 0,7 m depth with soil thermal resistivity of 2,5 K·m/W and 20°C of ground temperature.

³ At maximum service temperature and $\cos\phi=1$.

In all cases are supposed a single-phase circuit.

1. Impact.

The impact test consists of dropping a weight (of a defined geometry) from a certain height, impacting on the cable in a horizontal position. Depending on the height and weight of the object, the energy applied is as indicated in the table.

The purpose of this test is to quantify the energy withstood by the outer sheath against possible impacts during installation.

IMPACT	ENERGY (J)
NF C 33-2226	40 ✓
AG4	20
AG3	5
AG2	2
AG1	0,2

TOP CABLE Heavy Duty®

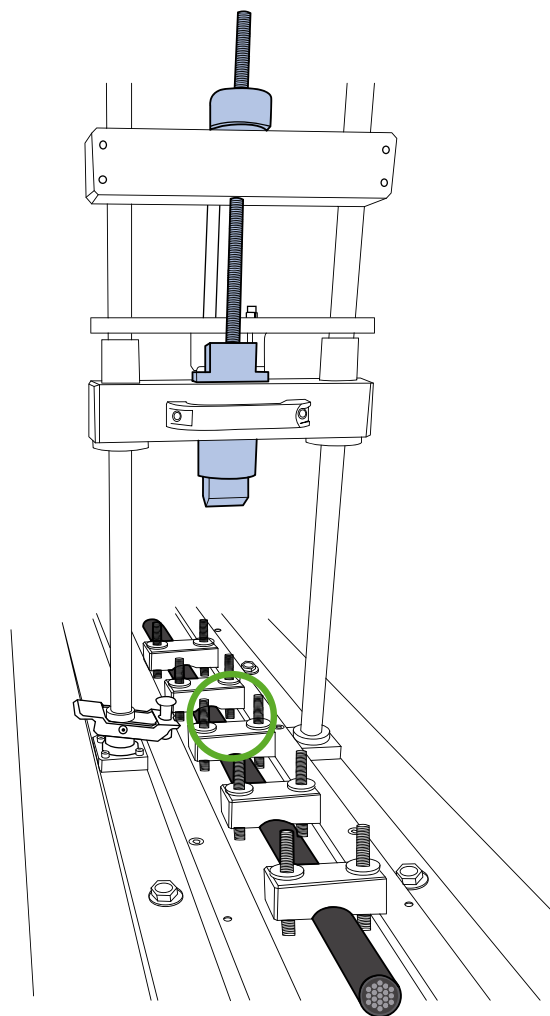


Result of the test on TOP CABLE Heavy Duty® cable.

OTHERS



Test result on a standard cable.



Technical diagram impact test.

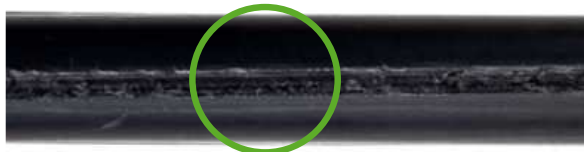
2. Abrasion test.

The abrasion test consists of applying longitudinal movements to the outer sheath by means of an object of a certain weight and defined geometry for several cycles. Depending on the weight of the object and the number of cycles, the process is more or less aggressive to the outer sheath.

The abrasion test is intended to quantify the energy supported by the roof against possible friction during installation.

TEST METHOD	TEMPERATURE (°C)	CYCLES	WEIGHT (Kg)	SPEED (m/s)
NF C 33-226 ANNEX B	20 ± 5	8	48 ± 5 ✓	0,3 ± 15%
HD 605 Ap.2.4.22	20 ± 5	8	12 ± 0,5	0,3 ± 15%

TOP CABLE Heavy Duty®

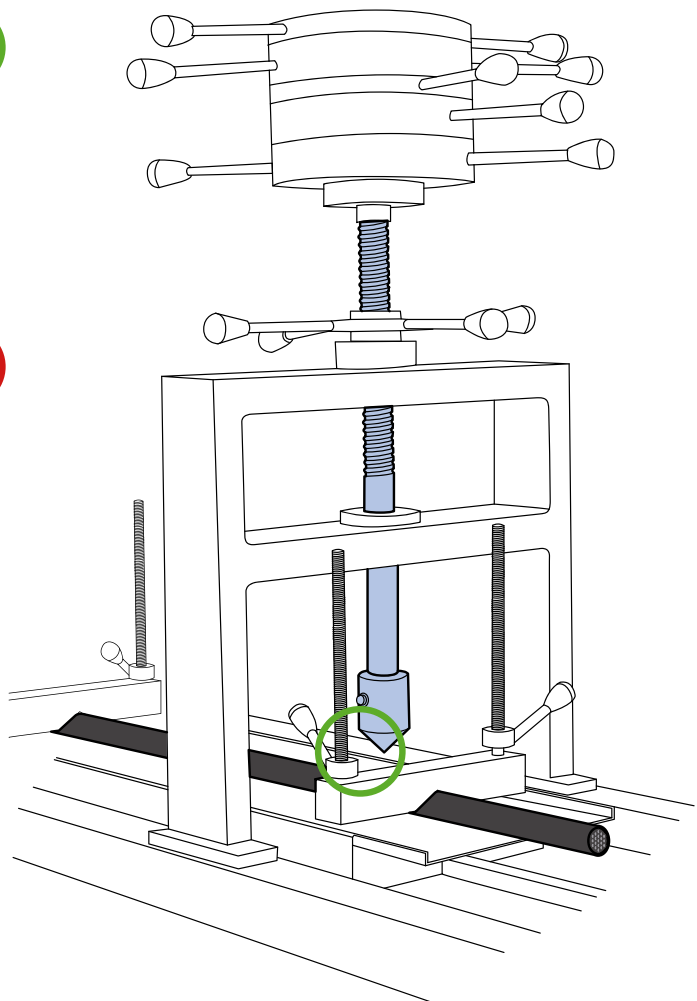


— Result of the test on TOP CABLE Heavy Duty® cable.

OTROS



— Test result on a standard cable.



— Technical diagram abrasion test.

Top Cable

The versatile
all terrain solar cable.



3. UV protection according to EN 50618.

Although 95% of the cable will go directly underground, these cables will come to the surface to connect to the string box or string inverter, so UV protection is a requirement.e.

TEST METHOD	POWER (W/m ²)	TIME (h)	RADIATION TIME (h)	TOTAL RADIATION (kWh/m ²)
EN 50618	43	720	720	31,0
UNE 211605	43	96	60	2,6

4. Presence of water AD8 (Submersion).

In addition to having improved properties in the presence of water, due to its circular geometry, it allows the use of standard connectors that ensure watertight connections and avoid the water channels that are created by other solutions.

CLASSIFICATION	STANDARD	DESCRIPTION
AD8	EN 5025-2-2	SUBMERSION
AD7	EN 5025-2-2	IMMERSION
AD6	EN 5025-2-2	WAVES

5. Voltage 0.6/1 kV AC and 1.8/3 kV AC according to IEC 60502-1:

Whether for use at the output of string inverters with anti-pid modules or for use with string boxes, 0,6/1 kV voltage is not sufficient for these applications, so 1,8/3 kV voltage level is a technical requirement to ensure the durability of the plant.

The voltage test consists of applying a certain voltage on the finished cable for 5 minutes. Depending on the voltage level defined in the cable, the voltage values to be applied are different.

Additionally, depending on the operating voltage, other tests must be carried out to ensure the longevity of the cable at the usual operating voltage.

VOLTAGE	STANDARD	KV AC (5 min)	OTHER
1,8/3kV AC	IEC 60502-1	6,5	Impulse test (40 kV peak)
1,5/1,5 kV CC	EN 50618	6,5	Arrhenius Test
0,6/1 KV AC	IEC 60502-1	3,5	

Top Cable, an **international manufacturer** of industrial and power cables

Top Cable is a renowned manufacturer of solar cables, meeting the high expectations of photovoltaic contractors, developers, grid operators, panel manufacturers and integrators demand when designing a solar installation.

The company has supplied cables in solar installations all over the world: from residential installations to large-scale rooftop, floating solar plant projects or ground-mounted plants.

All Top Cable's manufacturing plants are based around Barcelona. The enterprise is a medium-sized, family-owned company that manufactures international electrical cables, with offices and warehouses all over the world.

Top Cable is internationally appreciated as a manufacturer of solar cables of the highest performance. Customers receive their photovoltaic cables on schedule, shipped from Top Cable's main logistics centre in Barcelona. There, large stocks of photovoltaic cables are shipped for short delivery times and maximum shipping flexibility.

The company also manages several stocks of solar cables in its various distribution centres and international distribution centres and warehouses to manage the supply chain with maximum efficiency.

The photovoltaic cables meet the most stringent solar specifications.



**100% Green Energy
Cable Production**





TOP SOLAR HEAVY DUTY® CABLES

sales@topcable.com
www.topcable.com



ref. 9012010122

AL VOLTALENE H - AL RHZ1-OL (normalizado por Endesa)

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV

Norma diseño: UNE-HD 620-10E;
ENDESA DND001

Designación genérica: AL RHZ1-OL



Nº DoP 1008480



DESCÁRGATE la DoP
(declaración de prestaciones)
<https://es.prysmiangroup.com/dop>



Libre de halógenos
UNE-EN 60754-1
IEC 60754-1



Baja emisión
de gases tóxicos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2



Baja emisión de
gases corrosivos
UNE-EN 60754-2
IEC 60754-2
NFC 20453



Alta resistencia
a la absorción
del agua



Resistencia
al frío



Resistencia
a los rayos
ultravioleta



Resistencia
a la abrasión

- Temperatura de servicio: -25 °C, +90 °C (cable termoestable).
 - Ensayo de tensión alterna durante 5 min. (tensión conductor-pantalla): 42 kV (cables 12/20 kV) y 63 kV (cables 18/30 kV).
- Los cables satisfacen los ensayos establecidos en la norma IEC 60502-2.

Reacción al fuego

Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): F_{ca}.
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.

Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:

- Libre de halógenos:
UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1.
- Baja emisión de gases tóxicos:
UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:
UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.

AL VOLTALENE H - AL RHZ1-OL (normalizado por Endesa)

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV

Norma diseño: UNE-HD 620-10E;
ENDESA DND001

Designación genérica: AL RHZ1-OL



✓ Cumplimiento del Reglamento de Líneas de Alta Tensión (MUY IMPORTANTE).

La norma de diseño del cable (UNE-HD 620-10E) figura en la ITC-LAT 02 que recoge las normas de obligado cumplimiento. Ver artículo 8 del RLAT.

✓ Capa semiconductora externa pelable en frío

Mayor facilidad de instalación de terminales, empalmes o conectores separables. Instalación más segura al ejecutarse más fácilmente con corrección.

✓ Triple extrusión

Capa semiconductora interna, aislamiento y capa semiconductora externa se extruyen en un solo proceso. Mayor garantía al evitarse deterioros y suciedad en las interfaces de las capas.

✓ Aislamiento reticulado en catenaria

Mejor reticulación de las cadenas poliméricas. Mayor vida útil.

✓ Cubierta Vemex

Mayor resistencia a la absorción de agua, al rozamiento y abrasión, a los golpes, al desgarrar, mayor facilidad de instalación en tramos tubulares, mayor seguridad de montaje. Resistencia a los rayos UVA.

✓ Garantía única para el sistema

Posibilidad de instalación con accesorios Prysmian (terminales, empalmes, conectores separables).

✓ Normalizado por Endesa

✓ Certificado por Aenor

Construcción

1. Conductor

Metal: cuerda compacta de hilos de aluminio o cobre.

Flexibilidad: clase 2, según UNE-EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor: 90 °C en servicio permanente, 250 °C en cortocircuito.

2. Pantalla sobre conductor (capa semiconductora interna)

Capa extrusionada de material conductor.

3. Aislamiento

Material: polietileno reticulado (XLPE).

4. Pantalla sobre aislamiento (capa semiconductora externa)

Capa extrusionada de material conductor **separable en frío**.

5. Pantalla metálica

Material: hilos de cobre en hélice con cinta de cobre.

Sección total 16 mm².

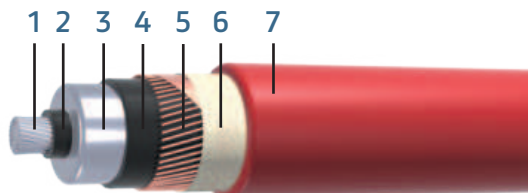
6. Protección contra el agua

Obturación longitudinal (OL) con cinta hinchante.

7. Cubierta exterior

Material: poliolefina, DMZ1 Vemex.

Color: rojo.



Aplicaciones

Indicado para instalaciones en las que el riesgo de incendio sea despreciable. Apto para soterramiento directo o bajo tubo o instalaciones al aire.

AL VOLTALENE H - AL RHZ1-OL (normalizado por Endesa)

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV

Norma diseño: UNE-HD 620-10E;
ENDESA DND001

Designación genérica: AL RHZ1-OL



Datos técnicos

Características dimensionales e intensidades máximas

Sección Conductor / Pantalla Cu (mm²)	Diámetro nominal sobre aislamiento (1) (mm)	Diámetro nominal exterior (1) (mm)	Peso (1) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (1) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (2) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (2) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (2) (A)	Intensidad máxima de cortocircuito durante 1 s (kA)	
								Conductor	Pantalla
12/20 kV									
1X95 (Al)/16*	23,2	32,1	1075	482	255	205	190	8,93	2,97
1X150 (Al)/16*	25,9	35,2	1300	528	335	260	245	14,1	2,97
1X240 (Al)/16*	30,0	39,3	1685	590	455	345	320	22,6	2,97
1X400 (Al)/16*	35,0	44,6	2230	669	610	445	415	37,6	2,97
1X500 (Cu)/16	39,2	48,7	5910	731	930	635	605	71,5	2,97
1X630 (Cu)/16	42,6	52,2	7355	783	1095	715	675	90,1	2,97
18/30 kV									
1X95 (Al)/16*	28,2	37,1	1325	557	255	205	190	8,93	2,97
1X150 (Al)/16*	30,9	40,2	1585	603	335	260	245	14,1	2,97
1X240 (Al)/16*	35,0	44,3	1990	665	455	345	320	22,6	2,97
1X400 (Al)/16*	40,0	49,6	2575	744	610	445	415	37,6	2,97
1X500 (Al)/16	43,5	53,1	3050	797	715	505	480	47,0	2,97
1X630 (Al)/16	48,0	57,6	3600	864	830	575	545	59,2	2,97
1X800 (Al)/16**	51	60,1	4150	902	955	640	625	75,2	2,99
1X1000 (Al)/16**	55	64,5	4895	968	1085	710	695	94	2,99
1X500 (Cu)/16	44,2	53,7	6305	806	930	635	605	71,5	2,97
1X630 (Cu)/16	47,6	57,2	7720	858	1095	715	675	90,1	2,97

* Secciones normalizadas por las compañías del grupo Endesa.

**Secciones especiales no normalizadas por compañías eléctricas. Norma de diseño IEC 60502-2. Antes de incorporarlas a cualquier estudio se recomienda tener en cuenta las dimensiones y pesos para el manejo de estos cables a la hora del tendido (tamaño de bobinas, radios de curvatura, etc.). Asimismo es muy importante asegurar la disponibilidad de accesorios (empalmes, terminales, conectores separables, etc.) para estos cables. Recomendamos considerar el empleo de varios conductores por fase como alternativa.

(1) Valores aproximados (sujetos a tolerancias de fabricación)

(2) Intensidades máximas admisibles de acuerdo con ITC-LAT 06 del RLAT. Cables al tresbolillo en contacto y pantallas conectadas entre sí y a tierra en ambos extremos. Para

instalación al aire: 40 °C de temperatura ambiente (a la sombra). Para instalación enterrada: 1 m de profundidad y terreno de 1,5 K.m/W de resistividad térmica y 25 °C de temperatura.

Cobre ■

Prysmian

AL VOLTALENE H - AL RHZ1-OL (normalizado por Endesa)

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV
 Norma diseño: UNE-HD 620-10E;
 ENDESA DND001
 Designación genérica: AL RHZ1-OL



Resistencias, reactancias y capacidades

Sección Conductor / Pantalla Cu (mm ²)	Resistencia en corriente continua a 20 °C (Ω/km)	Resistencia en corriente alterna a 90 °C (Ω/km)	Reactancia inductiva a 50 Hz (Ω/km)	Capacidad (μF/km)	Resistencia homopolar Ro (Ω/km)	Reactancia inductiva homopolar Xo (Ω/km)	Capacidad homopolar Co (μF/km)
12/20 kV							
1X95 (Al)/16*	0,320	0,403	0,125	0,216	1,155	0,514	0,216
1X150 (Al)/16*	0,206	0,262	0,117	0,251	1,038	0,508	0,251
1X240 (Al)/16*	0,125	0,161	0,108	0,304	0,952	0,503	0,304
1X400 (Al)/16*	0,0778	0,102	0,101	0,368	0,900	0,500	0,368
1X500 (Cu)/16	0,0366	0,051	0,099	0,422	0,855	0,500	0,422
1X630 (Cu)/16	0,0283	0,0408	0,095	0,465	0,844	0,498	0,465
18/30 kV							
1X95 (Al)/16*	0,320	0,403	0,134	0,166	1,149	0,528	0,166
1X150 (Al)/16*	0,206	0,262	0,126	0,190	1,032	0,521	0,190
1X240 (Al)/16*	0,125	0,161	0,116	0,227	0,947	0,514	0,227
1X400 (Al)/16*	0,0778	0,102	0,108	0,272	0,895	0,510	0,272
1X500 (Al)/16	0,0605	0,103	0,103	0,303	0,875	0,508	0,303
1X630 (Al)/16	0,0469	0,0636	0,100	0,343	0,857	0,506	0,343
1X800 (Al)/16**	0,0367	0,0509	0,095	0,399	0,845	0,503	0,399
1X1000 (Al)/16**	0,0291	0,0426	0,092	0,436	0,835	0,502	0,436
1X500 (Cu)/16	0,0366	0,051	0,105	0,309	0,851	0,508	0,309
1X630 (Cu)/16	0,0283	0,0408	0,101	0,339	0,840	0,507	0,339

* Secciones normalizadas por las compañías del grupo Endesa.

**Secciones especiales no normalizadas por compañías eléctricas. Norma de diseño IEC 60502-2. Antes de incorporarlas a cualquier estudio se recomienda tener en cuenta las dimensiones y pesos para el manejo de estos cables a la hora del tendido (tamaño de bobinas, radios de curvatura, etc.). Asimismo es muy importante asegurar la disponibilidad de accesorios (empalmes, terminales, conectores separables, etc.) para estos cables. Recomendamos considerar el empleo de varios conductores por fase como alternativa.

Para el cálculo de sistemas desequilibrados (componentes simétricas) los valores que figuran en negro son de secuencia directa e inversa (coincidentes para ambos casos) y en rojo son valores homopolares.

Todos los valores, salvo las capacidades que son independientes de la colocación, se han obtenido considerando cables al tresbolillo en contacto y pantallas conectadas entre sí y a tierra en ambos extremos.

Cobre ■

Valores de componentes homopolares ■

AL VOLTALENE H - AL RHZ1-OL (normalizado por Endesa)

Tensión asignada: 12/20 kV, 18/30 kV

Norma diseño: UNE-HD 620-10E;
ENDESA DND001

Designación genérica: AL RHZ1-OL



Tensiones

	12/20 kV	18/30 kV
Tensión asignada simple U_0 (kV)	12	18
Tensión asignada entre fases, U (kV)	20	30
Tensión máxima entre fases, U_m (kV)	24	36
Tensión a impulsos, U_p (kV)	125	170
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente (°C)	90	
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito (°C)	250	



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

ANEXO IV

ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Índice

1. Objeto	1
2. Segregación de residuos	1
3. Inventario de residuos.....	2
4. Gestión de residuos peligrosos	7
5. Gestión de residuos no peligrosos	11
6. Gestión de otro tipo de residuos.....	12

Índice de tablas

Tabla I – Contenedores a disponer en obra	4
Tabla II – Tipo de residuo a gestionar en obra	5
Tabla III – Estimación de residuos generados en obra.....	6

Índice de ilustraciones

Ilustración I – Zonas de segregación Punto Limpio	2
Ilustración II – Almacenamiento de residuos peligrosos en Punto Limpio.....	8
Ilustración III – Almacén de residuos peligrosos en contenedor cerrado.....	8

1. Objeto

El presente documento tiene como objetivo detallar el plan previsto para la gestión de los residuos derivados de la ejecución de la obra asociada a la instalación fotovoltaica híbrida con sistema de almacenamiento energético, denominada «PSFV Alhama», que se pretende desarrollar en el término municipal de Alhama de Granada, Granada.

El estudio de gestión de residuos cumplirá con todo lo indicado en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

2. Segregación de residuos

Todo el personal presente en la obra separará selectivamente los residuos generados durante el desarrollo de esta, teniendo en cuenta su naturaleza y forma de gestión, con la finalidad de garantizar una separación selectiva en aquellos residuos que precisen un tratamiento o depósito particular, como, por ejemplo, los residuos recuperables y los residuos exentos de peligrosidad.

La segregación de los residuos deberá realizarse teniendo en cuenta, como mínimo, las siguientes categorías:

- Residuos peligrosos
- Residuos no peligrosos

Mediante la determinación y adecuación de un Punto Limpio se facilitará la separación selectiva de los residuos. Este estará acondicionado con áreas y envases de contención (contenedores, bolsas *big-bag*, bidones, etc.) y/o zonas de depósito en las que se identificarán y etiquetarán los diferentes tipos de residuos generados. Será obligación del jefe de obra y técnico de vigilancia ambiental asegurar la disposición e identificación de las distintas zonas de ubicación de residuos.

Estos responsables controlarán la correcta segregación de los residuos por parte del personal de obra, registrando los resultados derivados en los Programas de Puntos de Inspección Ambiental vinculados a la obra.

La siguiente ilustración representa, de forma esquemática, las distintas zonas de segregación de residuos del Punto Limpio:



Ilustración I – Zonas de segregación Punto Limpio

3. Inventario de residuos.

Los residuos que se vayan generando en obra serán identificados activamente con la siguiente información:

- Tipo de residuo:
 - R.S.U. Residuo Sólido Urbano
 - R.C.D. Residuo de Construcción y Demolición
 - R.P. Residuo Peligroso
 - R.V. Residuos Vegetales
 - Otros Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)

- Denominación del residuo

Identificación clara del nombre del residuo. En el caso de aquellos residuos vinculados a documentos de aceptación emitidos por gestores autorizados, esta denominación coincidirá con la proporcionada por el gestor pertinente.

- Código LER

Indicación del código del residuo según establece el Listado Europeo de Residuos (LER) aprobado por la legislación vigente.

- Código de identificación

Los residuos peligrosos deberán llevar asociado un código de identificación, cumpliendo con la legislación vigente en residuos de referencia.

- Identificación de la naturaleza y riesgo

Los residuos peligrosos, según la normativa vigente de referencia, deberán identificarse por el código H proporcionado al residuo en el documento de aceptación del gestor: Explosivo, Comburente, Fácilmente inflamable, Inflamable, Irritante, Nocivo, Tóxico, Carcinógeno, Corrosivo, Infeccioso, Tóxico para la reproducción, Mutagénico, Emisor de gases tóxicos, Peligroso para el medio ambiente.

- Destino final

Atendiendo al destino final del residuo generado, se deberá señalar si la cesión se destinará a:

- Reutilización (Rt)
- Reciclado (Rc)
- Valorización (V)
- Eliminación (E)

- N.º del Documento de aceptación emitido por un gestor autorizado

En el caso de residuos peligrosos, no peligrosos e inertes con destino a un gestor y vertedero autorizados, se detallará:

- Gestor autorizado o Empresa recicladora / recogedora

- Nombre de la empresa encargada del transporte del residuo al centro gestor.

Será obligación del responsable de Calidad, Medio Ambiente y Prevención y del jefe de obra velar por la correcta actualización de los registros.

En la siguiente tabla se detalla la relación de residuos atendiendo a la descripción y Listado Europeo de Residuos (LER) así como a la estimación de las cantidades generadas:

Contenedores mínimos de residuos a disponer en obra	
Tipo de residuo	Código LER
Residuos NO peligrosos	
Excedentes de excavación	170504
Restos de hormigón	170101
Papel y cartón	200101
Maderas	170201
Plásticos (envases y embalajes)	170203
Chatarras metálicas	170405/170407/170401/170402
Restos asimilables urbanos	200301
Residuos vegetales (podas y talas)	200201
Residuos peligrosos	
Trapos impregnados	150202*
Tierras contaminadas	170503*
Envases que han contenidos sustancias peligrosas	150110*/150111*
Aceite usado hidráulico	13 01 10*
Aerosoles	16 05 04*
Lodos fosas sépticas	20 03 04*

Tabla I – Contenedores a disponer en obra

Todos los residuos, salvo los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se alojarán en el Punto Limpio. Los RSU se almacenarán en los contenedores situados en las proximidades de las casetas de obra.

- Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

Atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD), se

ha elaborado el listado de residuos generados a gestionar durante los trabajos de construcción del proyecto:

Tipo de residuo a gestionar en la construcción del proyecto		
Código LER	Descripción	Acción
17 01 01	Hormigón	Entrega a gestor autorizado
17 01 03	Tejas y materiales cerámicos	Entrega a gestor autorizado
17 02 01	Maderas	Entrega a gestor autorizado
17 02 02	Vidrio	Entrega a gestor autorizado
17 02 03	Plástico	Entrega a gestor autorizado
17 04 07	Metales mezclados	Entrega a gestor autorizado
17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	Reutilización en obra
17 08 02	Materiales de construcción a base de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01	Entrega a gestor autorizado
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03	Reutilización en obra
20 02 02	Trapos impregnados	Reutilización en obra

Tabla II – Tipo de residuo a gestionar en obra

Para la gestión de estos residuos, se procurará, en los casos que sean posible, la reutilización de las tierras procedentes de la excavación: tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas reutilizadas en la misma obra, en una distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de manera fehaciente su destino a reutilización.

Dado que, durante la ejecución de una obra, se generan múltiples tipos de residuos, antes del inicio de los trabajos es fundamental prever su volumen aproximado, planificar las zonas de almacenamiento temporal, y organizar la recogida selectiva para facilitar su gestión y reducir el impacto ambiental.

Es importante analizar de forma previa cómo minimizar la generación de residuos y promover su reutilización o reciclaje en la medida de lo posible.

Teniendo en cuenta las características de esta instalación y su localización, se espera que los residuos generados provengan de las obras nuevas.

La siguiente tabla muestra la estimación de los residuos generados por la instalación fotovoltaica híbrida con el sistema de almacenamiento energético:

Estimación de residuos producidos en obra					
Residuos NO peligrosos					
Código LER	Descripción	Cantidad (t)	Precio unitario (€/u)	Coste estimado gestión (€)	Acción
17 01 01	Hormigón	0,238	52,50	12,50	Entrega a gestor autorizado
20 01 01	Papel y cartón	8,160	36,34	296,53	Entrega a gestor autorizado
17 02 01	Maderas	31,478	23,43	737,53	Entrega a gestor autorizado
17 02 03	Plástico	1,485	102,34	151,97	Entrega a gestor autorizado
17 04 07	Metales mezclados	1,723	67,38	116,10	Entrega a gestor autorizado
17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	0,000	62,00	0,00	Reutilización en la obra
20 03 01	Restos residuos asimilables a urbanos	1,026	162,34	166,56	Entrega a gestor autorizado
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03	0,000	0,00	0,00	Reutilización en la obra
20 02 02	Tierras y piedras	0,000	0,00	0,00	Reutilización en la obra
			TOTAL	1.481,19	
Residuos peligrosos					
Código LER	Descripción	Cantidad (t)	Precio unitario (€/u)	Coste estimado gestión (€)	Acción
15 01 10	Envases sustancias peligrosas	0,002	212,47	0,47	
15 01 11					
15 02 02	Trapos impregnados	0,048	498,20	24,01	
15 05 03	Tierras contaminadas	0,149	321,90	47,90	
13 02 05	Residuos de combustibles y aceites	0,022	142,42	3,18	
15 01 10	Aerosoles contaminados	0,000	144.571,00	52,05	
-	<i>Gestión residuos peligrosos</i>	<i>1 ud.</i>	<i>173,66</i>	<i>173,66</i>	
			TOTAL	301,26	

Tabla III – Estimación de residuos generados en obra

La cantidad de residuos generados se estiman con base a un proyecto de un parque solar fotovoltaico de 5 MW de potencia instalada y una instalación BESS tipo stand-alone de 2 MW.

La cantidad estimada de residuos generados y el precio de estos pueden variar en función del mercado y el desarrollo de la ejecución del proyecto.

- Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

Durante la ejecución del proyecto, en la instalación fotovoltaica, es probable que un número de paneles fotovoltaicos quede inutilizable por avería, rotura, etc. Este material se deberá gestionar como R.A.E.E. (*Residuo de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*), por lo tanto, se habilitará un área de almacenamiento de paneles solares defectuosos / averiados.

Atendiendo a lo establecido en el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, los paneles solares se gestionarán como R.A.E.E. con código LER 1602214-71 al estar fabricados en silicio. Estos serán retirados, transportados y retirados por una empresa gestora autorizada.

4. Gestión de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos generados durante la ejecución de los trabajos de obra serán responsabilidad de las contratadas, y las zonas de almacenamiento se ubicarán en los correspondientes Puntos Limpios. Dentro de la zona de almacenamiento se instalará, en distintos depósitos y/o bidones, separados en función de sus características y formas de gestión, que cumplirán las condiciones de aislamiento, techado y seguridad, según normativa.

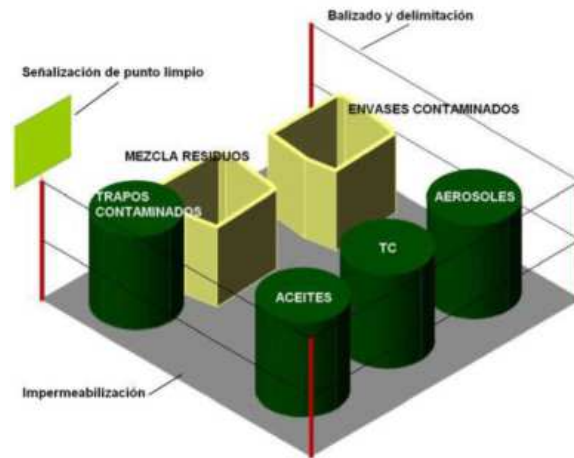


Ilustración II – Almacenamiento de residuos peligrosos en Punto Limpio

Este almacén también se puede realizar dentro de un contenedor cerrado y adecuado a las condiciones de almacenamiento requeridas por normativa para este tipo de residuos:



Ilustración III – Almacén de residuos peligrosos en contenedor cerrado

Los recipientes o envases que contengan este tipo de residuos se encontrarán claramente etiquetados, cumpliendo con la legislación vigente. Para ello, se emplearán etiquetas con los siguientes campos:

- Nombre del residuo: este nombre coincidirá con la denominación indicada por el gestor en el documento de aceptación.
- Código de identificación del residuo que contiene el envase, según lo establecido en la legislación vigente.
- Nombre, dirección y teléfono del titular de los residuos.

- Fecha de envasado: se indicará la fecha de inicio del almacenamiento
- Naturaleza de los riesgos que presentan los residuos empleando pictogramas definidos por la legislación vigente.

Para los residuos envasados con más de un indicador de riesgo, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- La obligación de poner el indicador de riesgo de residuo tóxico hace que sea facultativa la inclusión del indicador de riesgo de residuo nocivo y corrosivo.
- La obligación de poner el indicador de riesgo de residuo explosivo implica que la inclusión del indicador de riesgo de residuo inflamable y comburente sea facultativa.
- La etiqueta, con dimensiones mínimas de 10 x 10 (cm), se fijará sobre el envase, debiendo anularse, si fuese necesario, etiquetas anteriores de forma que no induzcan a error.
- Los residuos peligrosos se ubicarán en un almacén sito en la zona dispuesta en obra para tal fin, correctamente señalizada.

Con carácter previo a la entrega de los residuos peligrosos generados se deberá cursar al gestor autorizado pertinente, homologado previamente, una Solicitud de Aceptación para los mismos, que contendrá los siguientes datos:

- Identificación de residuo acorde a la legislación
- Propiedades fisicoquímicas
- Composición química
- Volumen
- Peso
- Plazo de recogida estimado.

Será condición indispensable disponer de las copias de las autorizaciones de los gestores y de los transportistas de los residuos peligrosos que van a retirar de las obras desarrolladas. En la autorización del gestor, deberán constar los residuos objeto del

contrato y, en la del transportista, las matrículas de los vehículos autorizados para realizar el transporte. El responsable de Calidad y Medio Ambiente se encargará de controlar la vigencia de dichas autorizaciones mientras que el jefe de obra responsabilizará de verificar que los vehículos que recogen los residuos peligrosos están incluidos dentro del listado contenido en la autorización.

Como condición previa a la entrega de los residuos es indispensable la posesión de los Contratos de Trámite de residuos emitidos por el gestor de estos residuos peligrosos, así como las copias de las autorizaciones de gestor de residuos peligrosos en las que consten aquellos residuos que se retiran en la obra.

Con el objeto de controlar que los períodos de almacenamiento de los residuos peligrosos no excedan de seis meses a partir de la fecha de la última recogida de estos por parte del gestor, el jefe de obra, con la colaboración del responsable de Calidad y Medio Ambiente, debe llevar un registro de la generación y gestión de estos residuos, en el que se indiquen los siguientes campos:

- Denominación del residuo: se empleará el mismo nombre que el otorgado por el gestor en el documento de aceptación.
- Origen: indicando la actividad generadora de los mismos.
- Cantidad: indicando la cantidad aproximada
- Naturaleza: datos más relevantes de su naturaleza, peligrosidad y/o características.
- Código: según lo dispuesto en el *Anexo I del Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.*
- LER: Listado Europeo de Residuos.
- Almacenamiento: Indicación de la fecha de inicio y fin del almacenamiento.
- Frecuencia de recogida prevista.
- Destino y Medio de Transporte: nombre del gestor y de la empresa encargada del transporte.
- N.º Documento de Control y Seguimiento (N.º D.C.S.)

El jefe de obra se responsabilizará de revisar las fechas de envasado indicadas en las etiquetas de identificación de los depósitos de contención de los residuos, con la finalidad de controlar los períodos de almacenamiento de estos. Si detectara que este período está próximo a cumplir los 6 meses, procederá a contactar con el gestor asociado para iniciar la operación de traslado.

La operación de traslado se inicia con el envío de una Notificación de Traslado de los residuos peligrosos al Organismo Medioambiental pertinente, con una antelación de 10 días a la recogida de estos por parte del gestor.

Se facilitará, por parte de las constructoras, la razón social de las sociedades gestoras de los Residuos Peligrosos, así como los transportistas.

5. Gestión de residuos no peligrosos

En esta categoría se incluyen los Residuos de Construcción y Demolición (escombros, restos de obra, excedentes, etc.) así como los residuos de podas, desbroces, etc. Estos residuos, junto a la chatarra, plásticos y papel, se alojarán directamente en los Puntos Limpios de la obra hasta su recogida.

La gestión de los residuos no peligrosos se ajustará en todo momento a la legislación de aplicación cumpliendo con los requisitos legales.

Cada constructora indicará las sociedades encargadas de la gestión de los excedentes de excavación y restos procedentes de las demoliciones. Los restantes residuos no peligrosos serán gestionados por el promotor dentro de los Puntos Limpios habilitados y contenedores de RSU, donde la constructora será responsable de su depósito.

Los RSUs de la obra serán retirados por cada contrata y serán depositados en los contenedores habilitados por el promotor en la zona de casetas, respetando la segregación indicada para cada RSU.

Se procederá a la reutilización de este tipo de residuos (tierra y rocas) siempre y cuando sea posible, para la ejecución de rellenos en las zonas ocupadas por la obra. En los casos

en que los residuos de construcción se destinen al acondicionamiento de terrenos, no es posible utilizar los excedentes de excavación fuera de las parcelas objeto de este proyecto, teniendo sólo dos opciones:

1. Trasladarlos a vertedero autorizado
2. Reutilizarlos en la misma obra

En cualquiera de los dos casos se seguirán los requisitos legales que al respecto estén establecidos en las zonas en las que se van a desarrollar las obras.

6. Gestión de otro tipo de residuos.

Cualquier residuo no contemplado en las categorías definidas anteriormente cumplirán las pautas de segregación, envasado y etiquetado dictadas por el promotor del proyecto.

La gestión de este tipo de residuo no categorizado atenderá a la legislación vigente.

El responsable de Calidad, Medio Ambiente y Prevención será el encargado de archivar las evidencias de la correcta gestión de este tipo de residuos.

Málaga, septiembre de 2025

El autor del Proyecto Fin de Máster

DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

DOCUMENTO III

PLANOS

Málaga, septiembre de 2025

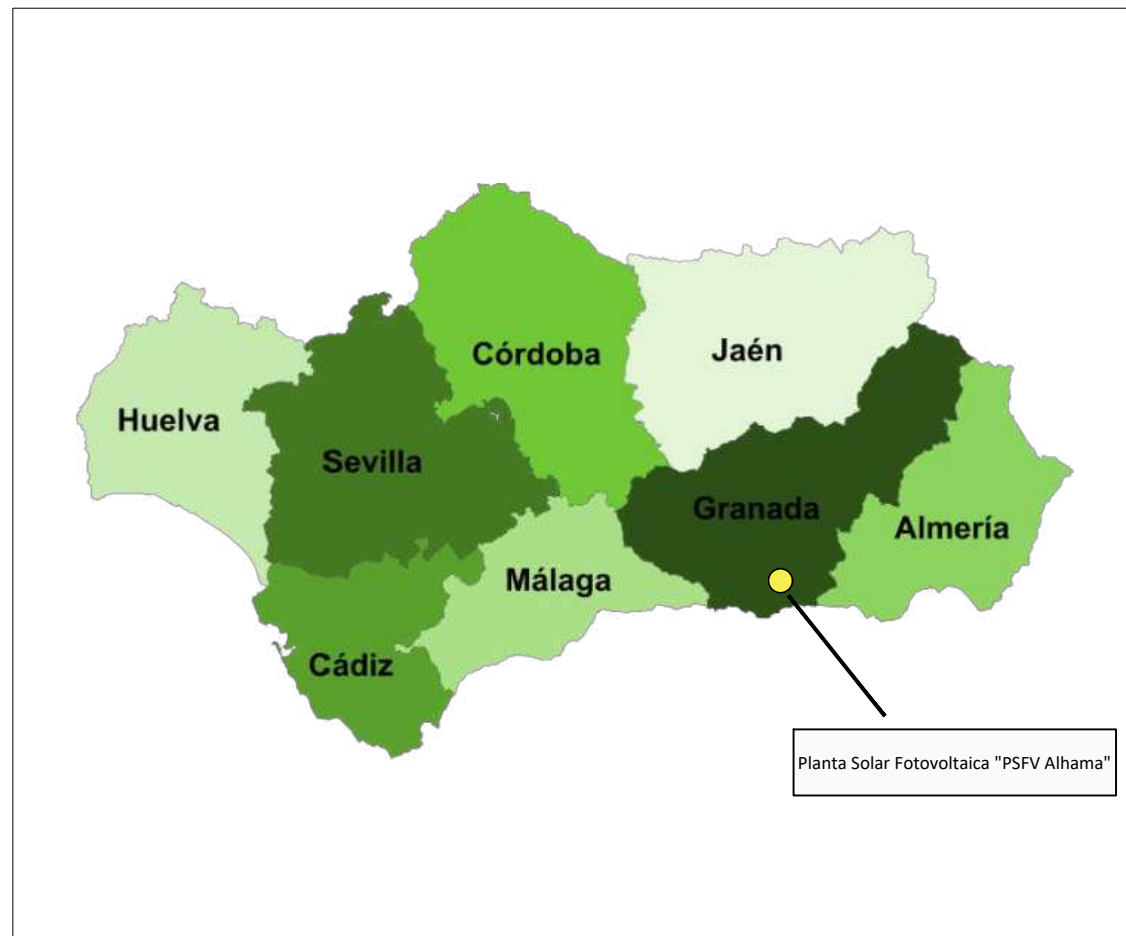
(Página en blanco)

Índice

- N.º 1.....Plano de situación
- N.º 2.....Plano de Planta General
- N.º 3.....Plano de distribución de centros de transformación
- N.º 4.....Plano de distribución de inversores fotovoltaicos
- N.º 5.1.....Plano de conexionado de *strings*
- N.º 5.2.....Plano de conexionado de *strings*
- N.º 5.3.....Plano de conexionado de *strings*
- N.º 6.....Plano de distribución en baja tensión – CC – Instalación BESS
- N.º 7.1.....Plano de distribución en baja tensión – CA – Instalación FV
- N.º 7.2.....Plano de distribución en baja tensión – CA – Zona A - Instalación FV
- N.º 7.3.....Plano de distribución en baja tensión – CA – Zona B - Instalación FV
- N.º 8.1.....Plano de distribución en media tensión – Instalación FV + BESS
- N.º 8.2.....Plano de distribución en media tensión – Instalación FV + BESS
- N.º 8.3.....Plano de distribución en media tensión – Instalación FV + BESS
- N.º 9.....Esquema unifilar *string*-inversor – Instalación FV
- N.º 10.....Esquema unifilar inversor-CTs – Instalación FV
- N.º 11.....Esquema unifilar general – Instalación BESS
- N.º 12.1...Plano de red de tierras – Instalación FV + BESS
- N.º 12.2...Plano de red de tierras – Instalación FV + BESS
- N.º 12.3...Plano de red de tierras – Instalación FV + BESS
- N.º 13.....Plano de zanjas de baja tensión – CA + CC
- N.º 14.....Plano de zanjas de media tensión



Situación geográfica
Escala: S/E



Situación geográfica
Escala: S/E



Situación. Mapa topográfico de Andalucía.
Escala: S/E



Planta General "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.
Escala: 1:50.000

Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
Superficie ocupada (ha): 9,92
Perímetro del vallado (km): 1,34

Coordenadas UTM ETRS 89
Huso: 30
X: 410.315,85
Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
Potencia pico (MWp): 6,01
Ratio DC/AC en inversores: 1,202

Potencia BESS: 2 MW
Nº horas: 4

Leyenda



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

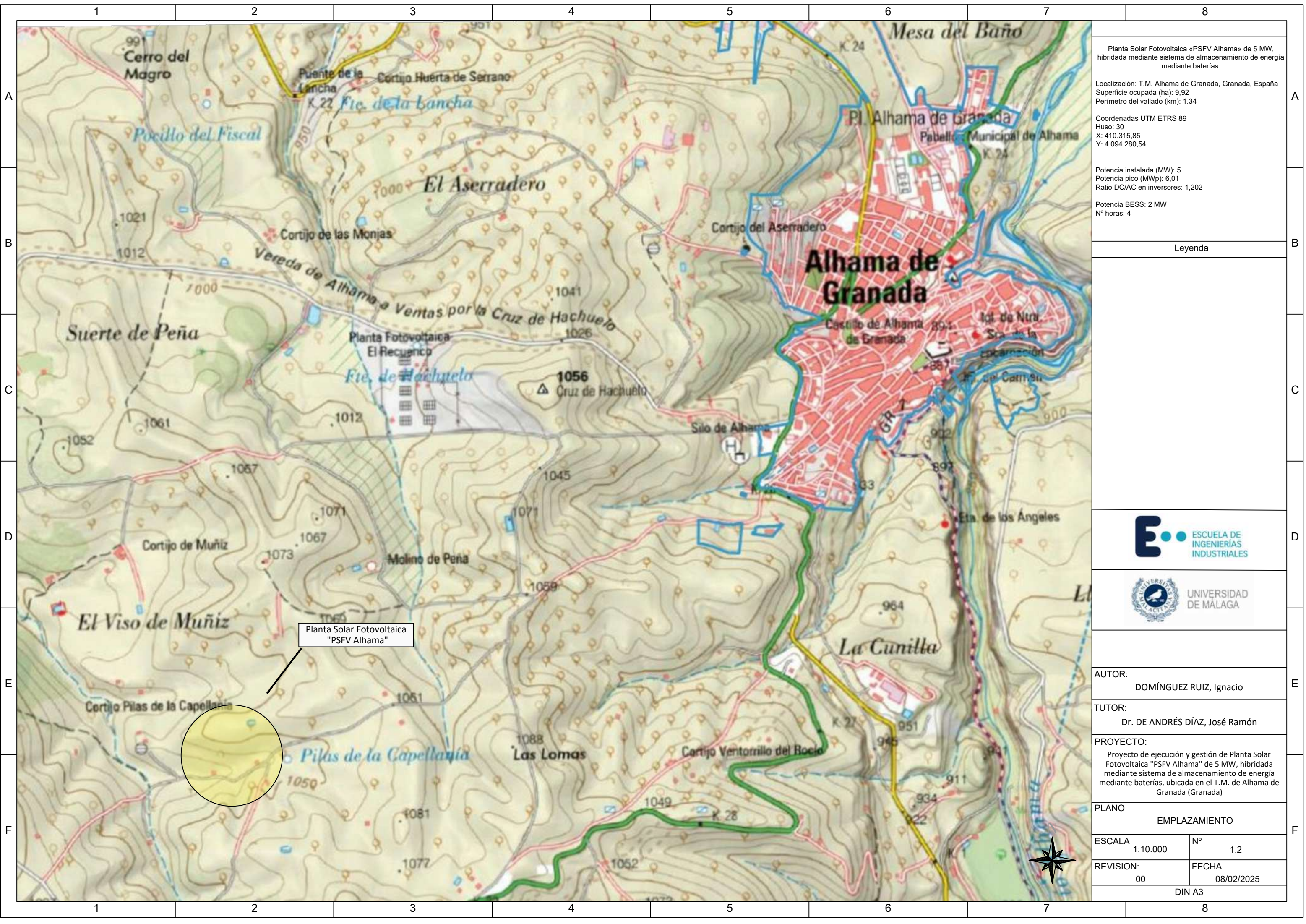
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
SITUACIÓN

ESCALA	Varias	Nº	1.1
--------	--------	----	-----

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama"

Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 9,92
 Perímetro del vallado (km): 1.34

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 6,01
 Ratio DC/AC en inversores: 1,202

Potencia BESS: 2 MW
 Nº horas: 4

Leyenda



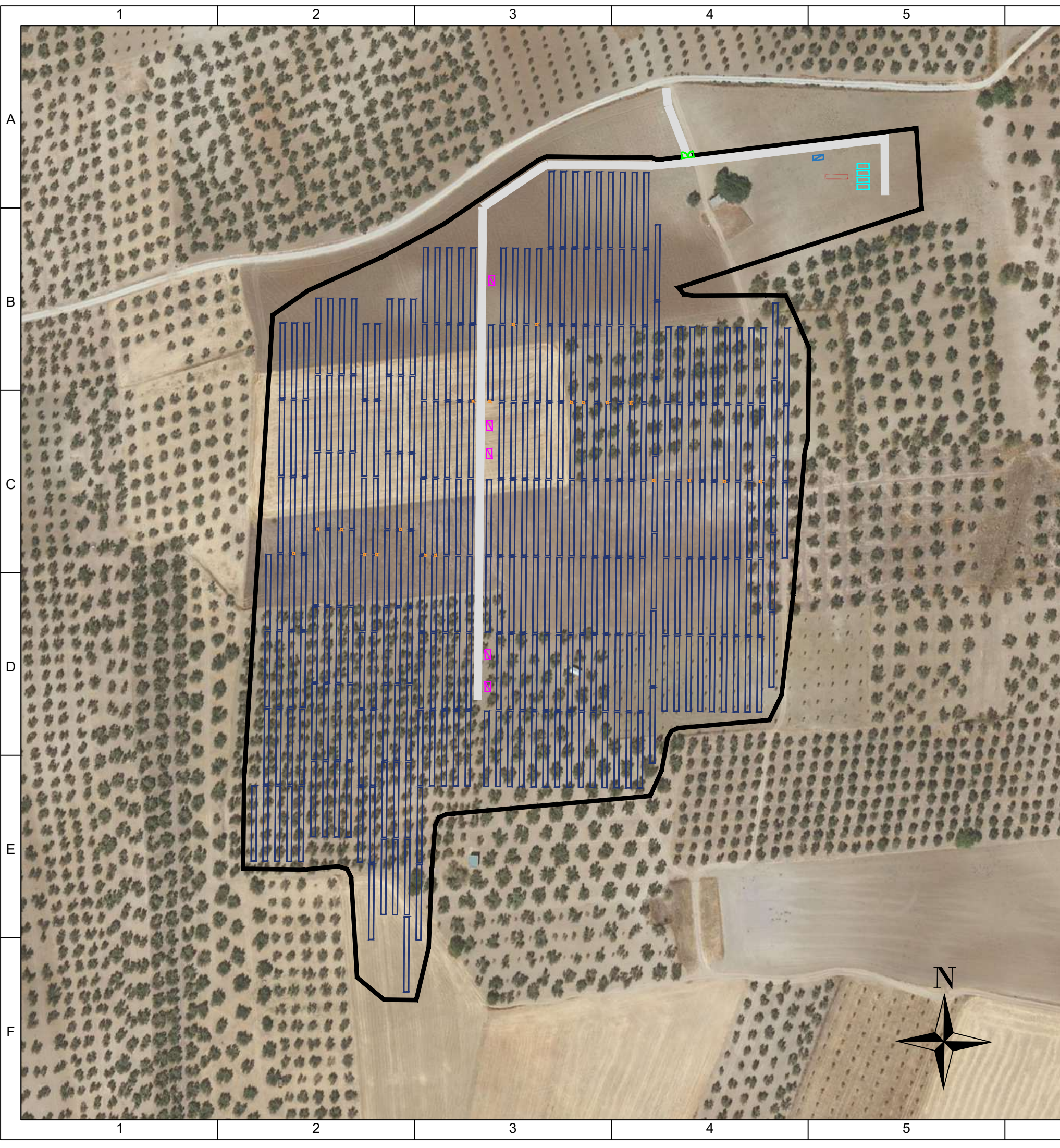
AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO	
EMPLAZAMIENTO	
ESCALA	Nº
1:10.000	1.2
REVISION:	FECHA
00	08/02/2025
DIN A3	





NOMBRE DE LA PLANTA FV	PSFV Alhama
LOCALIZACIÓN	T.M. Alhama de Granada, Granada, España
CONVERGENCIA UTM	-0.6071 °
ELEVACIÓN MEDIA (m)	1070.93
ÁREA VALLADA (ha)	8,83
PERÍMETRO VALLADO (km)	1,50

Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

CARACTERÍSTICAS GENERALES INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA				
POTENCIA PICO (MWp)	5,99			
POTENCIA APARENTE EN INVERSORES (MVA)	5,00			
POTENCIA NOMINAL EN INVERSORES (MW)	5,00			
RATIO DC/AC EN INVERSORES	1,198			
FACTOR DE POTENCIA EN INVERSORES	1			
VOLTAJE DC DEL SISTEMA (V)	1500			
TENSIÓN DEL SISTEMA MT AC (kV)	20			
MODELO DE MÓDULO FV	Trina Solar TSM-700NEG21C.20			
POTENCIA DEL MÓDULO FV (Wp)	700			
CANTIDAD DE MÓDULOS FV	8555			
MÓDULOS POR STRING	29			
ESTRUCTURA	STRINGS POR ESTRUCTURA	NÚMERO DE ESTRUCTURAS	NÚMERO DE STRINGS	ÁNGULO DE INCLINACIÓN (TILT)
PVH - Axone Duo 1V	1	295	295	-
GCR	0,40			
DISTANCIA PITCH (m)	6,0			
SEPARACIÓN ENTRE FILAS (m)	3,62			
MODELOS DE INVERSOR	POENCIA INVERSOR Pmax (kVA)	CANTIDAD DE INVERSORES		
Sungrow SG250HX-IN-20	250,0	20		
POTENCIA DE TRAFÓ EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN (kW)	1000			
POTENCIA TOTAL EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN (kW)	5000			
NÚMERO TOTAL DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	5			
MODELO CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	ORMAZÁBAL - pfu gama grand - 48/27			

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Power Station
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Battery Container 2 MWh
	Vallado
	Viales
	Puerta de acceso

CARACTERÍSTICAS GENERALES INSTALACIÓN BESS		
POTENCIA NOMINAL (kW)	2050	
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (kWh)	8128	
Nº HORAS DE FUNCIONAMIENTO	4,00	
CAPACIDAD CONTENEDOR BATERÍAS (kWh)	2032	
FACTOR DE POTENCIA EN INVERSORES	0,989	
VOLTAJE DC DEL SISTEMA (V)	1250	
TENSIÓN DEL SISTEMA MT AC (kV)	20000	
BATTERY CONTAINER	HUAWEI - LUNA 2000 - 2.0MWH- 1H1	
DIMENSIONES BATTERY CONTAINER (W x H x D)	6.058 x 2.896 x 2.438 mm	
MODELOS DE INVERSOR	POTENCIA INVERSOR Pmax (kVA)	CANTIDAD DE INVERSORES
INGECON - Sun Storage Power Dual B series 1.500 V	3280	2
MODELO POWER STATION	INGECON - SUN STORAGE POWERSTATION FSK - B Series 1,500 Vdc	
POTENCIA TRANSFORMADOR (kVA)	6860	
NÚMERO DE TRANSFORMADORES	1	
DIMENSIONES (W x H x D)	11.390 x 2.100 x 2.460 mm	

CARACTERÍSTICAS GENERALES INSTALACIÓN BESS		
POTENCIA NOMINAL (kW)	2050	
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (kWh)	8128	
Nº HORAS DE FUNCIONAMIENTO	4,00	
CAPACIDAD CONTENEDOR BATERÍAS (kWh)	2032	
FACTOR DE POTENCIA EN INVERSORES	0,989	
VOLTAJE DC DEL SISTEMA (V)	1250	
TENSIÓN DEL SISTEMA MT AC (kV)	20000	
BATTERY CONTAINER	HUAWEI - LUNA 2000 - 2.0MWH- 1H1	
DIMENSIONES BATTERY CONTAINER (W x H x D)	6.058 x 2.896 x 2.438 mm	
MODELOS DE INVERSOR	POTENCIA INVERSOR Pmax (kVA)	CANTIDAD DE INVERSORES
INGECON - Sun Storage Power Dual B series 1.500 V	3280	2
MODELO POWER STATION	INGECON - SUN STORAGE POWERSTATION FSK - B Series 1,500 Vdc	
POTENCIA TRANSFORMADOR (kVA)	6860	
NÚMERO DE TRANSFORMADORES	1	
DIMENSIONES (W x H x D)	11.390 x 2.100 x 2.460 mm	



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

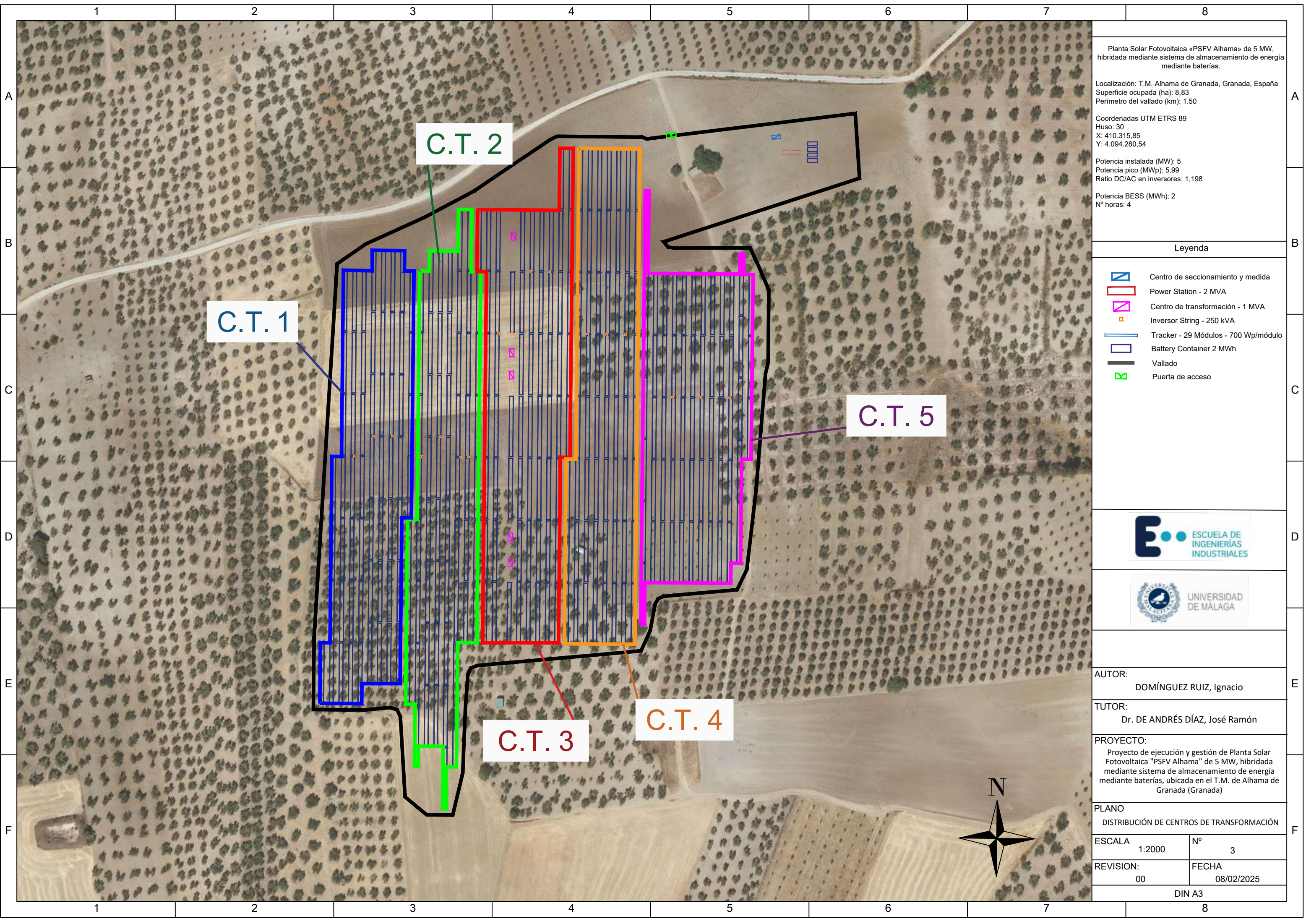
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
PLANTA GENERAL

ESCALA	1:2000	Nº	2
--------	--------	----	---

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda

	Centro de seccionamiento y medida
	Power Station - 2 MVA
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Battery Container 2 MWh
	Vallado
	Puerta de acceso



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
DISTRIBUCIÓN DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

ESCALA	1:2000	Nº	3
REVISION:	00	FECHA	08/02/2025

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Power Station - 2 MVA
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Variación de color según inversor al que se conecta
	Battery Container 2 MWh
	Vallado
	Puerta de acceso



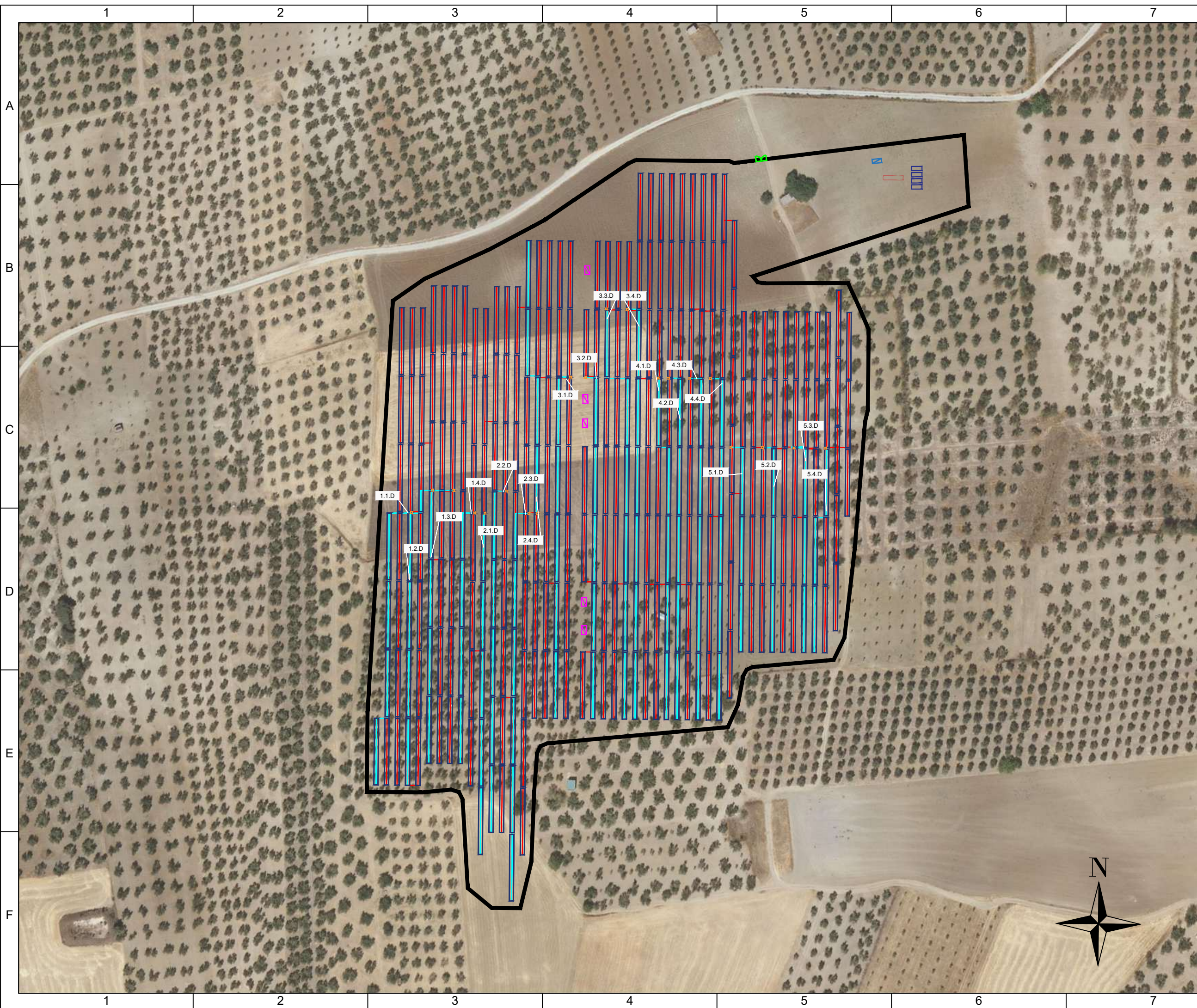
AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
DISTRIBUCIÓN DE INVERSORES

ESCALA	1:2000	Nº	4
REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
DIN A3			



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1,50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Power Station - 2 MVA
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Battery Container 2 MWh
	Vallado
	Puerta de acceso
	Cableado CC 2x10 mm ² Cu, 0,6/1 kV Circuito más lejano String - Inversor
	Cableado CC 2x10 mm ² Cu, 0,6/1 kV
X.Y.D	String más lejano al inversor "Y" conectado con el C.T. "X"



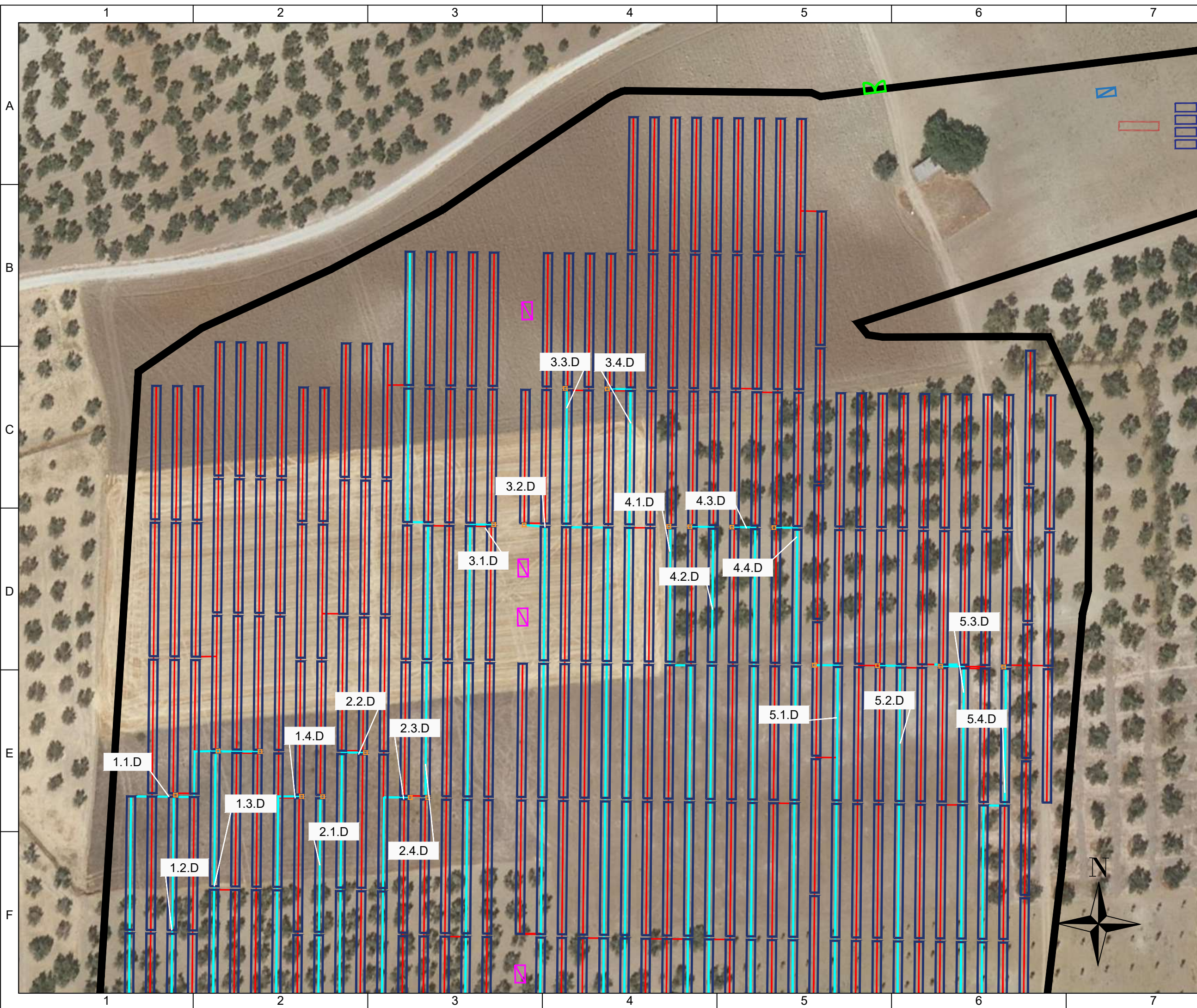
AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
CONEXIONADO STRINGS

ESCALA	1:2000	Nº	5.1
REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
DIN A3			



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1,50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

- Leyenda**
- Centro de seccionamiento y medida
 - Power Station - 2 MVA
 - Centro de transformación - 1 MVA
 - Inversor String - 250 kVA
 - Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
 - Battery Container 2 MWh
 - Vallado
 - Puerta de acceso
 - Cableado CC 2x10 mm² Cu, 0,6/1 kV
Circuito más lejano String - Inversor
 - Cableado CC 2x10 mm² Cu, 0,6/1 kV
 - X.Y.D String más lejano al inversor "Y" conectado con el C.T. "X"



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

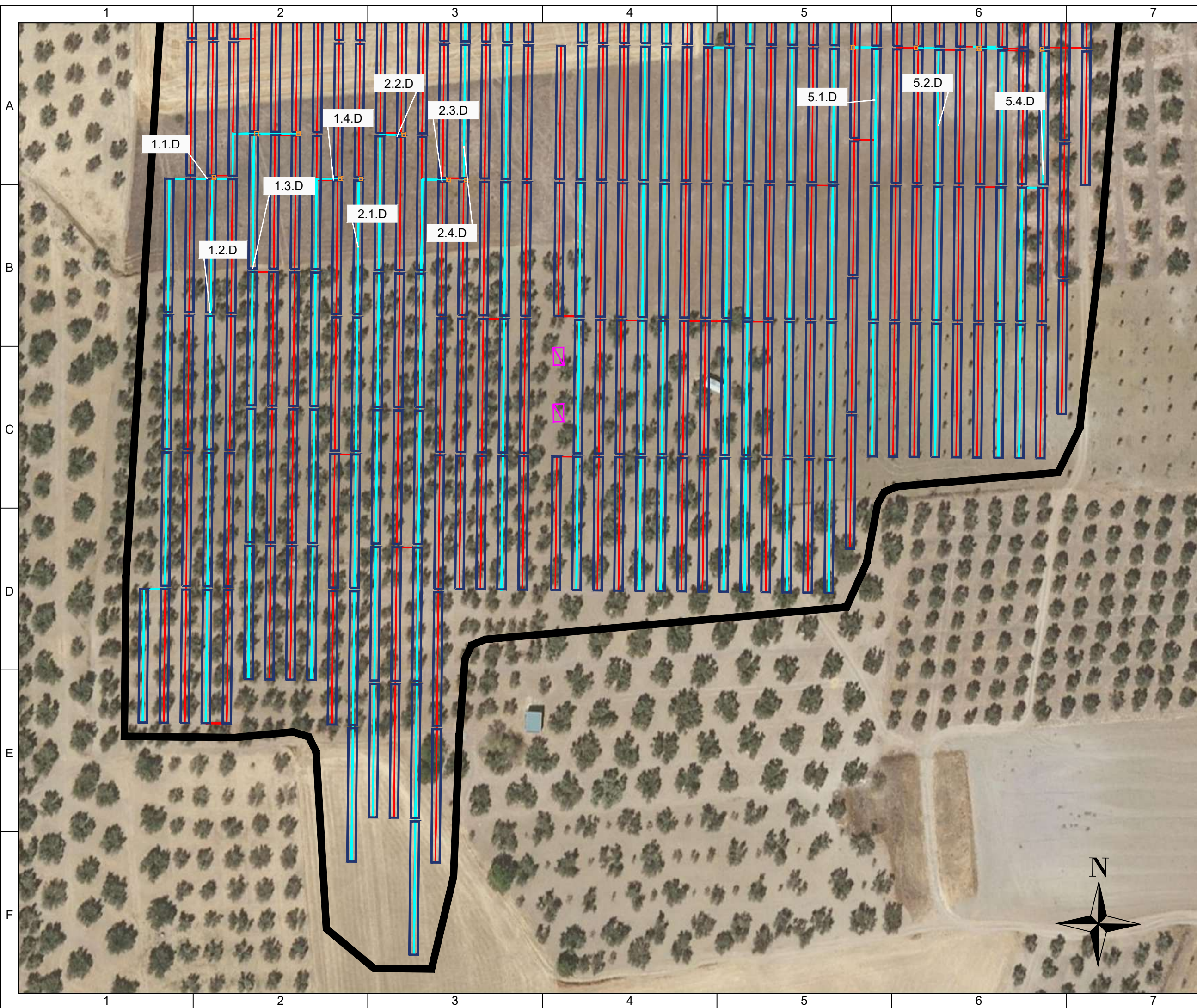
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
CONEXIONADO STRINGS

ESCALA	1:1000	Nº	5.2
--------	--------	----	-----

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1,50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Power Station - 2 MVA
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Battery Container 2 MWh
	Vallado
	Puerta de acceso
	Cableado CC 2x10 mm ² Cu, 0,6/1 kV Circuito más lejano String - Inversor
	Cableado CC 2x10 mm ² Cu, 0,6/1 kV
X.Y.D	String más lejano al inversor "Y" conectado con el C.T. "X"



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
CONEXIONADO STRINGS

ESCALA	1:1000	Nº	5.3
--------	--------	----	-----

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3










Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

- Leyenda**
-  Centro de seccionamiento y medida
 -  Power Station
 -  Cableado CC 2x400 mm² Al, 1,5 kV
 -  Battery Container 2 MWh
 -  Vallado
 -  Battery Rack N.º X: 337,8 kWh
 -  Inversor BESS



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

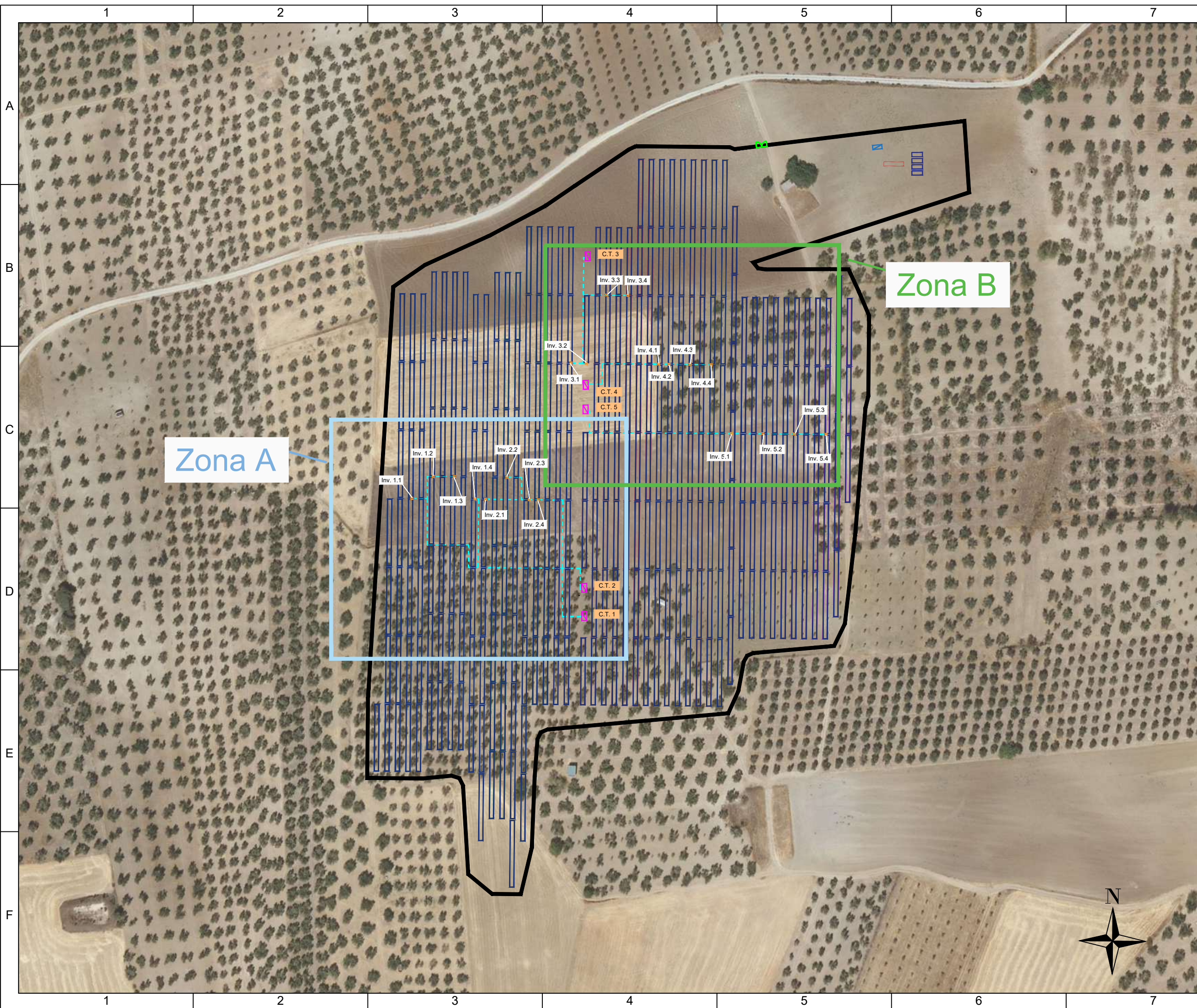
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
RED DE BAJA TENSIÓN CC - BESS

ESCALA	1:200	Nº	6
--------	-------	----	---

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Vallado
	Cableado CA 3x1x240 mm ² AI, 0,6/1 kV



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

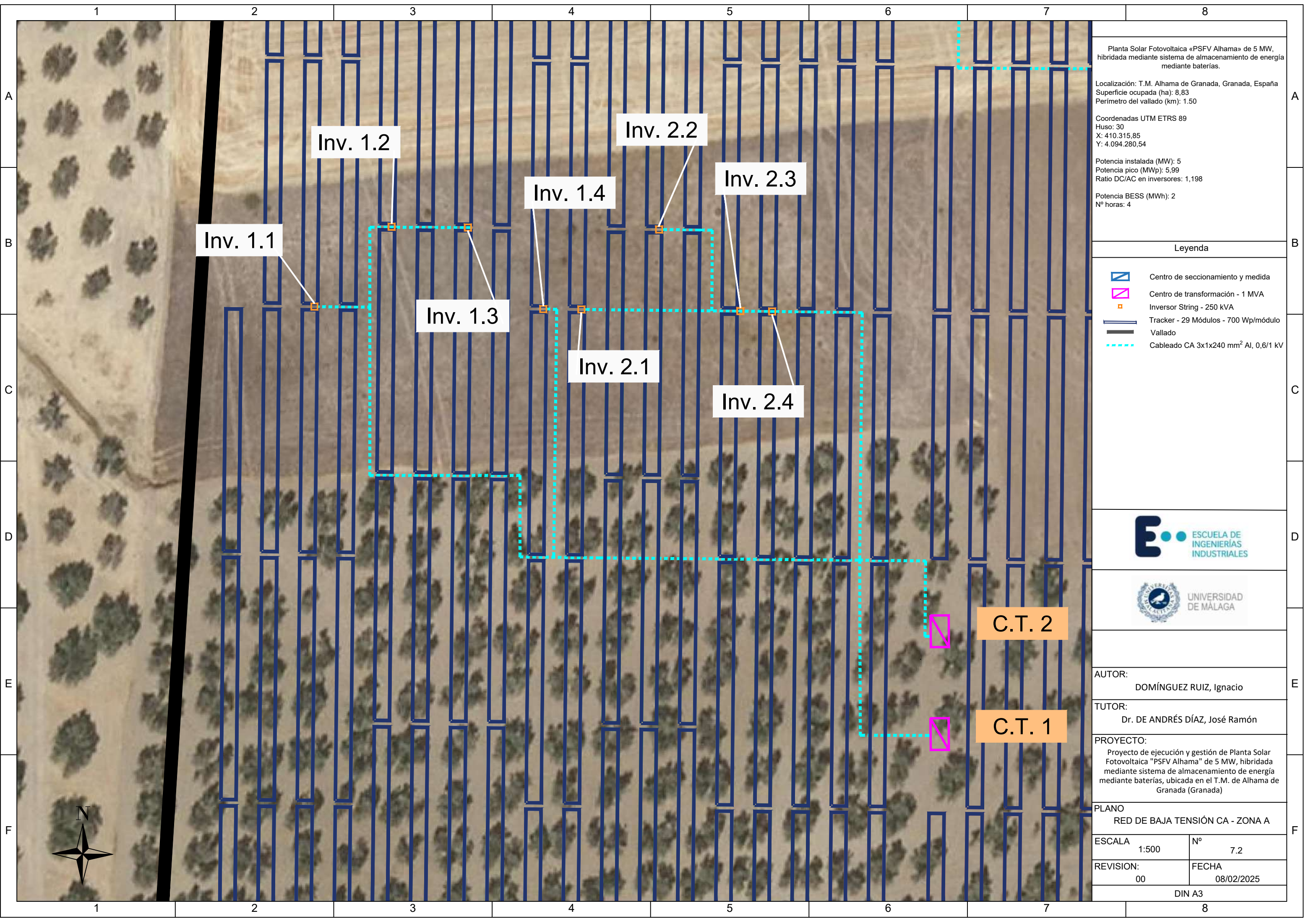
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
RED DE BAJA TENSIÓN CA

ESCALA	1:2000	Nº	7.1
--------	--------	----	-----

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1,50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Vallado
	Cableado CA 3x1x240 mm ² Al, 0,6/1 kV

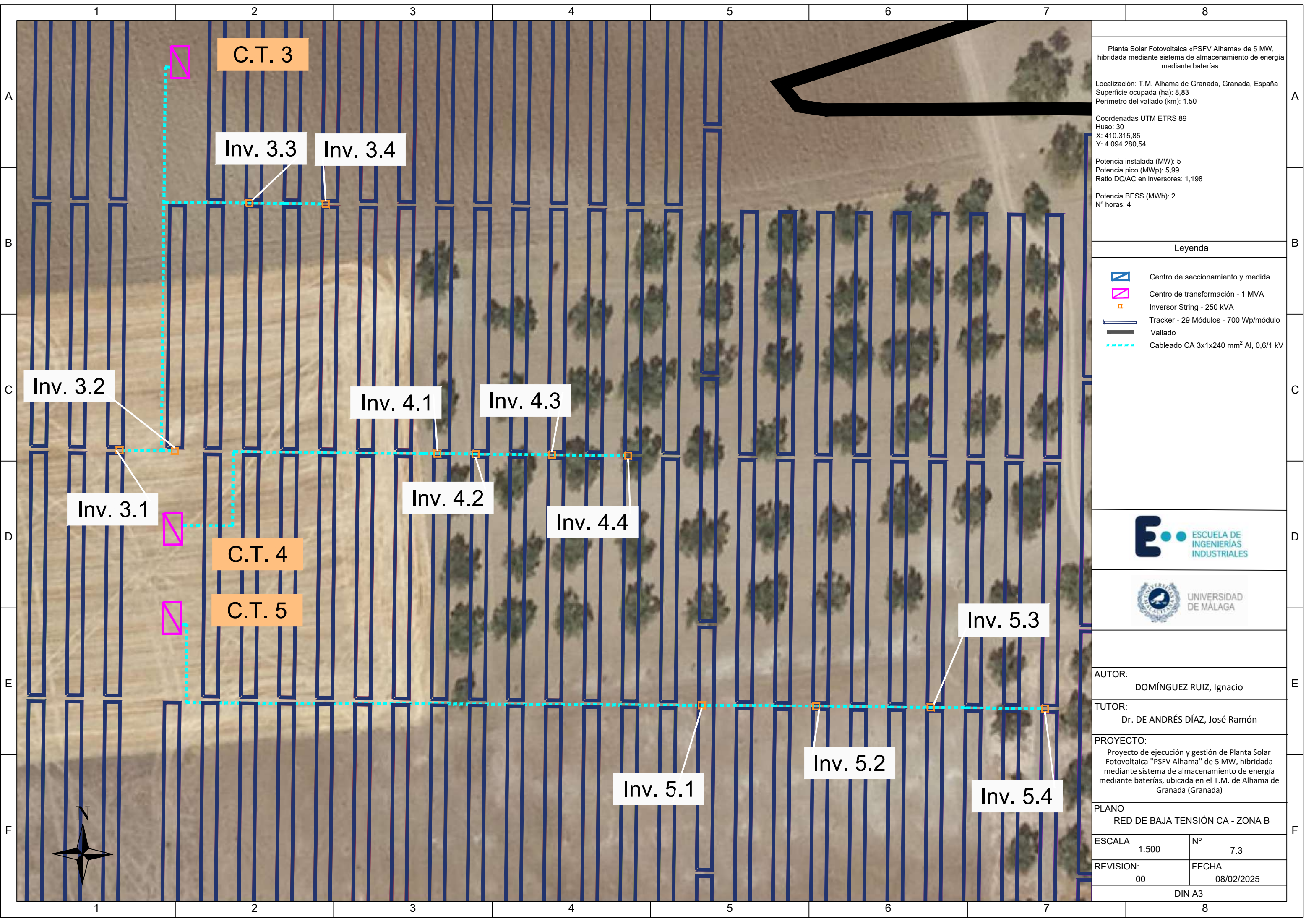


AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO RED DE BAJA TENSIÓN CA - ZONA A	
ESCALA 1:500	Nº 7.2
REVISION: 00	FECHA 08/02/2025
DIN A3	



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Vallado
	Cableado CA 3x1x240 mm² Al, 0,6/1 kV

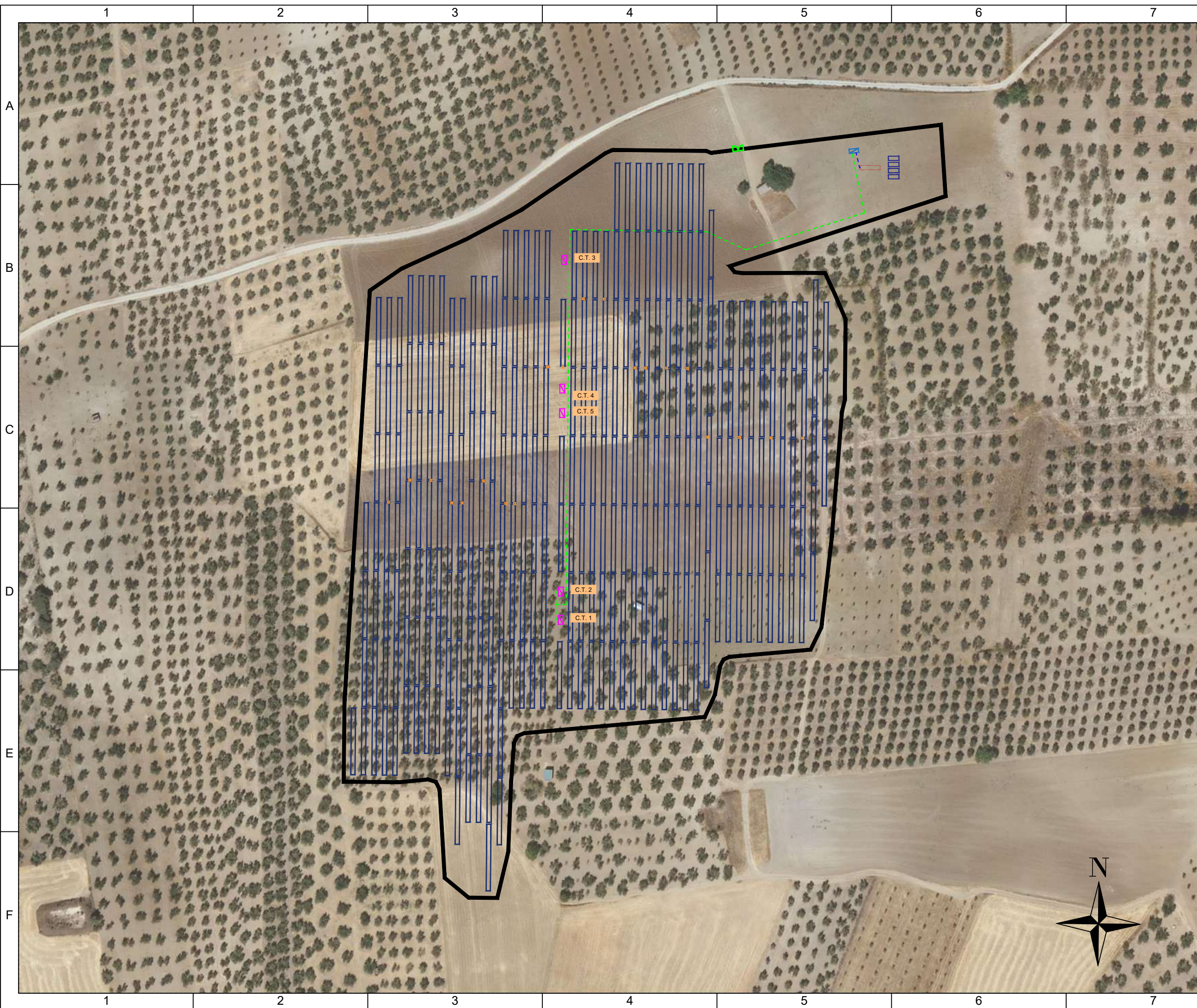


AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO RED DE BAJA TENSIÓN CA - ZONA B	
ESCALA 1:500	Nº 7.3
REVISION: 00	FECHA 08/02/2025
DIN A3	



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Vallado
	Cableado CA 3x1x150 mm² Al, 12/20 kV
	Cableado CA 3x1x95 mm² Al, 12/20 kV



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

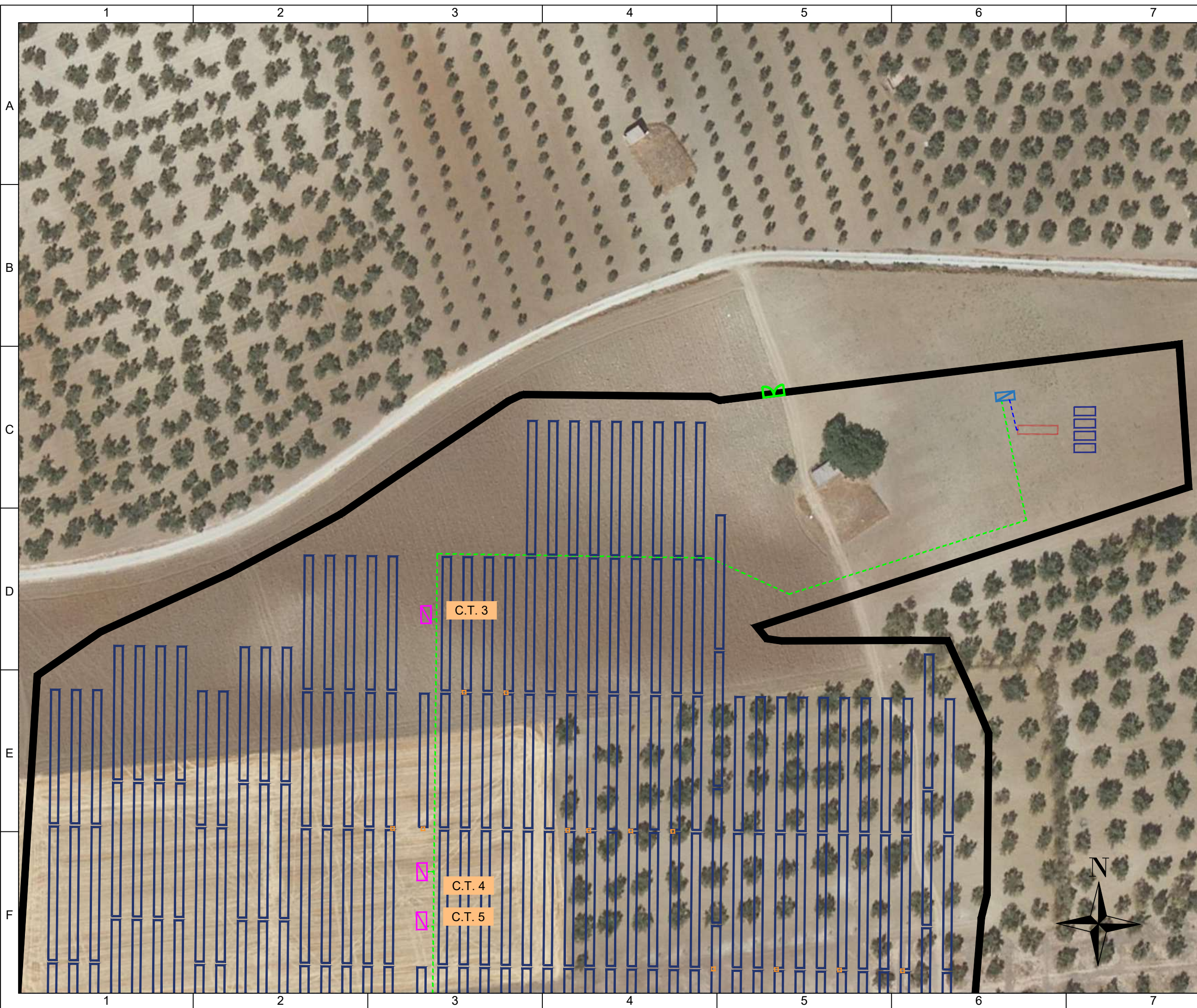
TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
RED DE MEDIA TENSIÓN

ESCALA	1:2000	Nº	8.1
REVISION:	00	FECHA	08/02/2025

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5.99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda

- Centro de transformación - 1 MVA
- Inversor String - 250 kVA
- Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
- Vallado
- Cableado CA 3x1x150 mm² AI, 12/20 kV
- Cableado CA 3x1x95 mm² AI, 12/20 kV



AUTOR:
 DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
 Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
 Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
 RED DE MEDIA TENSIÓN

ESCALA	1:1000	Nº	8.2
REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
DIN A3			





Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1,50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Vallado
	Cableado CA 3x1x150 mm² Al, 12/20 kV



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
RED DE MEDIA TENSIÓN

ESCALA	1:1000	Nº	8.3
--------	--------	----	-----

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3

Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.






Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
Superficie ocupada (ha): 8,83
Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
Huso: 30
X: 410.315,85
Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
Potencia pico (MWp): 5,99
Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
Nº horas: 4

Leyenda

-  Inversor de string
-  String de 29 módulos fotovoltaicos
-  Fusible
-  Cables AC
-  Cables CC



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

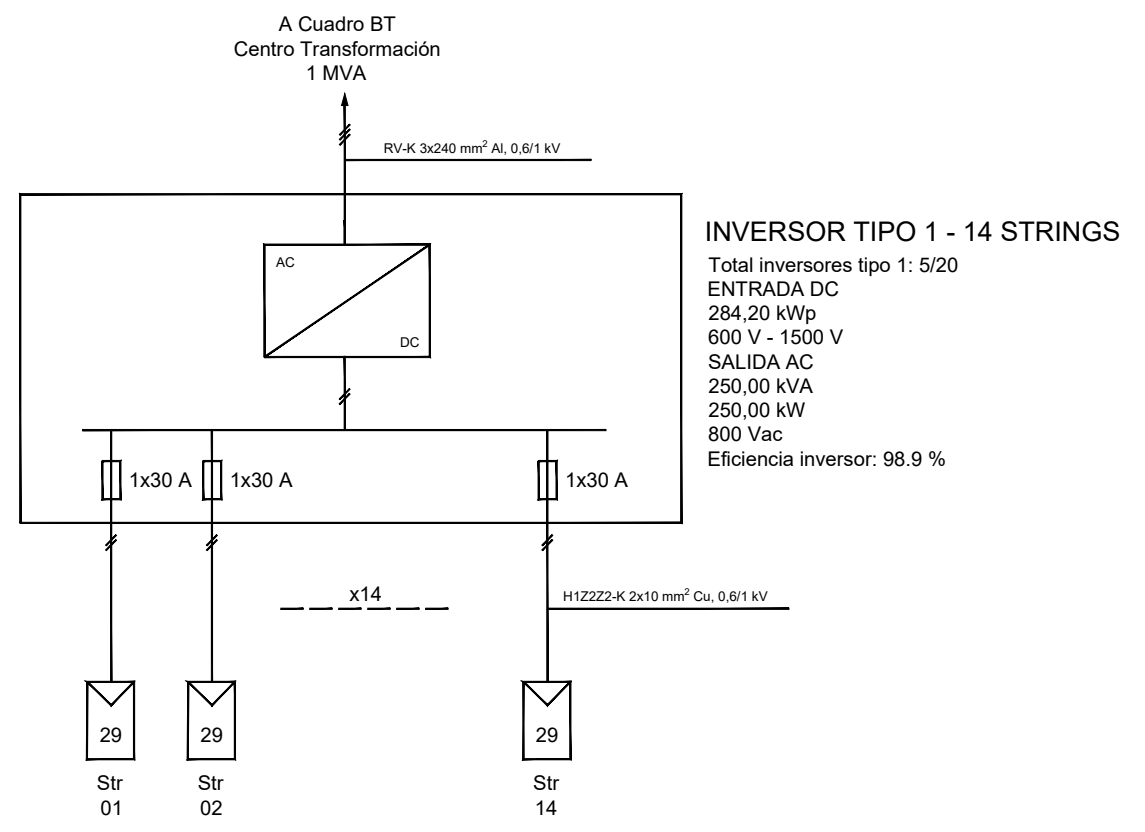
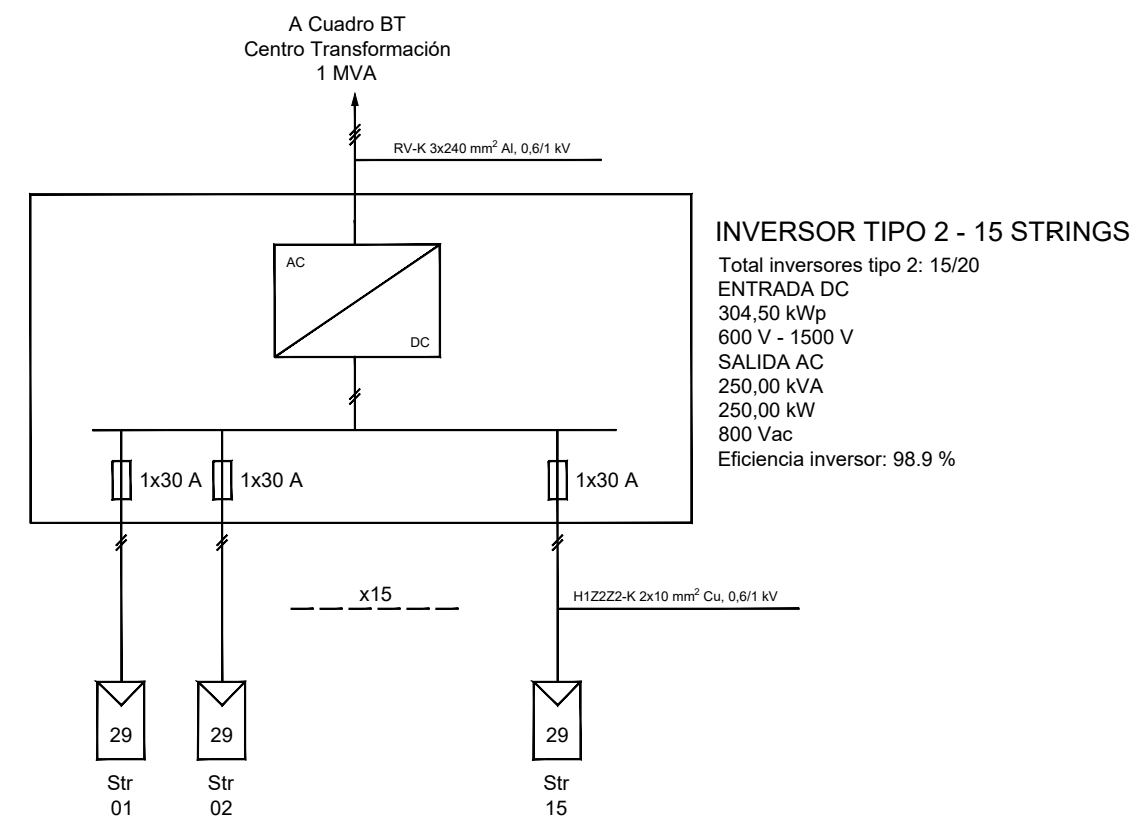
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

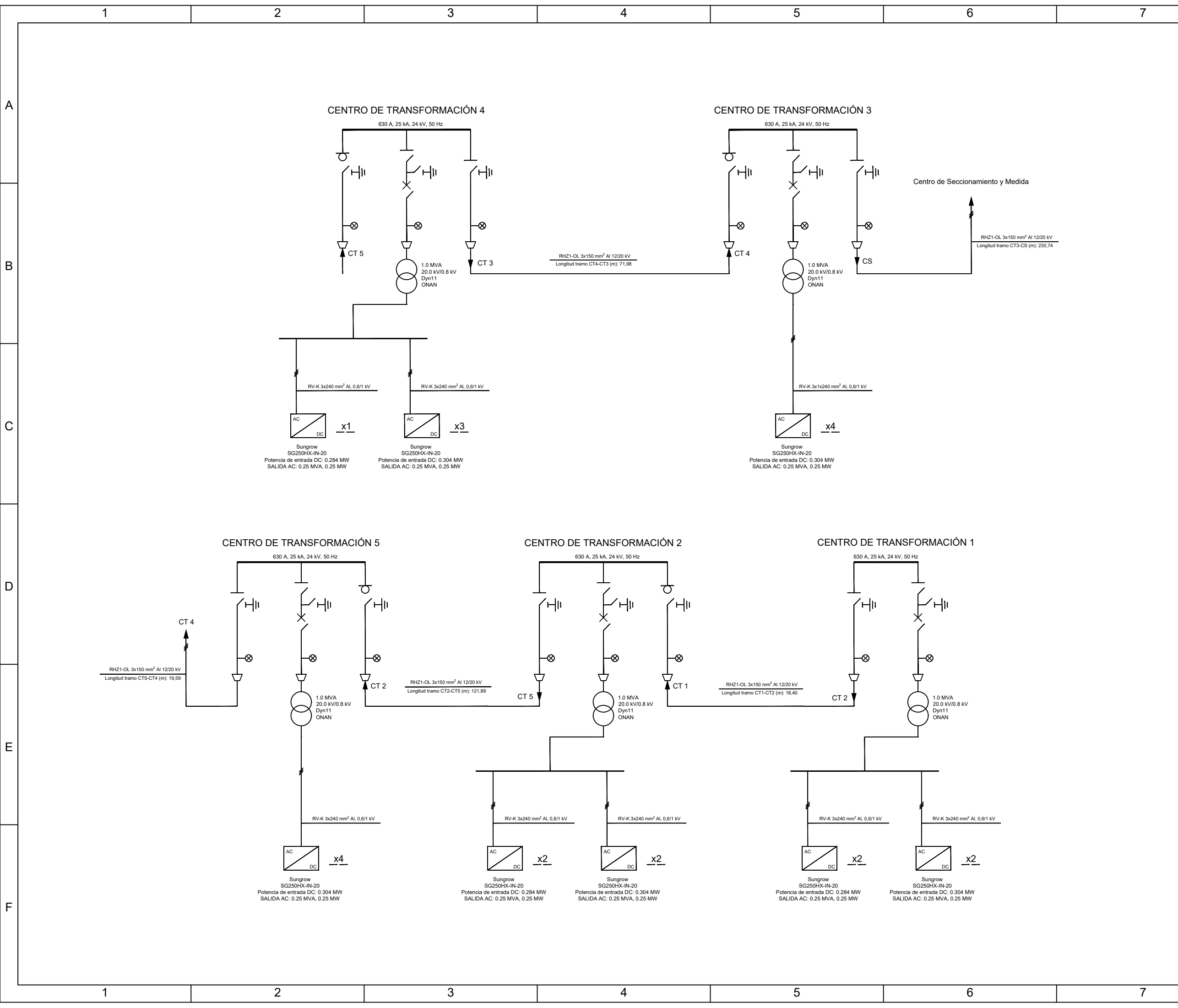
PLANO
ESQUEMA UNIFILAR - STRING - INVERSOR - PV

ESCALA	S/E	Nº	9
--------	-----	----	---

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3





Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1,50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda

	Inversor de string
	Cables AC
	Cables CC
	Celdas de entrada
	Detector de tensión
	Seccionador de puesta a tierra
	Seccionador bajo carga
	Interruptor en vacío
	Transformador



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
ESQUEMA UNIFILAR - INVERSOR - CTs - PV

ESCALA	S/E	Nº	10
REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
DIN A3			

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.


Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
Superficie ocupada (ha): 8,83
Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
Huso: 30
X: 410.315,85
Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
Potencia pico (MWp): 5,99
Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
Nº horas: 4

Leyenda

-  Inversor BESS
-  Cableado CC - LSHZ 2x400 mm² Al 1,5kV
-  Cableado AC - RHZ1-OL 3x95 mm² 12/20 kV
-  Cables AC
-  Cables CC
-  Transformador BT / MT
-  Contenedor de baterías
-  Power Station 6860 FSK - Ingecon



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
ESQUEMA UNIFILAR GENERAL - BESS

ESCALA	S/E	Nº	11
REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
DIN A3			

CONTAINER DE BATERÍAS
Modelo: LUNA-2000-2.0 MWH-1H1 (HUAWEI)
Voltaje DC (V): 1250 V
Capacidad nominal (kWh): 2032
Numero de battery racks: 6
Potencia nominal (kW / N.º Battery Racks): 339
Corriente carga/descarga (A / N.º Battery Racks): 271

Longitud tramo más desfavorable (m): 13,76

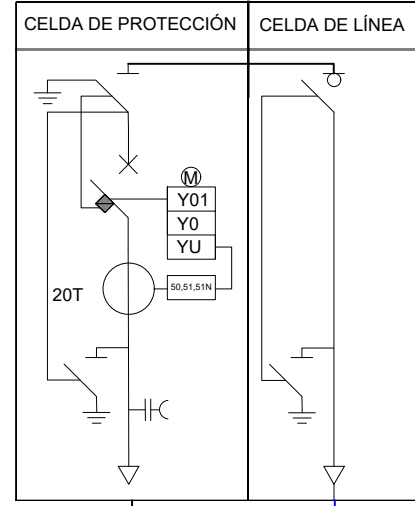
Longitud tramo más desfavorable (m): 10,55

Longitud tramo más desfavorable (m): 9,65

Longitud tramo más desfavorable (m): 14,91

INVERSOR BESS
Model: Power Dual B Series 1500 Vdc (INGECON)
- Input DC
Rango de tensión (V): 910 - 1300
N.º inputs: 6 - 10
- Output AC
Potencia @30 °C/ @ °50 (kVA): 3.274 / 2.946
Intensidad @30 °C/ @ °50 (A): 3000 / 2700
Tensión (V): 630

TRANSFORMADOR BT / MT
Tensión (kV): From 20 kV up to 35 kV (50-60 Hz)
Potencia máxima @30 °C (kVA): 6860
Grado de protección: IP 54



Hacia Centro de Seccionamiento y Medida

Longitud tramo (m): 11,91

1 2 3 4 5 6 7 8



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1,50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Vallado
	Red de Puesta a Tierra Cable desnudo 35 mm ² Cu
	Red de Puesta a Tierra Cable desnudo 50 mm ² Cu
	Power Station
	Battery Container 2 MWh
	Vallado
	Pica de Puesta a Tierra - C.T. y C.S.



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

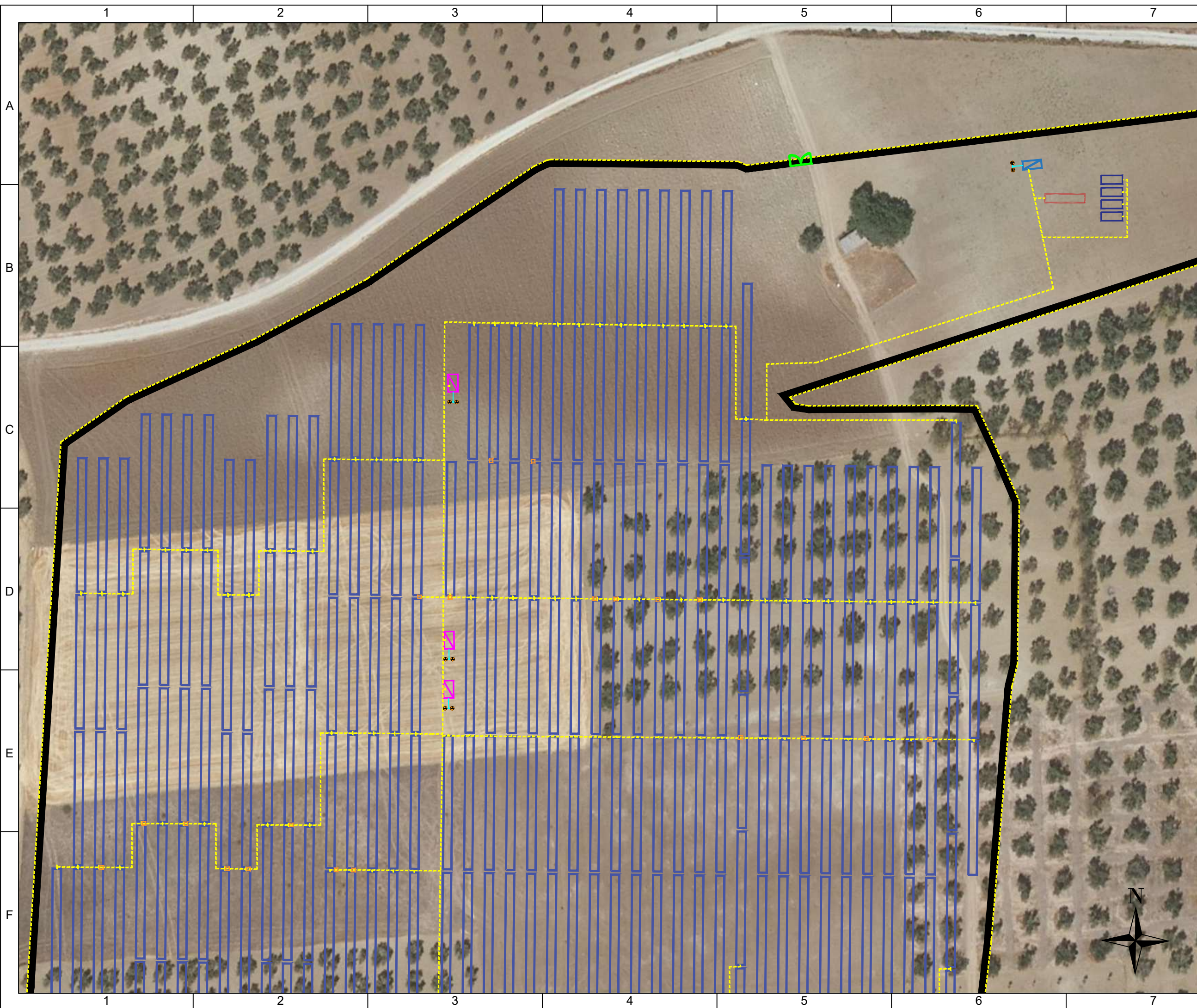
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
RED DE PUESTA A TIERRA

ESCALA	1:2000	Nº	12.1
--------	--------	----	------

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Vallado
	Red de Puesta a Tierra Cable desnudo 35 mm ² Cu
	Red de Puesta a Tierra Cable desnudo 50 mm ² Cu
	Power Station
	Battery Container 2 MWh
	Vallado
	Pica de Puesta a Tierra - C.T. y C.S.



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

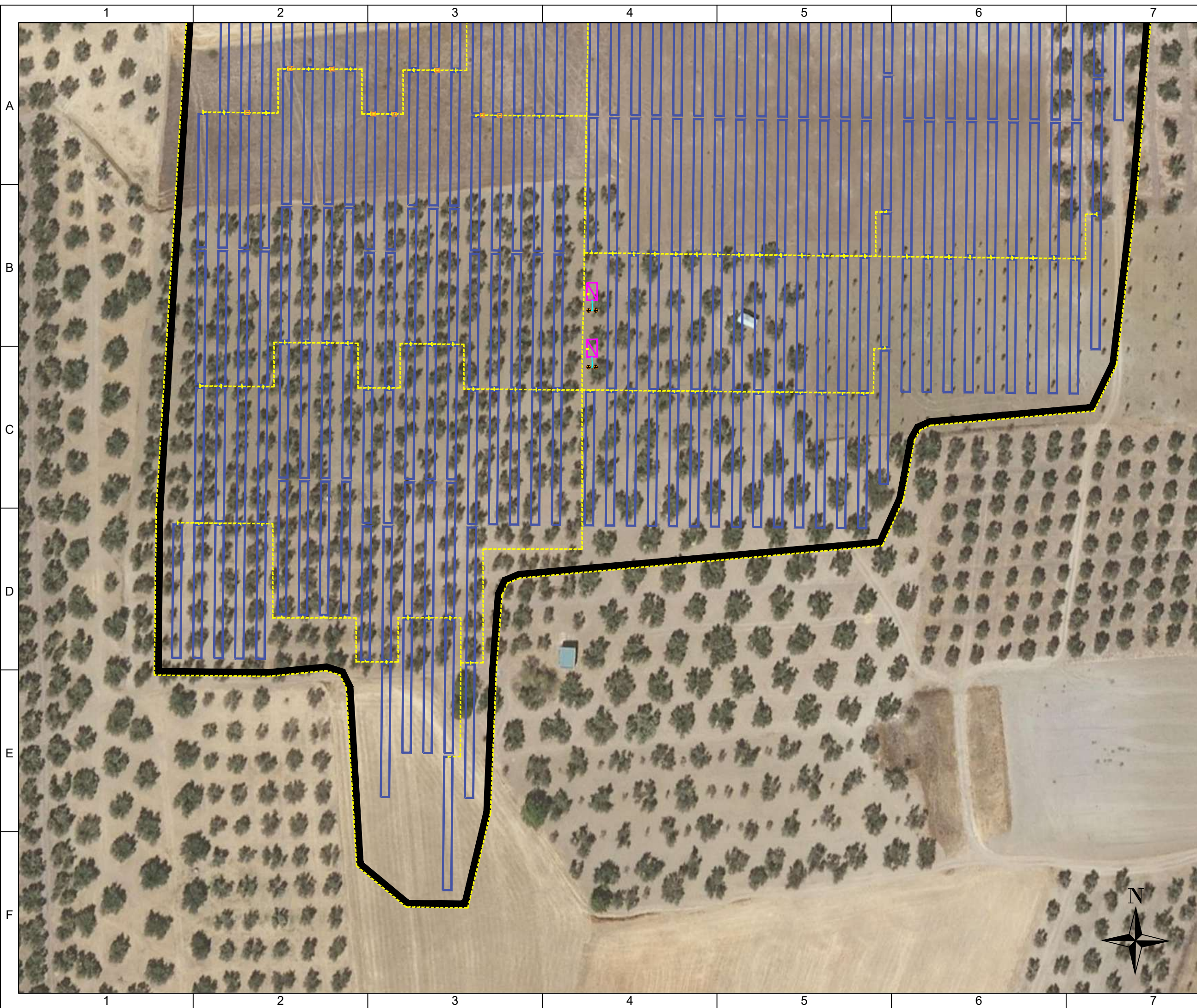
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
RED DE PUESTA A TIERRA

ESCALA	1:1000	Nº	12.2
--------	--------	----	------

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda	
	Centro de seccionamiento y medida
	Centro de transformación - 1 MVA
	Inversor String - 250 kVA
	Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
	Vallado
	Red de Puesta a Tierra Cable desnudo 35 mm ² Cu
	Red de Puesta a Tierra Cable desnudo 50 mm ² Cu
	Power Station
	Battery Container 2 MWh
	Vallado
	Pica de Puesta a Tierra - C.T. y C.S.



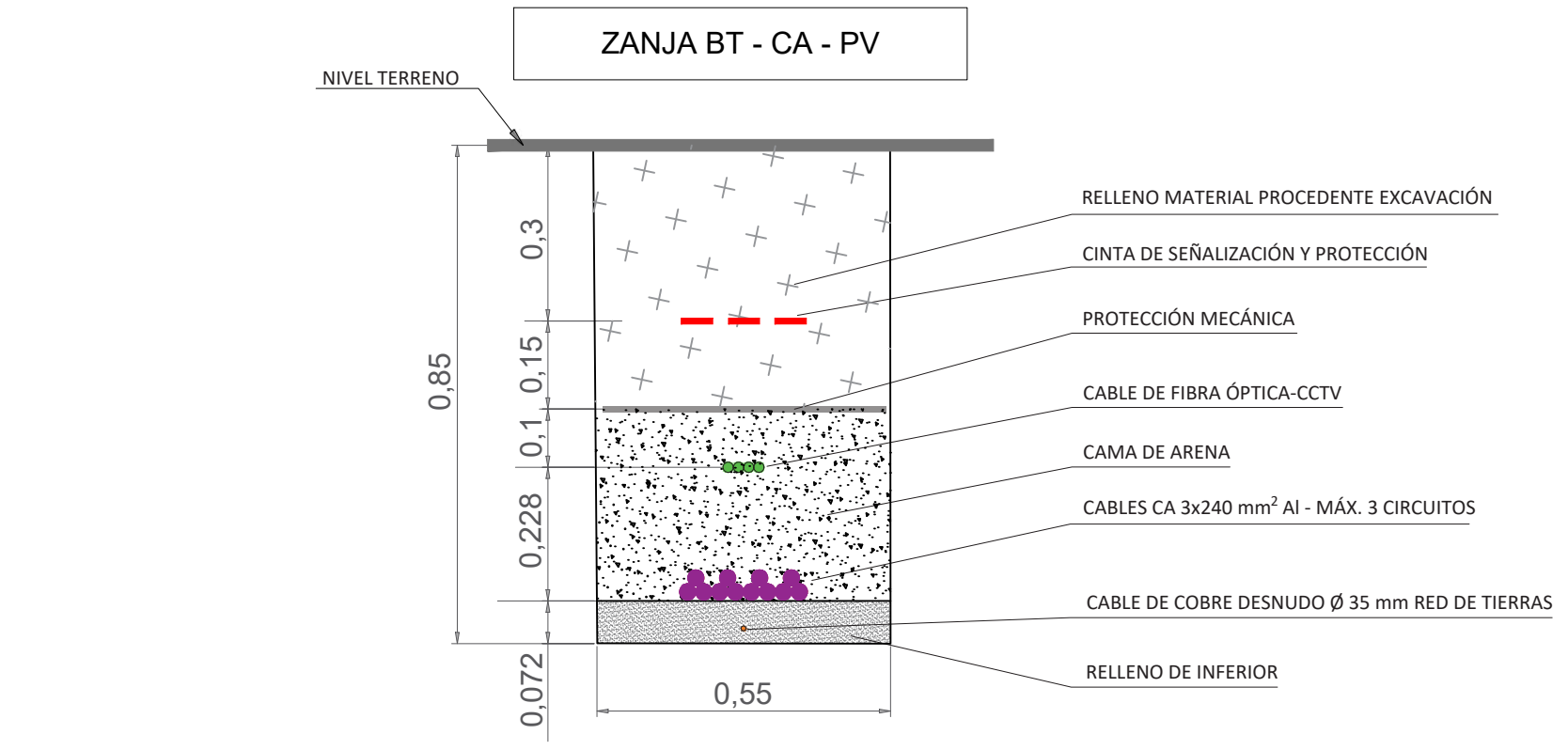
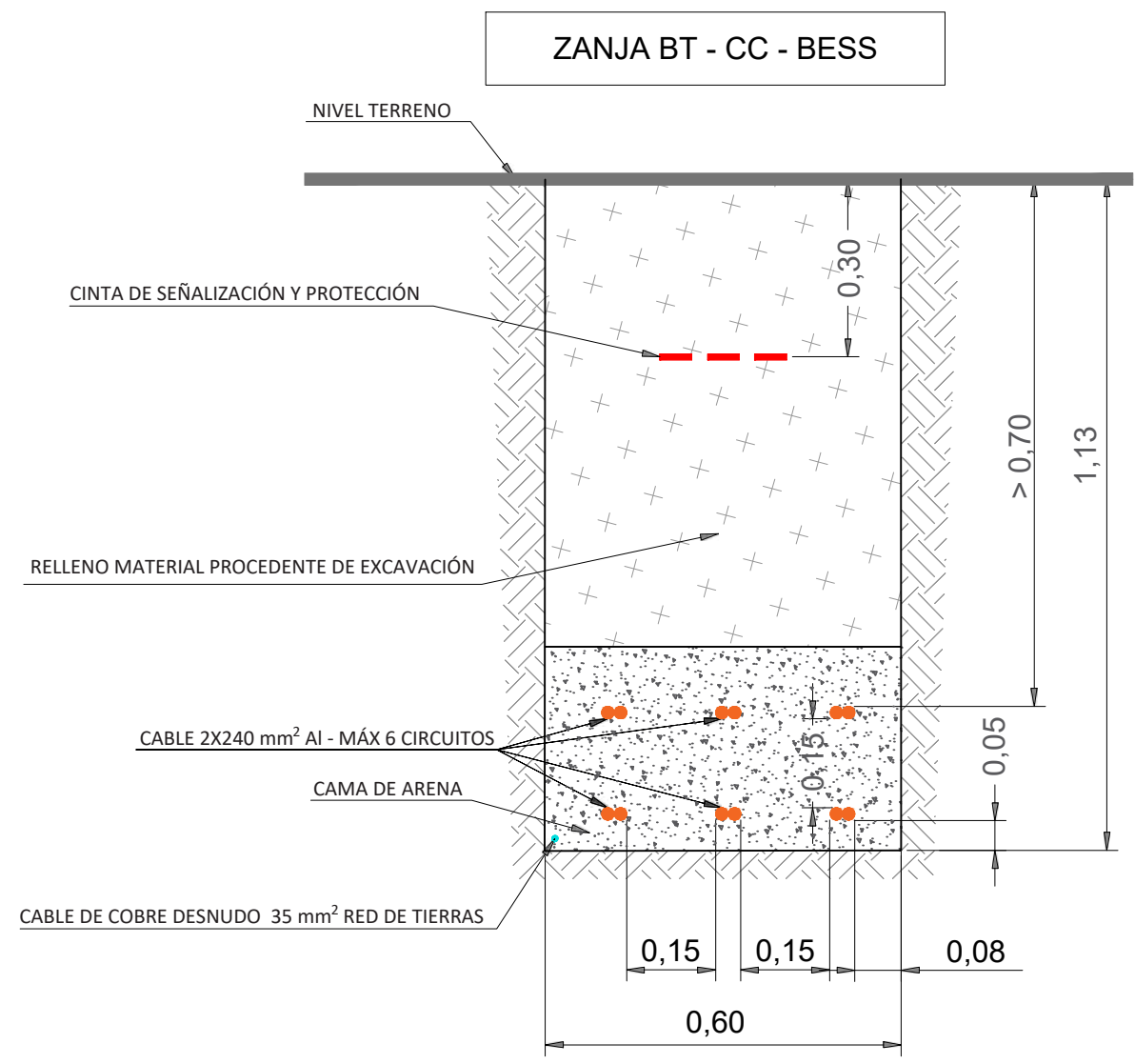
AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO RED DE PUESTA A TIERRA	
ESCALA 1:1000	Nº 12.3
REVISION: 00	FECHA 08/02/2025
DIN A3	





Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 8,83
 Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 5,99
 Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
 Nº horas: 4

Leyenda



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

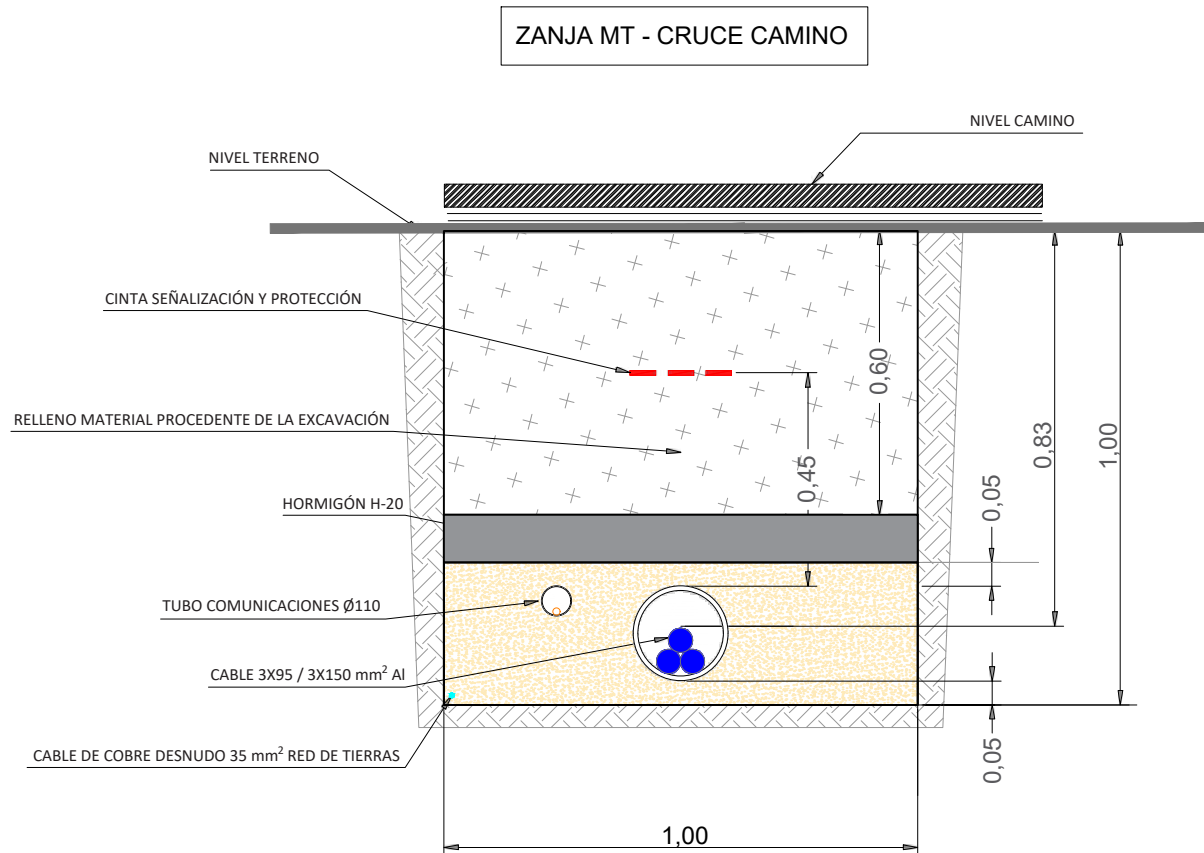
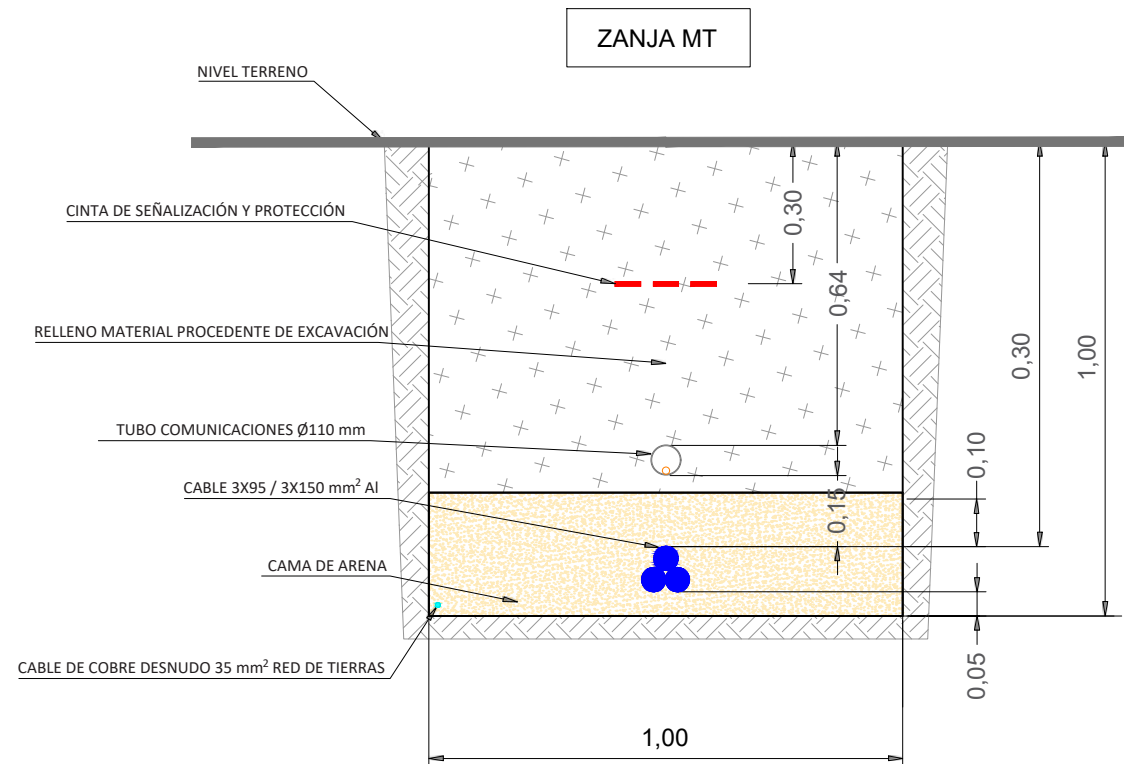
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
ZANJAS BAJA TENSIÓN

ESCALA	S/E	Nº	13
--------	-----	----	----

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
Superficie ocupada (ha): 8,83
Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
Huso: 30
X: 410.315,85
Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
Potencia pico (MWp): 5,99
Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
Nº horas: 4

Leyenda



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
ZANJAS MEDIA TENSIÓN

ESCALA	S/E	Nº	14
REVISION:	00	FECHA	08/02/2025

DIN A3

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

DOCUMENTO IV

PLIEGO DE

CONDICIONES

Málaga, septiembre de 2025

(Página en blanco)

Índice

1. Pliego de condiciones generales y económicas.....	1
1.1 Objeto del Documento.....	1
1.2 Documentación del Proyecto.....	1
1.3 Normativa aplicable.....	1
2. Definiciones y Competencias.....	3
2.1 Dirección Facultativa.....	3
2.2 Contratista.....	3
2.3 Propiedad o Promotor.....	7
2.4 Precios.....	8
2.5 Medición y Valoración.....	8
2. 6 Certificaciones.....	9
2.7 Recepción y Liquidación de las Obras.....	9
2.8 Obligaciones del Promotor o Propietario.....	10
2.9 Señalización de los Trabajos.....	11
2.10 Preservación del entorno y limpieza final.....	11
2.11 Gastos generales a cargo del Contratista.....	12
2.12 Contradicciones u Omisiones en el Proyecto.....	12
2.13 Materiales y Ensayos.....	13

3. Interpretación del Proyecto.....	13
4. Libro de Órdenes.....	13
5. Aspectos No Regulados	14
6. Licencias, Permisos y Autorizaciones.....	14
7. Documentación técnica previa al inicio de obras	14
8. Recepción Provisional de las Obras	15
9. Periodo de Garantía	15
10. Recepción Definitiva	15
11. Pliego de Condiciones Técnicas de la instalación.....	16
11.1 Objeto	16
11.2 Ámbito de Aplicación.....	17
11.3 Terminología y definiciones técnicas	20
11.4 Diseño de la Instalación	22
11.4.1 Generador Fotovoltaico	22
11.4.2 Sistema de Monitorización	23
11.4.3 Integración Arquitectónica	23
11.5 Componentes y materiales.....	24
11.5.1 Requisitos Generales	24

11.5.2 Generador Fotovoltaico	24
11.5.3 Estructura Soporte	25
11.5.4 Inversores	26
11.5.5 Contenedor de baterías	27
11.6 Cableado	28
11.7 Conexión a Red	28
11.8 Sistema de Medidas	28
11.9 Sistemas de Protección	28
11.10 Puesta a Tierra	29
11.11 Compatibilidad Electromagnética y Armónicos.....	29
11.12 Recepción de la Instalación y Pruebas de Puesta en Marcha	29
11.13 Cálculo de la Producción Anual Estimada	30
11.14 Mantenimiento de la Instalación.....	31
11.14.1 Generalidades	31
11.14.2 Tipos de Mantenimiento.....	31
11.15 Garantías	32
11.15.1 Cobertura General.....	32
11.15.2 Plazos de Garantía	32
12. Pliego de Condiciones Generales de la Instalación	32

12.1 Calidad de los Materiales	32
12.1.1 Obra Civil	33
12.1.2 Transformadores	33
12.2 Normas de Ejecución de las Instalaciones.....	33
12.3 Pruebas Reglamentarias.....	33
12.4 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	34
12.4.1 Prevenciones Generales.....	34
12.4.2 Puesta en Servicio.....	34
12.4.3 Separación en Servicio	35
12.4.4 Prevenciones Especiales	35
12.5 Certificados y Documentación	35
12.6 Libro de órdenes	36

1. Pliego de condiciones generales y económicas

1.1 Objeto del Documento

El presente documento tiene como finalidad establecer las condiciones aplicables a todos los trabajos necesarios para la ejecución del proyecto, abarcando los distintos oficios implicados, los materiales requeridos y los medios auxiliares que se emplearán. Asimismo, se definen las normativas legales vigentes que regulan los procedimientos y a las personas que participan en la obra. Se determinan también los criterios y métodos que permitirán valorar y estimar los trabajos ejecutados.

1.2 Documentación del Proyecto

Este pliego, junto con la Memoria, las Mediciones, el Presupuesto y los Planos, constituye la documentación base para llevar a cabo la ejecución de las obras.

Como documentación adicional, se incluye el Libro de Órdenes y Asistencias, herramienta mediante la cual la Dirección Técnica podrá emitir instrucciones que considere necesarias para el correcto desarrollo de los trabajos. Además, se considerarán complementarios todos aquellos planos y documentos que la Dirección Técnica incorpore durante la evolución de la obra.

1.3 Normativa aplicable

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3 (Artículos Vigentes a 1 de febrero de 2017).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Norma de construcción sismorresistente (Parte general y edificación) NCSE-02. Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre (Actualizada a la NCSE-02: 2015).

- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se establece la Instrucción de hormigón estructural EHE.
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- Normas UNE-EN 10025-2:2020 “Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados”.
- Normas UNE-EN 28898 “Características mecánicas de los elementos de fijación”.
- Normas UNE 37507 – UNE-EN ISO 1461, sobre recubrimientos galvanizados.

En cumplimiento de estas disposiciones, se ha comprobado igualmente que todas las piezas y elementos que integran la instalación son, aislada y conjuntamente, resistentes al vuelco, al hundimiento y al pandeo.

- Norma ASCE-SEI 10-15 “Design of latticed steel transmission structures”.
- Ordenanza del trabajo para las industrias de la construcción, vidrio y cerámica. Orden de 28 de agosto de 1970, del Ministerio de Trabajo. B.O.E. a 9 de septiembre de 1970. Corrección de errores 17 de octubre de 1970.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y sus instrucciones complementarias.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, e Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-RAT 01 a 23).
- Normas particulares de la Compañía Eléctrica Distribuidora.
- Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía eléctrica. RD 1725/1984, de 18 de julio.

2. Definiciones y Competencias

A efectos de este pliego de condiciones y del resto de documentos que conforman el proyecto, se establecen las siguientes definiciones, detallando las principales funciones y responsabilidades asignadas a cada uno de los agentes implicados.

2.1 Dirección Facultativa

La Dirección Facultativa será la encargada de interpretar técnica y económicamente el proyecto, además de supervisar y coordinar la correcta ejecución de los trabajos, ya sea directamente o a través de representantes autorizados. Tendrá la potestad de apartar al Contratista si considera que esta medida es necesaria para el correcto desarrollo de la obra.

Será también responsabilidad de la Dirección entregar en los plazos establecidos todos los documentos que componen el proyecto, así como desarrollar y proporcionar, cuando sea necesario, soluciones constructivas específicas o detalles técnicos durante el transcurso de la ejecución.

2.2 Contratista

Se entiende por Contratista cualquier persona física o jurídica, pública o privada, que asuma la ejecución material total o parcial de la obra por encargo del promotor, conforme a la normativa vigente.

Podrán ser contratistas todos aquellos que cuenten con plena capacidad legal para contratar, a excepción de quienes:

- Estén procesados judicialmente.
- Se encuentren en situación de insolvencia, suspensión de pagos o intervención judicial de bienes.
- Mantengan deudas con la Hacienda pública o la Seguridad Social.

El Contratista deberá asumir todas las actuaciones necesarias para el correcto desarrollo y finalización de los trabajos, incluso aquellas no especificadas expresamente en la documentación del proyecto pero que resulten inherentes a su ejecución.

Asimismo, estará obligado a cumplir la totalidad de normativas aplicables: ordenanzas locales, legislación laboral, normativa de seguridad y salud, seguros de accidentes, responsabilidad civil, normativa medioambiental, entre otras disposiciones en vigor o que se adopten durante el desarrollo de la obra.

El Contratista deberá acudir a la obra siempre que sea requerido por la Dirección Facultativa.

Cualquier accidente derivado del incumplimiento normativo será responsabilidad exclusiva del Contratista, eximiéndose de toda responsabilidad a la Dirección de obra.

El personal a su cargo deberá demostrar competencia profesional y comportamiento adecuado, y podrá ser sustituido si la Dirección así lo requiere por no cumplir con los mínimos exigibles.

Previo al inicio de los trabajos, el Contratista deberá presentar un cronograma de ejecución ajustado al plazo contractual, que será aprobado por el promotor y la Dirección Facultativa. Este calendario podrá ser modificado si las circunstancias lo requieren, siempre bajo justificación técnica.

En el caso de ejecución directa por parte del promotor, este asumirá todas las obligaciones que en este pliego se asignan al Contratista.

No se considerarán contratistas los subcontratistas o colaboradores eventuales. En estos casos, la responsabilidad recae exclusivamente en el Contratista principal, incluyendo cualquier defecto o incumplimiento que pudiera derivarse de dichas colaboraciones.

El Contratista deberá estar debidamente informado de toda la normativa vigente y será el único responsable de su cumplimiento.

La ejecución deberá ajustarse al proyecto aprobado y a todas las instrucciones, planos y prescripciones complementarias que se emitan durante el transcurso de la obra por parte de la Dirección Técnica.

El Contratista designará un representante o encargado en obra, quien actuará como interlocutor ante la Dirección Técnica y será responsable de recibir las órdenes reflejadas en el Libro de Órdenes.

Será responsable ante la ley de cualquier accidente o daño causado por negligencia, errores técnicos o incumplimiento normativo durante la ejecución de los trabajos. Igualmente, responderá por cualquier maniobra incorrecta que afecte el desarrollo del proyecto, sin derecho a indemnización.

El contrato se formalizará por escrito, ya sea mediante documento público o privado, y deberá contar con el visto bueno de la Dirección de obra. Antes de la firma, el Contratista deberá aceptar expresamente este pliego de condiciones.

El Promotor podrá solicitar referencias o avales que respalden la capacidad técnica y financiera del Contratista.

Como garantía del cumplimiento contractual, se podrá establecer una retención económica proporcional a los pagos, salvo que se acuerde otro sistema en el contrato.

Ambas partes se someten a la jurisdicción de los tribunales de la localidad en la que se ubique la obra, renunciando expresamente a cualquier otro fuero que pudiera corresponderles.

En caso de que el Contratista se niegue a realizar trabajos necesarios, el promotor podrá utilizar la fianza para encargarlos a terceros. Si esta garantía no cubre los gastos ocasionados, se podrán emprender las acciones legales pertinentes.

A continuación, se indican las causas de resolución del contrato por parte del Promotor:

- Fallecimiento o insolvencia del Contratista.
- Incumplimiento de las condiciones contractuales o del presente pliego.
- Modificaciones sustanciales del proyecto, a criterio de la Dirección de obra.
- Retrasos injustificados en el inicio o en la ejecución de los trabajos.
- Abandono de la obra sin causa justificada.
- Morosidad o mala praxis en la ejecución.
- Desobediencia a las instrucciones de la Dirección.
- Finalización del plazo contractual sin haber concluido la obra.
- Retrasos significativos sin justificación respecto al cronograma presentado.

En todos estos casos, la resolución implicará la pérdida de la fianza, sin derecho a reclamaciones, exceptuando el abono por los trabajos efectivamente ejecutados y los materiales útiles acopiados en obra, valorados por la Dirección.

La Dirección de obra será quien determine la procedencia de la rescisión en caso de conflicto.

Por otro lado, se indican las causas que permiten al Contratista rescindir el contrato:

- Si las modificaciones del proyecto suponen una variación superior al 20% del valor original.
- Si la obra permanece paralizada por causas ajenas al Contratista durante más de un año, trabajando a menos del 50% del ritmo previsto.
- Si se produce un retraso superior a seis meses en el pago de alguna certificación.



En estos supuestos, el Contratista tendrá derecho al reembolso de los gastos justificados y no recuperables, valorados de mutuo acuerdo, si superan el 30% del valor pendiente de ejecución.

El Promotor podrá autorizar el traspaso del contrato a otro Contratista, siempre que se cumplan las condiciones establecidas en este pliego. En caso de fallecimiento o insolvencia del Contratista original, la cesión podrá realizarse con la aprobación previa del Promotor, ya sea por parte de herederos o administradores concursales.

2.3 Propiedad o Promotor

Se entiende por Promotor o Propiedad la persona física o jurídica, ya sea de carácter público o privado, que promueve legalmente la ejecución de una obra arquitectónica o de urbanismo.

Este podrá solicitar a la Dirección Técnica la adopción de soluciones o propuestas técnicas que favorezcan el desarrollo correcto del proyecto, siempre dentro de los límites normativos establecidos.

Conforme al Código Civil, el Promotor tendrá la facultad de desistir de la ejecución de la obra en cualquier momento, aunque deberá hacerse cargo de las indemnizaciones que puedan derivarse de dicho desistimiento.

Igualmente, le corresponde garantizar el suministro de los recursos económicos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, cumpliendo con los pagos conforme a las certificaciones de obra y de acuerdo con lo estipulado en el contrato.

Está también obligado a proporcionar al director de Obra una copia del contrato para que pueda certificar de acuerdo a lo pactado. En caso de no recibir dicho documento, la Dirección Técnica procederá a certificar conforme a su propio criterio, sin que se vea condicionada por los acuerdos particulares entre Propiedad y Contratista.

2.4 Precios

Se considera que el presupuesto presentado por el Contratista cubre la totalidad de la obra completamente finalizada. Esto incluye tanto los trabajos auxiliares necesarios (como el desbroce, vallado, limpieza del terreno, etc.) como cualquier carga indirecta asociada, así como las herramientas, equipos y materiales requeridos para su ejecución completa.

Cuando se presenten unidades de obra, materiales o tareas que no estén contempladas en el presupuesto, su precio se fijará de forma consensuada entre la Dirección de obra y el Contratista, mediante acta firmada por ambas partes.

Si no se alcanza un acuerdo, la Dirección podrá encargar directamente su ejecución según considere oportuno. En caso de que los trabajos ya se hubieran ejecutado sin acuerdo previo, el Contratista deberá aceptar el precio determinado por el director de Obra.

El Contratista no podrá solicitar cambios en los precios ya aprobados, salvo en el caso de modificaciones oficiales debidamente acreditadas.

2.5 Medición y Valoración

Todas las operaciones necesarias para el replanteo, así como los medios auxiliares asociados, correrán por cuenta del Contratista, sin posibilidad de reclamación adicional por este concepto.

Las mediciones se realizarán utilizando la unidad de medida más adecuada según el criterio técnico del director de obra, y se valorarán multiplicando el resultado por los precios unitarios establecidos.

Dichos precios incluirán no solo los materiales y la mano de obra, sino también todos los recursos complementarios necesarios para su correcta ejecución.

Si fuera necesario valorar unidades de obra no concluidas por rescisión u otras causas, se emplearán los precios aceptados en el presupuesto original, sin posibilidad de fraccionar las partidas de forma diferente a la reflejada en los cuadros de precios.

Cualquier incremento en las mediciones respecto a lo recogido en planos o documentos aprobados no se abonará, a menos que cuente con la autorización expresa del director de obra. Por otro lado, no se admitirán reducciones injustificadas entre lo ejecutado y lo proyectado.

2.6 Certificaciones

El pago de los trabajos se realizará mediante certificaciones, las cuales deben contar con la aprobación del director de obra. Estas certificaciones se basarán en la medición real de los trabajos ejecutados y seguirán las condiciones establecidas en el proyecto, aplicando los precios unitarios acordados contractualmente.

A cada certificación se le aplicará la deducción correspondiente según el porcentaje previsto para la constitución de la garantía o fianza.

Las certificaciones tienen carácter provisional y no suponen, por sí solas, la aceptación definitiva de las obras allí reflejadas. La validación final quedará sujeta a la recepción definitiva.

2.7 Recepción y Liquidación de las Obras

El plazo de entrega de la obra comprende la finalización total de los trabajos, la limpieza integral del área de intervención (incluyendo retirada de residuos, desmontaje de vallados, etc.) y la correspondiente recepción por parte del director.

Antes de formalizar la recepción provisional, se llevará a cabo una inspección detallada con presencia del Promotor, la Dirección de Obra y el Contratista. De esta reunión se levantará un acta por triplicado firmada por todas las partes:

- Si la obra cumple las condiciones requeridas, se considerará provisionalmente recibida, iniciándose el periodo de garantía.
- En caso contrario, se identificarán los defectos a subsanar y se establecerá un plazo para su corrección. Si transcurrido dicho plazo el Contratista no ha ejecutado

las correcciones, el contrato podrá resolverse, implicando la pérdida de la fianza, salvo que el Promotor decida conceder una nueva y última prórroga.

El periodo mínimo de garantía será de un año desde la fecha de recepción provisional, y durante este tiempo el Contratista será responsable de la conservación de la obra, así como de la reparación de cualquier defecto derivado de mala ejecución, asentamientos o fallos en instalaciones.

Si durante este plazo se requieren trabajos de reparación, su valoración se hará del siguiente modo:

- Si los trabajos estaban contemplados en el proyecto original y no se ejecutaron adecuadamente, se valorarán conforme al presupuesto.
- Si se trata de daños por uso indebido del propietario, serán abonados al Contratista al precio de mercado, previa aprobación.
- Si los desperfectos derivan de fallos constructivos o materiales defectuosos, su reparación será a cargo del Contratista, sin compensación económica.

Una vez finalizado el periodo de garantía y si la obra se encuentra en correcto estado de uso y conservación, se procederá a la recepción definitiva, cesando a partir de entonces las obligaciones del Contratista en relación a los trabajos ejecutados.

Posteriormente, se realizará la liquidación definitiva, que incluirá el saldo restante de la fianza, ajustado según el resultado de la liquidación. La devolución se efectuará dentro del mes siguiente a la aprobación de esta liquidación final.

2.8 Obligaciones del Promotor o Propietario

El Promotor asumirá todas las responsabilidades que le corresponden en calidad de titular de la obra, incluyendo la gestión y los gastos derivados de trámites administrativos, autorizaciones y cualquier otro aspecto relacionado con la ejecución del proyecto.

No le está permitido impartir instrucciones directamente al Contratista ni a su equipo. Cualquier comunicación o directriz deberá canalizarse siempre a través de la Dirección Facultativa.

2.9 Señalización de los Trabajos

Durante la ejecución de las obras, el Contratista será responsable de instalar, mantener y costear toda la señalización, balizamiento, elementos de iluminación y protecciones necesarios para garantizar la seguridad del entorno, tanto de día como de noche.

Estas medidas deberán cumplir la normativa de seguridad vigente y contar, en su caso, con las autorizaciones pertinentes de los organismos competentes.

Además de su funcionalidad, estos elementos deberán presentar un estado adecuado, tanto en aspecto como en limpieza, de forma que proyecten una imagen correcta y cuidada del entorno de trabajo.

2.10 Preservación del entorno y limpieza final

El Contratista deberá minimizar el impacto visual y ambiental que puedan producir las instalaciones y actividades necesarias para el desarrollo del proyecto sobre el paisaje de la zona afectada.

Deberá prestarse especial atención a la ubicación y el aspecto de construcciones auxiliares, acopios, depósitos o cualquier otro elemento instalado temporalmente, los cuales deberán contar con la autorización previa del director de Obra.

Una vez finalizados los trabajos, el Contratista procederá al desmontaje y retirada de todas las instalaciones provisionales, restituyendo las zonas ocupadas a su estado original.

La totalidad del área de intervención deberá quedar limpia y en condiciones estéticas acordes al entorno natural o urbano. Estos trabajos están comprendidos dentro del contrato y no generarán pagos adicionales.

2.11 Gastos generales a cargo del Contratista

Quedan a cargo del Contratista todos los gastos relacionados con:

- El replanteo inicial de la obra y sus comprobaciones posteriores.
- La ejecución, desmontaje y retirada de instalaciones auxiliares.
- El arrendamiento o adquisición de terrenos para maquinaria o almacenamiento de materiales.
- La protección del material acopiado y de la propia obra frente a posibles deterioros.
- La recogida, evacuación y eliminación de residuos y escombros.
- Las tareas de limpieza general de la obra.
- La eliminación de materiales rechazados y la subsanación de deficiencias detectadas en ensayos o pruebas.

En caso de resolución del contrato, independientemente de la causa, el Contratista deberá disponer de los medios humanos y materiales necesarios para la correcta liquidación de la obra, incluyendo el coste de las actas notariales si fueran requeridas.

Asimismo, tendrá la obligación de colaborar con la Dirección en cualquier operación de replanteo, parcial o general, y en el proceso de liquidación final.

2.12 Contradicciones u Omisiones en el Proyecto

Cualquier información contenida en el Pliego de Condiciones que no figure en los planos, o viceversa, deberá ejecutarse como si se encontrase incluida en ambos documentos. En caso de discrepancia entre ellos, se deberá consultar a la Dirección Facultativa para su resolución.

Si existieran omisiones o errores en la documentación que impidieran comprender o ejecutar correctamente los detalles necesarios para la finalización de la obra —y estos detalles fueran habituales por experiencia o práctica profesional— el Contratista estará

obligado a ejecutarlos igualmente, como si hubieran sido especificados explícitamente, manteniéndose fiel al criterio general del proyecto.

2.13 Materiales y Ensayos

Todos los materiales empleados en la obra deberán cumplir con los estándares de calidad establecidos en este Pliego de Condiciones, procediendo de proveedores o fabricantes de reconocida solvencia.

Los ensayos y pruebas, tanto de materiales como de las unidades ejecutadas, deberán ajustarse a las especificaciones recogidas en este documento y, en su caso, a las normas técnicas aplicables vigentes.

3. Interpretación del Proyecto

La interpretación técnica del proyecto corresponde de forma exclusiva a la Dirección Facultativa, quien podrá emitir instrucciones complementarias para el adecuado desarrollo de este. Asimismo, podrá ordenar modificaciones previas al inicio de los trabajos, siempre que estas no alteren la estructura fundamental del proyecto, respeten los límites técnicos y se consideren oportunas ante imprevistos durante la ejecución o con el fin de introducir mejoras razonables.

La Dirección también estará facultada para exigir la repetición, total o parcial, de cualquier unidad de obra que, a su juicio, esté mal ejecutada o no se ajuste a lo establecido en el proyecto.

4. Libro de Órdenes

El Contratista deberá disponer en obra del Libro de Órdenes y Asistencia, en el que la Dirección Técnica podrá anotar todas las instrucciones, indicaciones y observaciones relevantes.

Una vez firmada su recepción, el Contratista estará obligado a cumplir con lo dispuesto, salvo que presente objeción formal y por escrito en un plazo máximo de 48 horas, dirigida al director técnico.

5. Aspectos No Regulados

Cualquier aspecto no contemplado expresamente en este Pliego se resolverá conforme a lo establecido en el Pliego General de Condiciones de la Edificación o a la normativa técnica y legal vigente aplicable en cada caso.

6. Licencias, Permisos y Autorizaciones

Será responsabilidad del Contratista gestionar y obtener todas las licencias, permisos, informes técnicos y autorizaciones requeridas para la ejecución de la obra y su posterior legalización ante la administración competente, incluyendo la Delegación de Industria y las compañías suministradoras correspondientes.

7. Documentación técnica previa al inicio de obras

Antes de comenzar los trabajos, y tras la adjudicación definitiva del contrato, el Contratista deberá entregar a la Dirección Técnica la documentación relativa a los materiales a emplear: catálogos, fichas técnicas, certificados de calidad y homologación, muestras, etc.

Ningún material podrá ser utilizado hasta contar con la aprobación explícita de la Dirección de Obra.

Este control previo no implica aceptación definitiva. Por tanto, la Dirección podrá rechazar, incluso tras su instalación, cualquier material que no cumpla con los requisitos del presente Pliego, debiendo el Contratista proceder a su sustitución inmediata por materiales que sí se ajusten a las especificaciones técnicas.

Todos los materiales desechados deberán ser retirados de forma inmediata por el Contratista. En caso de no hacerlo, la Dirección podrá encargar su retirada por otros medios, cargando los costes correspondientes al Contratista.

Todo material deberá estar en buen estado y listo para su utilización. Se eliminarán aquellos elementos que presenten daños, deterioro o defectos.

8. Recepción Provisional de las Obras

Una vez concluidas las obras, se efectuará una inspección conjunta entre la Propiedad, el Contratista y la Dirección Técnica. Si el resultado es conforme con lo exigido en el proyecto y el Pliego de Condiciones, se firmará un Acta de Recepción Provisional.

A partir de esta fecha comenzará a contar el periodo de garantía.

En caso de detectarse defectos, la Dirección Técnica podrá fijar un plazo para su subsanación, tras el cual se realizará una nueva revisión. Sin perjuicio de ello, el Contratista podrá iniciar las acciones legales pertinentes en defensa de sus intereses conforme a lo establecido en el contrato.

9. Periodo de Garantía

El plazo de garantía será el que se especifique en el contrato de ejecución. En ausencia de una mención expresa, se entenderá que dicho plazo es de 12 meses, contados a partir de la fecha de la Recepción Provisional.

Durante este tiempo, el Contratista asumirá a su cargo todas las actuaciones necesarias para el mantenimiento y conservación de la obra, así como las reparaciones derivadas de defectos o fallos en su ejecución.

10. Recepción Definitiva

Concluido el periodo de garantía, y si las obras se encuentran en las mismas condiciones que en el momento de la recepción provisional, se procederá a la firma del Acta de

Recepción Definitiva por parte de la Propiedad, el Contratista y la Dirección Técnica, dando así por finalizado el proceso constructivo.

11. Pliego de Condiciones Técnicas de la instalación

11.1 Objeto

El presente Pliego de Condiciones Técnicas tiene como objetivo principal establecer los requisitos mínimos que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas e instalaciones de almacenamiento energético mediante baterías conectadas a la red eléctrica, aplicables al proyecto "PSFV Alhama".

Este documento busca:

- Establecer criterios técnicos básicos para asegurar el correcto diseño, ejecución y funcionamiento de la instalación, sirviendo como referencia para proyectistas, instaladores y fabricantes de equipos.
- Evaluar la instalación desde el punto de vista del rendimiento, la eficiencia energética y su adecuada integración en el entorno.
- Aplicarse a todos los componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos que conforman la instalación híbrida.
- Permitir, en casos justificados y motivados por la evolución tecnológica o particularidades del proyecto, soluciones alternativas, siempre que no impliquen una merma de los niveles de calidad definidos.
- Servir de base técnica para proyectos acogidos a programas de ayuda a energías renovables, debiendo incluirse referencias del presente documento tanto en memorias de diseño como en documentación justificativa para verificación técnica y solicitud de subvenciones.

11.2 Ámbito de Aplicación

Este pliego es aplicable de forma íntegra a cualquier instalación solar fotovoltaica híbrida con una instalación de almacenamiento energético destinada a la generación eléctrica para su vertido íntegro a la red de distribución.

Será de obligado cumplimiento toda normativa vigente relacionada con instalaciones fotovoltaicas y de almacenamiento energético, incluyendo, pero no limitada a:

Normativa legal y técnica destacada:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 2019/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.
- Ley 82/1980, de 30 de diciembre, sobre conservación de energía.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.



- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para baja tensión.
- IDAE, octubre de 2002, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, en especial: Documento Básico HE Ahorro de Energía.
- Real Decreto-Ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.
- Resolución de 4 de octubre de 2006, de la Secretaría General de Energía, por la que se aprueba el procedimiento de operación 12.3 Requisitos de respuesta frente a huecos de tensión de las instalaciones eólicas.
- Orden ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Resolución de 26 de junio de 2007, de la Secretaría General de Energía, por la que se modifican las reglas de funcionamiento del mercado de producción de energía eléctrica.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Circular 2/2007, de 29 de noviembre, de la Comisión Nacional de Energía, que regula la puesta en marcha y gestión del sistema de garantía de origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.
- Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Real Decreto 1003/2010, de 5 de agosto, por el que se regula la liquidación de la prima equivalente a las instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología fotovoltaica en régimen especial.
- Real Decreto-ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- Orden ITC/688/2011, de 30 de marzo, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de abril de 2011 y determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Plan de Energías Renovables 2011-2020.
- Orden ITC/2585/2011, de 29 de septiembre, por la que se revisan los peajes de acceso, se establecen los precios de los peajes de acceso supervalle y se actualizan determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial, a partir de 1 de octubre de 2011.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a la red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1074/2015, de 27 de noviembre, por el que se modifican distintas disposiciones en el sector eléctrico.

- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología.
- Demás condiciones impuestas por los Organismos públicos afectados y ordenanzas municipales

11.3 Terminología y definiciones técnicas

A continuación, se presentan las definiciones de los principales términos técnicos que se utilizan en este documento:

- Radiación solar: Energía que emite el sol en forma de ondas electromagnéticas.
- Irradiancia: Cantidad de potencia solar incidente sobre una superficie, expresada en W/m^2 .
- Irradiación: Energía solar recibida por una superficie durante un intervalo de tiempo, en Wh/m^2 o kWh/m^2 .
- Instalación fotovoltaica: Sistema compuesto por módulos que convierten la radiación solar directamente en electricidad.
- Instalaciones conectadas a red: Aquellas que operan en paralelo con la red de distribución, sin sistemas de almacenamiento autónomos.
- Instalación hibridada: Sistema compuesto por módulos que convierten la radiación solar directamente en electricidad conectado a un sistema compuesto de baterías que permiten almacenar la energía producida por los módulos fotovoltaicos.
- Instalación de almacenamiento energético mediante baterías: Sistema compuesto por contenedores de baterías que permiten almacenar energía eléctrica.
- Contenedor de baterías: unidad modular que alberga baterías de iones de litio y componentes relacionados de gestión de energía

- Línea y punto de conexión/medida: Conexión eléctrica entre la instalación fotovoltaica y la red o acometida, donde se ubican los dispositivos de medida.
- Interruptor automático de interconexión: Dispositivo que permite desconectar automáticamente la planta en caso de fallo, por medio de protecciones.
- Interruptor general: Elemento de seguridad que permite aislar completamente la instalación de la red.
- Generador fotovoltaico: Conjunto de cadenas de módulos conectadas en paralelo.
- Inversor: Dispositivo electrónico que transforma corriente continua en corriente alterna.
- Potencia nominal del generador: Suma de potencias máximas de todos los módulos que conforman el campo fotovoltaico.
- Potencia nominal de la instalación: Suma de las potencias nominales de todos los inversores de la planta.
- Célula fotovoltaica: Unidad básica capaz de convertir radiación solar en energía eléctrica.
- CTE (Célula de Tecnología Equivalente): Célula independiente de características idénticas a las utilizadas en los módulos de la instalación.
- Módulo fotovoltaico: Conjunto encapsulado de células solares interconectadas eléctricamente.
 - Condiciones Estándar de Medida (CEM):
 - Irradiancia: 1000 W/m²
 - Distribución espectral: AM 1,5G
 - Temperatura de célula: 25 °C
- Potencia pico: Potencia máxima que un módulo puede generar bajo CEM.
- TONC (Temperatura de Operación Nominal de la Célula): Temperatura alcanzada por las células bajo irradiancia de 800 W/m², temperatura ambiente de 20 °C y viento de 1 m/s.
- Revestimiento: Módulos que forman parte de la envolvente del edificio.
- Cerramiento: Módulos que sustituyen elementos como fachadas o cubiertas.

- Elementos de sombreado: Módulos que protegen al edificio del calor solar, actuando como protección solar pasiva.
- Superposición: Colocación de módulos sobre la envolvente sin cumplir función constructiva adicional (no considerada integración arquitectónica). Se excluyen expresamente instalaciones con módulos dispuestos en posición horizontal.

11.4 Diseño de la Instalación

11.4.1 GENERADOR FOTOVOLTAICO

Todos los módulos que conformen el sistema serán del mismo modelo. Si se emplean modelos distintos, deberá garantizarse su plena compatibilidad técnica, sin impacto negativo en el rendimiento global.

En casos excepcionales en los que se usen módulos certificados especiales, se requerirá documentación técnica que acredite su validación mediante ensayos, así como la autorización expresa del I.D.A.E. para su uso.

La disposición del generador (inclinación, orientación y análisis de sombras) deberá minimizar las pérdidas energéticas. Se evaluarán tres escenarios posibles: instalación convencional, montaje superpuesto y soluciones integradas arquitectónicamente.

En todos los casos, las pérdidas combinadas (por orientación, inclinación y sombras) no deberán superar los límites establecidos con respecto al rendimiento óptimo teórico.

Si por razones técnicas justificadas no se puede adoptar ninguna de las configuraciones estándar, deberá cuantificarse la reducción esperada de producción y justificarse en la memoria técnica para su evaluación por parte del I.D.A.E.

En configuraciones con múltiples filas de módulos, se calculará la distancia mínima entre ellas siguiendo la metodología propuesta por el I.D.A.E.

11.4.2 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

Cuando se instale un sistema de monitorización (según requisitos de convocatoria), deberá registrar como mínimo los siguientes parámetros:

- Voltaje y corriente en corriente continua (DC) a la entrada del inversor.
- Voltaje de las fases de red y potencia de salida del inversor.
- Potencia reactiva generada.
- Opcionalmente: radiación solar incidente (medida con célula o módulo equivalente) y temperatura ambiente en sombra.
- Los datos se presentarán con resolución horaria y estarán disponibles al usuario mediante un sistema accesible e intuitivo.

11.4.3 INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA

En instalaciones que impliquen integración arquitectónica:

La memoria técnica deberá incluir las condiciones constructivas, estructurales y urbanísticas implicadas, incluyendo las posibles modificaciones en el edificio, estudios de carga, intervenciones de obra o ampliación de espacios.

También deberá evaluarse el impacto visual, la alteración funcional del inmueble, y cualquier afección estructural derivada de la instalación.

A solicitud del I.D.A.E., podrá requerirse un informe específico sobre integración arquitectónica, donde se detallen las medidas correctoras necesarias.

La propiedad del inmueble deberá certificar que la instalación cumple con los requisitos constructivos, legales y urbanísticos pertinentes.

11.5 Componentes y materiales

11.5.1 REQUISITOS GENERALES

Todo el equipamiento (módulos, contenedores de baterías, inversores, cableado, cuadros, etc.) deberá contar con un aislamiento mínimo de clase 1. El cableado de corriente continua será de doble aislamiento.

La instalación debe garantizar un suministro eléctrico de calidad y no interferir en la red, cumpliendo con la normativa aplicable en materia de seguridad, calidad de energía y protección laboral.

Todos los elementos expuestos al exterior contarán con protección frente a radiación solar, humedad y otros agentes ambientales.

Se incorporarán las protecciones necesarias contra contactos eléctricos, sobrecargas, cortocircuitos y otros riesgos. La instalación se diseñará conforme a la legislación vigente.

Toda la señalización e instrucciones en los equipos estarán disponibles en una de las lenguas oficiales del lugar de la instalación.

La memoria de proyecto deberá incluir cualquier modificación respecto a la memoria previa de solicitud y aportar las especificaciones técnicas oficiales de los fabricantes.

11.5.2 GENERADOR FOTOVOLTAICO

Los módulos deberán cumplir con las normativas UNE-EN 61215 (silicio cristalino) o UNE-EN 61646 (capa delgada), y contar con certificación emitida por un laboratorio autorizado.

Deberán estar marcados de forma permanente con el modelo, fabricante y número de serie trazable.

Se exigirá que las características reales de potencia máxima y corriente de cortocircuito estén dentro de un margen del $\pm 10\%$ respecto a los valores nominales.

Todos los módulos deberán incorporar diodos de derivación y contar con protección mínima IP65. No se admitirán módulos con defectos físicos visibles o problemas de fabricación.

Se valorará positivamente la alta eficiencia de las células.

La estructura del campo generador estará conectada a tierra y contará con dispositivos de seccionamiento en ambos polos de cada rama.

11.5.3 ESTRUCTURA SOPORTE

La estructura portante deberá cumplir con los requisitos del Código Técnico de la Edificación (CTE) y resistir cargas debidas a viento, nieve y otros agentes climáticos.

Deberá permitir movimientos por dilatación térmica sin transmitir tensiones a los módulos.

El diseño de los anclajes deberá evitar deformaciones, con un número de puntos de apoyo adecuado.

Se utilizarán materiales resistentes a la intemperie, tratados contra corrosión. Las piezas perforadas serán protegidas antes del galvanizado, si procede.

Tornillería: acero inoxidable según el CTE. Solo se permitirá tornillería galvanizada en estructuras galvanizadas, excepto en la fijación directa de los módulos.

La estructura no deberá generar sombras sobre los módulos y será calculada específicamente para condiciones extremas según zona climática.

En caso de estructuras de acero laminado conformado en frío, se aplicarán las normas correspondientes del CTE y las UNE-EN 10025 o equivalentes. El galvanizado deberá tener espesor mínimo de 80 micras.

11.5.4 INVERSORES

Serán del tipo conectados a red, capaces de operar a diferentes niveles de potencia, incluyendo seguimiento automático del punto de máxima potencia (MPPT).

- No podrán operar en modo isla.
- Incorporarán protecciones integradas contra:
 - Cortocircuitos en alterna
 - Tensión y frecuencia fuera de rango
 - Sobretensiones
 - Perturbaciones en la red

Deberán cumplir directivas de seguridad y compatibilidad electromagnética.

Señalización visual y controles automáticos estarán incluidos para facilitar la supervisión.

Controles manuales mínimos:

- Encendido/apagado general.
- Conexión/desconexión de la interfaz AC (puede estar externo).

Requisitos eléctricos:

- Operación continua bajo irradiancia hasta un 10% superior a CEM y soportar picos del 30% durante 10 segundos.
- Consumo en reposo nocturno inferior al 0,5% de su potencia nominal.
- Factor de potencia superior a 0,95 desde el 25% de carga.
- Inyección en red garantizada desde el 10% de la potencia nominal.

Grado de protección:

- IP20: instalaciones en interiores no accesibles
- IP30: interiores accesibles
- IP65: instalaciones exteriores

- Rango de operación ambiental: de 0 °C a 40 °C, con humedad relativa del 0% al 85%.

11.5.5 CONTENEDOR DE BATERÍAS

En el presente proyecto se emplean contenedores específicos para albergar el sistema de baterías, cuyo propósito es acumular la energía generada y transferirla posteriormente a los inversores mediante cableado de baja tensión.

El prefabricado se construirá disponiendo en su interior una superficie equipotencial, según lo definido en la recomendación UNESA 1303-A.

La cimentación del sistema de almacenamiento estará compuesta por una losa hormigón armado, en la que se incorporará una malla metálica equipotencial.

Todas las barras de acero embebidas en el hormigón, que formen parte de esa armadura, estarán conectadas entre sí mediante soldaduras eléctricas, garantizando la continuidad del sistema equipotencial.

Se evitará la interconexión directa de varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos si ello compromete la equipotencialidad. En ningún caso se conectarán mecánicamente al sistema equipotencial los elementos metálicos aislados del hormigón, salvo en las partes superiores de la estructura, y únicamente cuando su manipulación.

Cada componente metálico de la estructura deberá contar con al menos dos puntos de conexión, ubicados en lugares accesibles, para verificar la continuidad del sistema. Las conexiones eléctricas entre piezas se realizarán de forma que aseguren la conductividad, recurriendo a elementos mecánicos cuando sea necesario.

Por último, todos los elementos metálicos que queden a la intemperie serán tratados contra la corrosión. En el caso de piezas galvanizadas, el proceso de recubrimiento cumplirá con los requisitos establecidos en la norma RU-6618-A.

11.6 Cableado

Los conductores serán de cobre o aluminio y tendrán una sección adecuada que limite las caídas de tensión a:

- $\leq 1,5\%$ en circuitos de corriente continua
- $\leq 3\%$ en circuitos de corriente alterna

Se incluirá toda la longitud necesaria, garantizando que el cableado no esté sometido a esfuerzos mecánicos ni represente riesgo en zonas de paso o tránsito.

11.7 Conexión a Red

La instalación se ejecutará conforme al Real Decreto 413/2014, que regula la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, cogeneración y residuos.

Se garantizará la compatibilidad con la red eléctrica, cumpliendo las condiciones de conexión fijadas por el operador de red.

11.8 Sistema de Medidas

Se respetarán los requisitos establecidos en el Real Decreto 1110/2007, que aprueba el Reglamento Unificado de Puntos de Medida del sistema eléctrico.

El sistema incluirá los elementos necesarios para el registro de la energía generada y vertida, permitiendo la integración con los sistemas de información del operador.

11.9 Sistemas de Protección

La instalación se ajustará al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) aprobado por el Real Decreto 842/2002, incluyendo las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITCs) correspondientes.

En sistemas trifásicos, se incluirán protecciones para frecuencia y tensión fuera de rango:

- Frecuencia: mínima 49 Hz, máxima 51 Hz.

- Tensión por fase: mínima 0,85 Um, máxima 1,1 Um.

11.10 Puesta a Tierra

Se establecerá una toma de tierra única para toda la instalación, tanto para la parte de corriente continua como alterna.

Esta toma será independiente de la del neutro de la red pública, conforme al REBT.

Si no se emplea transformador de aislamiento, se detallarán en la memoria técnica los dispositivos que garantizan la separación galvánica efectiva.

11.11 Compatibilidad Electromagnética y Armónicos

La instalación observará lo dispuesto en la Directiva 2014/30/UE sobre compatibilidad electromagnética, y cumplirá las siguientes normativas técnicas:

- IEC 61000-3-4:1998
- EN 61000-3-11:2000
- EN 61000-6-2:2005
- EN 61000-3-12:2005
- EN 61000-6-4:2007

Se limitarán adecuadamente las emisiones de armónicos, fluctuaciones de tensión y otros efectos perturbadores en la red.

11.12 Recepción de la Instalación y Pruebas de Puesta en Marcha

El instalador entregará al propietario un documento de entrega, que incluirá los componentes suministrados, manuales de uso y mantenimiento. Ambos firmarán por duplicado dicho documento.

Toda la documentación entregada al usuario estará redactada en alguna de las lenguas oficiales españolas.

Pruebas requeridas:

- Antes de la puesta en servicio definitiva, se ejecutarán las siguientes pruebas:
- Comprobación del correcto arranque, parada y funcionamiento de todos los sistemas.
- Verificación de protecciones, alarmas y elementos de seguridad, excluyendo el interruptor automático general.
- Ensayo de potencia instalada siguiendo los procedimientos establecidos.

Recepción Provisional:

- La instalación se considerará en fase de recepción provisional solo tras 240 horas de operación ininterrumpida sin incidencias atribuibles al sistema.
- Durante este periodo, el suministrador será responsable exclusivo de la operación y formación del personal del cliente.
- Se requerirá un acta de pruebas de fábrica y certificados de calidad de los equipos principales.

11.13 Cálculo de la Producción Anual Estimada

El promotor aportará una estimación mensual de la energía generada, calculada a partir de:

- $G_{dm}(0)$: Irradiación media diaria mensual y anual en plano horizontal ($\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{día}$), tomada de organismos oficiales.
- $G_{dm}(x,\beta)$: Irradiación media sobre el plano del generador, considerando orientación x (azimut) e inclinación β , descontando pérdidas si exceden del 10% anual.
- PR (Performance Ratio): Indicador del rendimiento real, que tiene en cuenta pérdidas térmicas, por cableado, suciedad, dispersión de parámetros y errores en el seguimiento MPPT.

11.14 Mantenimiento de la Instalación

11.14.1 GENERALIDADES

Se establecerá un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo con una duración mínima de tres años.

El contrato incluirá todas las tareas recomendadas por los fabricantes, así como la atención a averías críticas notificadas por el usuario.

11.14.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

- Mantenimiento preventivo

Incluye inspecciones visuales, comprobación de protecciones y conexiones, y verificación del estado de módulos, inversores y cableado.

Se realizará al menos una revisión semestral.

Cada visita generará un informe técnico documentado en el libro de mantenimiento, con identificación del personal técnico.

- Mantenimiento correctivo

Se atenderán incidencias bajo solicitud del cliente y según cronograma acordado.

Se incluirán los costes de inspección y presupuesto de reparación en el contrato, excepto repuestos fuera de garantía o mano de obra si se indica expresamente.

El personal que realice las tareas de mantenimiento estará debidamente cualificado y autorizado por la empresa instaladora.

11.15 Garantías

11.15.1 COBERTURA GENERAL

La garantía cubrirá defectos de diseño, montaje o fabricación que afecten al funcionamiento normal de la instalación, siempre que haya sido utilizada según las instrucciones del fabricante.

11.15.2 PLAZOS DE GARANTÍA

Garantía mínima de tres años para todos los componentes y trabajos de instalación.

Para módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de ocho años desde la fecha del acta de recepción provisional.

Si la instalación se detiene por causas atribuibles al suministrador, el plazo de garantía se extenderá por el periodo equivalente a dicha interrupción.

12. Pliego de Condiciones Generales de la Instalación

12.1 Calidad de los Materiales

Todos los componentes y materiales utilizados en la instalación deberán cumplir con las especificaciones del Promotor y las directrices del fabricante. Las calidades de los materiales estarán de acuerdo con lo detallado en la memoria del proyecto, garantizando su fiabilidad y durabilidad.

En la obra civil, la base del sistema será de hormigón armado con mallazo equipotencial para garantizar una adecuada conexión a tierra de toda la estructura.

Los elementos metálicos embebidos en el hormigón que conforman la armadura del sistema equipotencial estarán soldados eléctricamente entre sí, garantizando la equipotencialidad en toda la instalación.

12.1.1 OBRA CIVIL

Tanto los centros de transformación como el Edificio de Operaciones y Mantenimiento deberán ajustarse a las especificaciones del proyecto y a las directrices de fabricación indicadas por el Promotor. Los elementos constructivos de ambos serán los detallados en la memoria técnica correspondiente.

Se asegurará que todos los elementos metálicos expuestos al aire sean resistentes a la corrosión o se les aplicará el tratamiento protector adecuado. En el caso de galvanización en caliente, esta deberá cumplir con las especificaciones establecidas en la norma RU.-6618-A.

Ningún elemento metálico del sistema equipotencial será accesible desde el exterior del edificio para garantizar la seguridad.

12.1.2 TRANSFORMADORES

El transformador a instalar en cada centro de transformación y estación de potencia será el indicado en la memoria del proyecto, y su instalación se llevará a cabo conforme a las guías de montaje proporcionadas por el fabricante.

12.2 Normas de Ejecución de las Instalaciones

Las normas de construcción e instalación deberán seguir los planos, mediciones y especificaciones indicadas en el proyecto, así como las directrices que la Dirección Facultativa considere oportunas para el adecuado desarrollo de la obra.

El acopio de materiales se gestionará de manera que se evite cualquier alteración o daño. Los materiales defectuosos deberán ser retirados y reemplazados por otros en condiciones óptimas antes de su uso.

12.3 Pruebas Reglamentarias

La instalación será sometida a una serie de pruebas reglamentarias para verificar su conformidad con las normas de seguridad:

- Pruebas de aislamiento: Se medirá la resistencia de aislamiento de la instalación.
- Sistema de puesta a tierra: Se verificará la resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y contacto: Se realizarán mediciones de las tensiones de paso y contacto en la instalación para garantizar la seguridad.

12.4 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

12.4.1 PREVENCIÓNES GENERALES

- Queda prohibida la entrada de personas ajenas al servicio. Además, el acceso a los espacios deberá estar restringido y los locales deben mantenerse cerrados con llave cuando no estén siendo utilizados.
- En el acceso a las instalaciones se deberá colocar placas de advertencia que indiquen el riesgo de muerte por electricidad.
- En el interior de los centros de transformación y estación de potencia, no deberán encontrarse objetos ajenos al servicio del centro de transformación, como banqueta o guantes.
- Prohibición de fumar o utilizar cualquier tipo de combustible. En caso de incendio, no se utilizará agua para apagarlo.
- No se debe tocar ninguna parte de la instalación en tensión, aunque esté aislada.
- Las maniobras deben realizarse siguiendo las instrucciones de seguridad, y utilizando adecuadamente los equipos de protección y procedimientos establecidos.

12.4.2 PUESTA EN SERVICIO

En caso de que el interruptor automático se dispare o haya una fusión de fusibles al poner en servicio una línea, se procederá a un reconocimiento exhaustivo de las instalaciones antes de reconectar. Cualquier irregularidad será reportada de inmediato a la empresa suministradora de energía.

12.4.3 SEPARACIÓN EN SERVICIO

Para la desconexión de la instalación, se procederá a desconectar la red de baja tensión y luego separando el interruptor de alta tensión y los seccionadores correspondientes.

Si el interruptor es automático, los relés de disparo deben estar ajustados a la sobrecarga proporcional a la potencia del transformador.

12.4.4 PREVENCIÓNES ESPECIALES

Fusibles: No se permitirá modificar los fusibles. Si es necesario sustituirlos, se utilizarán fusibles con las mismas características de resistencia y curva de fusión.

Transformadores con líquido refrigerante (aceite o silicona): La temperatura del refrigerante no podrá superar un incremento relativo de 60°C sobre la temperatura ambiente. La temperatura máxima en funcionamiento normal es de 40°C, lo que establece un límite absoluto de 100°C para el líquido refrigerante.

Las tomas de tierra deberán humedecerse periódicamente y se debe vigilar el buen estado de todos los aparatos. Cualquier anomalía en el funcionamiento del centro de transformación debe ser comunicada a la compañía suministradora para su corrección.

12.5 Certificados y Documentación

Durante el proceso de tramitación del proyecto, se deberá presentar la siguiente documentación:

- Certificado de tensiones de paso y contacto emitido por una entidad homologada.
- Certificado de Dirección de Obra que acredite la correcta ejecución de la obra según el proyecto.
- Contrato de mantenimiento que regule las condiciones de operación y mantenimiento de la instalación.
- Escrito de conformidad por parte de la compañía eléctrica suministradora.

12.6 Libro de órdenes

Este documento se mantendrá actualizado, registrando todas las incidencias ocurridas durante la ejecución y explotación de la instalación.

Málaga, septiembre de 2025

El autor del Proyecto Fin de Máster

DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

DOCUMENTO V

MEDICIONES

Málaga, septiembre de 2025

(Página en blanco)

MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS LONGITUDANCHURAALTURA PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 1 Trabajos previos			
1.01	Ud Estudio topográfico Levantamiento topográfico por métodos clásicos. Equipo compuesto por ingeniero técnico en topografía + estación total de gama alta o robotizada + ayudante + vehículo de obra		
			1,00
1.02	Ud Estudio geotécnico Estudio geotécnico + informe geotécnico que detalla los resultados obtenidos. conclusiones y validez del estudio sobre parámetros para el correcto diseño de cimentaciones necesarias.		
			1,00
1.03	Ud Ingeniería de detalle y dirección de obra Proyecto de ingeniería de detalle y dirección de obra.		
			1,00

MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS LONGITUDANCHURAAL TURA PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 2 Suministro y montaje de equipos principales			
2.1	<p>Ud Módulo fotovoltaico - TSM-NEG21C.20 - Trina Solar</p> <p>Suministro, instalación y montaje de módulo solar fotovoltaico TSM-NEG21C.20 del fabricante TRINA SOLAR, de células de silicio monocristalino con tecnología bifacial, potencia máxima: 700 Wp, tensión máxima (Vmpp): 40,5 V, intensidad a máxima potencia (Impp): 17,29 A y dimensiones 2384 x 1303 x 33 mm (altura x anchura x espesor)</p>		8.555,00
2.2	<p>Ud Seguidor solar - Axone Duo - PVHardware</p> <p>Suministro, instalación y montaje de seguidor solar Axone Duo (hasta 2x64 2H) del fabricante PVHARDWARE, con un rango rotacional de +60°, 29 módulos por estructura y una potencia por estructura de 20,3 kWp.</p> <p>Incluye: tornillería, perfiles de acero galvanizado, hincado directo sobre terreno, bandejas y canaletas para cableado y componentes para conexión interna.</p>		295,00
2.3	<p>Ud Inversor solar - SG250HX - Sungrow</p> <p>Suministro, instalación y montaje de inversor solar de string, SG250HX del fabricante SUNGROW, con una potencia máxima de 250 kVA a 30°C, tensión máxima de entrada: 1500 V, máxima corriente de salida: 180,5 A.</p>		20,00
2.4	<p>Ud Centro de transformación - PFU gama grand 48/27 - Ormazábal</p> <p>Suministro, instalación y montaje de centro de transformación PFU gama grand 48/27 del fabricante ORMAZÁBAL, con una potencia de 1 MVA, con niveles de tensión 0,8/20 kV y celdas de media tensión con aislamiento SF-6.</p>		5,00
2.5	<p>Ud Contenedor de baterías - Luna 2000 2.0MWH - 1H1 - Huawei</p> <p>Suministro, instalación y montaje de contenedores de baterías LUNA2000-2.0MWH- 1H1 del fabricante HUAWEI, capacidad nominal: 2,032 MWh, tensión de entrada: 1.250 V y dimensiones 6.058 x 2.896 x 2.438 mm (anchura x altura x espesor).</p>		4,00
2.6	<p>Ud Inversor BESS - DUAL ISS 3280 kVA1640TL B630 - Ingeteam</p> <p>Suministro, instalación y montaje de inversor BESS Power Dual B series - Dual ISS 3280 kVA1640TL B630 del fabricante INGETEAM, rango de tensión de entrada: 910 - 1300 V, corriente máxima: 1850 A por power block, potencia máxima 30°C: 3.274 kVA, intensidad de salida: 3000 A, frecuencia: 50-0 Hz</p>		2,00
2.7	<p>Ud Estación de potencia - 6860 FSK - Ingeteam</p> <p>Suministro, instalación y montaje de estación de potencia PowerStation FSK B series - 6860 FSK del fabricante INGETEAM, máxima potencia: 6860 kVA, número máximo de inversores: 4, rango de tensión: 20/35 kVA, frecuencia: 50/60 Hz y dimensiones 11.390 x 2.100 x 2.460 mm (anchura x altura x espesor)</p>		1,00
2.8	<p>Ud Centro de seccionamiento y medida - pfu 116/24 - Ormazábal</p> <p>Suministro, instalación y montaje de centro de seccionamiento y medida, modelo pfu 116/24 del fabricante ORMAZÁBAL.</p> <p>Incluye apartamiento MT para la instalación BESS, la instalación FV, sistemas de servicios auxiliares, cimentación y rejillas de ventilación.</p>		1,00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS LONGITUDANCHURAALTURA PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 3 Obra civil			
3.1	<p>ha Desbroce y limpieza del terreno</p> <p>Desbroce y destocoado de la superficie de actuación con medios mecánicos, con carga y transporte a vertedero dentro de la parcela de los productos sobrantes para acopio temporal y posterior uso de la tierra vegetal dentro de la parcela.</p>		8,83
3.2	<p>m2 Viales internos de 4 metros de ancho</p> <p>Suministro, extendido, nivelado y compactado por medios mecánicos de zahorra natural 40/80 mm, en capas de base de 10 cm de espeso y subbase de 20 cm de espesor, por tongadas según pendientes. Incluso preparación de la superficie de asiente, riego y refino hasta alcanzar un proctor modificado del 95 %.</p>		2.080,00
3.3	<p>ud Cimentación Centros de Transformación</p> <p>Cimentación de los centros de transformación. Realización in situ de cimentación para los centros de transformación. Incluye: - Excavación - Señalización - Retirada de tierras sobrantes a vertedero autorizado</p>		5,00
3.4	<p>ud Cimentación Contenedores de baterías</p> <p>Cimentación de los contenedores de baterías. Realización in situ de cimentación para los contenedores de baterías. Incluye: - Excavación - Señalización - Retirada de tierras sobrantes a vertedero autorizado</p>		4,00
3.5	<p>ud Cimentación Centro de seccionamiento y medida</p> <p>Cimentación del centro de seccionamiento y medida. Realización in situ de cimentación para el centro de seccionamiento y medida. Incluye: - Excavación - Señalización - Retirada de tierras sobrantes a vertedero autorizado</p>		1,00
3.6	<p>m Zanja para canalización enterrada de baja tensión</p> <p>Canalización enterrada para baja tensión, tanto en corriente continua como corriente alterna, para cableado de la instalación fotovoltaica y BESS. Excavación a realizar por medios mecánicos incluyendo relleno, capa de arena y todo incluido según planos y pliego de condiciones del presente proyecto.</p>		967,00
3.7	<p>m Zanja para canalización enterrada de media tensión</p> <p>Canalización enterrada para media tensión ligada al cableado de la instalación fotovoltaica y BESS. Excavación a realizar por medios mecánicos incluyendo relleno, capa de arena y todo incluido según planos y pliego de condiciones del presente proyecto.</p>		469,00
3.8	<p>m Zanja perimetral</p> <p>Canalización enterrada para cableado CCTV, de dimensiones 30 x 100 cm (ancho x profundo). Excavación a realizar por medios mecánicos incluyendo relleno, capa de arena y todo incluido según planos y pliego de condiciones del presente proyecto.</p>		1.510,00
3.9	<p>m Cuneta triangular</p>		

MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
							119,22
3.10	ud Arqueta de baja tensión Arqueta de baja tensión, prefabricadas, sin fondo de hormigón y con dimensiones 60 x60 cm.						30,00
3.11	ud Arqueta de media tensión Arqueta de media tensión, prefabricadas, sin fondo de hormigón y con dimensiones 90 x90 cm.						10,00

MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS LONGITUDANCHURAALTURA PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 4 Instalación mecánica			
4.1	ud Instalación de oficinas y acceso a obra Instalación de oficinas y acceso a obra. Incluye accesos, vallado, servicios higiénicos, locales de descanso, alojamiento, comedores, primeros auxilios y señalización.		
			1,00
4.2	m Vallado perimetral Suministro, instalación y montaje de vallado perimetral de la instalación. Incluye instalación de la malla metálica, refuerzos en cambios de dirección, tornillería y cimentación de hormigón.		
			1.510,00
4.3	ud Puerta de acceso Suministro, instalación y montaje de la puerta de acceso de la instalación. Dimensiones 3x3 m. Totalmente instalada.		
			1,00

MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS LONGITUDANCHURAALTURA PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 5 Instalación eléctrica			
5.1	<p>m Cable solar H1Z2Z2-K, Cu, 1x10 mm2, CC, PV, rojo</p> <p>Suministro e instalación de cable solar H1Z2Z2-K del fabricante TOP CABLE, Cu, 10 mm2, unipolar, tensión asignada 1 kV DC, Tª máxima del conductor: 120 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. color rojo</p>		25.205,00
5.2	<p>m Cable solar H1Z2Z2-K, Cu, 1x10 mm2, CC, PV, negro</p> <p>Suministro e instalación de cable solar H1Z2Z2-K del fabricante TOP CABLE, Cu, 10 mm2, unipolar, tensión asignada 1 kV DC, Tª máxima del conductor: 120 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. color negro</p>		25.205,00
5.3	<p>m Cable LSZH Heavy Duty DC, Al, 1x400 mm2, CC, BESS</p> <p>Suministro e instalación de cable solar LSZH Heavy Duty DC del fabricante TOP CABLE, Al, 400 mm2, unipolar, tensión asignada 1,5 kV DC, Tª máxima del conductor: 90 °C, libre de halógenos.</p>		530,00
5.4	<p>m Cable RV Powerhard, Al, 1x240 mm2, CA, PV</p> <p>Suministro e instalación de cable RV Powerhard del fabricante TOP CABLE, Al, 240 mm2, unipolar, tensión asignada 0,6/1 kV, Tª máxima del conductor: 90 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. aislamiento de polietileno reticulado tipo DIX-3 según HD 603-1 y tipo XLPE según IEC 60502-1</p>		6.600,00
5.5	<p>m Cable RHZ1-OL, Al, 1x95 mm2, CA, BESS</p> <p>Suministro e instalación de cable AL RHZ1-OL del fabricante PRYSMIAN, Al, 95 mm2, unipolar, tensión asignada 12/20 kV, Tª máxima del conductor: 90 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. aislamiento de polietileno reticulado tipo XLPE.</p>		45,00
5.6	<p>m Cable RHZ1-OL, Al, 1x150 mm2, CA, PV</p> <p>Suministro e instalación de cable AL RHZ1-OL del fabricante PRYSMIAN, Al, 150 mm2, unipolar, tensión asignada 12/20 kV, Tª máxima del conductor: 90 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. aislamiento de polietileno reticulado tipo XLPE.</p>		1.365,00
5.7	<p>m Cable desnudo, Cu, 1x16 mm2, CA, Red de tierras</p> <p>Cable desnudo, Cobre, sección 16 mm2, necesario para la conexión de todos los seguidores solares.</p>		486,00
5.8	<p>m Cable desnudo, Cu, 1x35 mm2, CA, Red de tierras</p> <p>Cable desnudo, Cobre, sección 35 mm2, necesario para la red de tierras.</p>		3.812,00
5.9	<p>m Cable desnudo, Cu, 1x50 mm2, CA, Red de tierras</p> <p>Cable desnudo, Cobre, sección 50 mm2, necesario para la puesta a tierra de los centros de transformación.</p>		110,00
5.10	<p>ud Picas de puesta a tierra</p> <p>Suministro de picas de cobre desnudo, 2 metros de longitud, necesarias para la puesta a tierra de los centros de transformación.</p>		12,00
5.11	<p>ud Conector macho CC</p> <p>Conector macho conexionado string - Instalación fotovoltaica</p>		

MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS LONGITUDANCHURAALTURA PARCIALES	CANTIDAD
			345,00
5.12	ud Conector hembra CC Conector hembra conexionado string - Instalación fotovoltaica		345,00

MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS LONGITUDANCHURAALTURA PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 6 Control y comunicaciones			
6.1	m Cable fibra óptica Suministro e instalación de cable de fibra óptica monomodo de 12 fibras para transmisión de señales y datos para control, maniobra y automatismos. Incluye todos los elementos auxiliares, cajas de empalmes, conexiones, latiguillos y pequeño material.		1.100,00
6.2	ud Rack de comunicaciones Suministro e instalación de Rack de Comunicaciones completo para la conexión de los centros de transformación con el sistema de control y comunicación central de la planta hibridada. Incluye terminales, latiguillos y pequeño material.		1,00
6.3	ud Sistema SCADA Suministro e instalación de sistema SCADA para monitorización y control de la planta hibridada.		1,00

CÓDIGO	RESUMEN	UDS LONGITUDANCHURAALTURA PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 7 Sistema de seguridad			
7.1	Ud Sistema de seguridad y videovigilancia Suministro, instalación y montaje de sistema perimetral de seguridad y videovigilancia. Incluye: <ul style="list-style-type: none">- Postes de acero galvanizado para montaje de videocámaras- Videocámaras de seguridad- Sistema de administración y grabación- Sistema de visualización- Equipos de alimentación y suministro de energía- Cableados, ductos y conectores necesarios especificados por el fabricante para la correcta transmisión de las señales.		1,00

MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTIURA	PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 8 Seguridad y Salud							
8.1	PA Seguridad y Salud Partida alzada a justificar por el cumplimiento de la normativa aplicable en materia de seguridad y salud según especifica el Estudio de seguridad y salud del proyecto.						1,00

MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
CAPÍTULO 9 Gestión de residuos							
9.1	PA Gestión de residuos Partida alzada a justificar para la correcta gestión de los residuos derivados de la construcción de la instalación hibridada.						1,00

El autor del Proyecto Fin de Máster

DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

DOCUMENTO VI

PRESUPUESTO

Málaga, septiembre de 2025

(Página en blanco)

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1 Trabajos previos									
1.01	Ud Estudio topográfico Levantamiento topográfico por métodos clásicos. Equipo compuesto por ingeniero técnico en topografía + estación total de gama alta o robotizada + ayudante + vehículo de obra								
							1,00	1.700,00	1.700,00
1.02	Ud Estudio geotécnico Estudio geotécnico + informe geotécnico que detalla los resultados obtenidos. conclusiones y validez del estudio sobre parámetros para el correcto diseño de cimentaciones necesarias.								
							1,00	2.300,00	2.300,00
1.03	Ud Ingeniería de detalle y dirección de obra Proyecto de ingeniería de detalle y dirección de obra.								
							1,00	20.000,00	20.000,00
	TOTAL CAPÍTULO 1 Trabajos previos.....								24.000,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTIMETRIA PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 2 Suministro y montaje de equipos principales								
2.1	<p>Ud Módulo fotovoltaico - TSM-NEG21C.20 - Trina Solar</p> <p>Suministro, instalación y montaje de módulo solar fotovoltaico TSM-NEG21C.20 del fabricante TRINA SOLAR, de células de silicio monocristalino con tecnología bifacial, potencia máxima: 700 Wp, tensión máxima (Vmpp): 40,5 V, intensidad a máxima potencia (Impp): 17,29 A y dimensiones 2384 x 1303 x 33 mm (altura x anchura x espesor)</p>					8.555,00	142,32	1.217.547,60
2.2	<p>Ud Seguidor solar - Axone Duo - PVHardware</p> <p>Suministro, instalación y montaje de seguidor solar Axone Duo (hasta 2x64 2H) del fabricante PVHARDWARE, con un rango rotacional de +60°, 29 módulos por estructura y una potencia por estructura de 20,3 kWp.</p> <p>Incluye: tornillería, perfiles de acero galvanizado, hincado directo sobre terreno, bandejas y canaletas para cableado y componentes para conexión interna.</p>					295,00	520,21	153.461,95
2.3	<p>Ud Inversor solar - SG250HX - Sungrow</p> <p>Suministro, instalación y montaje de inversor solar de string, SG250HX del fabricante SUNGROW, con una potencia máxima de 250 kVA a 30°C, tensión máxima de entrada: 1500 V, máxima corriente de salida: 180,5 A.</p>					20,00	5.754,00	115.080,00
2.4	<p>Ud Centro de transformación - PFU gama grand 48/27 - Ormazábal</p> <p>Suministro, instalación y montaje de centro de transformación PFU gama grand 48/27 del fabricante ORMAZÁBAL, con una potencia de 1 MVA, con niveles de tensión 0,8/20 kV y celdas de media tensión con aislamiento SF-6.</p>					5,00	98.534,23	492.671,15
2.5	<p>Ud Contenedor de baterías - Luna 2000 2.0MWH - 1H1 - Huawei</p> <p>Suministro, instalación y montaje de contenedores de baterías LUNA2000-2.0MWH- 1H1 del fabricante HUAWEI, capacidad nominal: 2,032 MWh, tensión de entrada: 1.250 V y dimensiones 6.058 x 2.896 x 2.438 mm (anchura x altura x espesor).</p>					4,00	1.112.331,32	4.449.325,28
2.6	<p>Ud Inversor BESS - DUAL ISS 3280 kVA1640TL B630 - Ingeteam</p> <p>Suministro, instalación y montaje de inversor BESS Power Dual B series - Dual ISS 3280 kVA1640TL B630 del fabricante INGETEAM, rango de tensión de entrada: 910 - 1300 V, corriente máxima: 1850 A por power block, potencia máxima 30°C: 3.274 kVA, intensidad de salida: 3000 A, frecuencia: 50-0 Hz.</p>					2,00	145.350,00	290.700,00
2.7	<p>Ud Estación de potencia - 6860 FSK - Ingeteam</p> <p>Suministro, instalación y montaje de estación de potencia PowerStation FSK B series - 6860 FSK del fabricante INGETEAM, máxima potencia: 6860 kVA, número máximo de inversores: 4, rango de tensión: 20/35 kVA, frecuencia: 50/60 Hz y dimensiones 11.390 x 2.100 x 2.460 mm (anchura x altura x espesor)</p>					1,00	129.000,00	129.000,00
2.8	<p>Ud Centro de seccionamiento y medida - pfu 116/24 - Ormazábal</p> <p>Suministro, instalación y montaje de centro de seccionamiento y medida, modelo pfu 116/24 del fabricante ORMAZÁBAL.</p> <p>Incluye apartamiento MT para la instalación BESS, la instalación FV, sistemas de servicios auxiliares, cimentación y rejillas de ventilación.</p>					1,00	112.000,00	112.000,00
TOTAL CAPÍTULO 2 Suministro y montaje de equipos principales.....								6.959.785,98

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 3 Obra civil								
3.1	ha Desbroce y limpieza del terreno Desbroce y destocoado de la superficie de actuación con medios mecánicos, con carga y transporte a vertedero dentro de la parcela de los productos sobrantes para acopio temporal y posterior uso de la tierra vegetal dentro de la parcela.					8,83	1.415,00	12.494,45
3.2	m2 Viales internos de 4 metros de ancho Suministro, extendido, nivelado y compactado por medios mecánicos de zorra natural 40/80 mm, en capas de base de 10 cm de espeso y subbase de 20 cm de espesor, por tongadas según pendientes. Incluso preparación de la superficie de asiente, riego y refinado hasta alcanzar un proctor modificado del 95 %.					2.080,00	16,00	33.280,00
3.3	ud Cimentación Centros de Transformación Cimentación de los centros de transformación. Realización in situ de cimentación para los centros de transformación. Incluye: - Excavación - Señalización - Retirada de tierras sobrantes a vertedero autorizado					5,00	3.860,00	19.300,00
3.4	ud Cimentación Contenedores de baterías Cimentación de los contenedores de baterías. Realización in situ de cimentación para los contenedores de baterías. Incluye: - Excavación - Señalización - Retirada de tierras sobrantes a vertedero autorizado					4,00	4.215,00	16.860,00
3.5	ud Cimentación Centro de seccionamiento y medida Cimentación del centro de seccionamiento y medida. Realización in situ de cimentación para el centro de seccionamiento y medida. Incluye: - Excavación - Señalización - Retirada de tierras sobrantes a vertedero autorizado					1,00	4.000,00	4.000,00
3.6	m Zanja para canalización enterrada de baja tensión Canalización enterrada para baja tensión, tanto en corriente continua como corriente alterna, para cableado de la instalación fotovoltaica y BESS. Excavación a realizar por medios mecánicos incluyendo relleno, capa de arena y todo incluido según planos y pliego de condiciones del presente proyecto.					967,00	16,25	15.713,75
3.7	m Zanja para canalización enterrada de media tensión Canalización enterrada para media tensión ligada al cableado de la instalación fotovoltaica y BESS. Excavación a realizar por medios mecánicos incluyendo relleno, capa de arena y todo incluido según planos y pliego de condiciones del presente proyecto.					469,00	18,00	8.442,00
3.8	m Zanja perimetral Canalización enterrada para cableado CCTV, de dimensiones 30 x 100 cm (ancho x profundo). Excavación a realizar por medios mecánicos incluyendo relleno, capa de arena y todo incluido según planos y pliego de condiciones del presente proyecto.					1.510,00	8,34	12.593,40
3.9	m Cuneta triangular							

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
							119,22	6,54	779,70
3.10	ud Arqueta de baja tensión Arqueta de baja tensión, prefabricadas, sin fondo de hormigón y con dimensiones 60 x60 cm.								
							30,00	160,00	4.800,00
3.11	ud Arqueta de media tensión Arqueta de media tensión, prefabricadas, sin fondo de hormigón y con dimensiones 90 x90 cm.								
							10,00	195,00	1.950,00
	TOTAL CAPÍTULO 3 Obra civil.....								130.213,30

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 4 Instalación mecánica									
4.1	ud Instalación de oficinas y acceso a obra Instalación de oficinas y acceso a obra. Incluye accesos, vallado, servicios higiénicos, locales de descanso, alojamiento, comedores, primeros auxilios y señalización.								
							1,00	54.345,23	54.345,23
4.2	m Vallado perimetral Suministro, instalación y montaje de vallado perimetral de la instalación. Incluye instalación de la malla metálica, refuerzos en cambios de dirección, tornillería y cimentación de hormigón.								
							1.510,00	4,76	7.187,60
4.3	ud Puerta de acceso Suministro, instalación y montaje de la puerta de acceso de la instalación. Dimensiones 3x3 m. Totalmente instalada.								
							1,00	700,00	700,00
	TOTAL CAPÍTULO 4 Instalación mecánica								62.232,83

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTIMURA PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 5 Instalación eléctrica								
5.1	m Cable solar H1Z2Z2-K, Cu, 1x10 mm2, CC, PV, rojo Suministro e instalación de cable solar H1Z2Z2-K del fabricante TOP CABLE, Cu, 10 mm2, unipolar, tensión asignada 1 kV DC, Tª máxima del conductor: 120 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. color rojo					25.205,00	0,76	19.155,80
5.2	m Cable solar H1Z2Z2-K, Cu, 1x10 mm2, CC, PV, negro Suministro e instalación de cable solar H1Z2Z2-K del fabricante TOP CABLE, Cu, 10 mm2, unipolar, tensión asignada 1 kV DC, Tª máxima del conductor: 120 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. color negro					25.205,00	0,76	19.155,80
5.3	m Cable LSZH Heavy Duty DC, Al, 1x400 mm2, CC, BESS Suministro e instalación de cable solar LSZH Heavy Duty DC del fabricante TOP CABLE, Al, 400 mm2, unipolar, tensión asignada 1,5 kV DC, Tª máxima del conductor: 90 °C, libre de halógenos.					530,00	28,65	15.184,50
5.4	m Cable RV Powerhard, Al, 1x240 mm2, CA, PV Suministro e instalación de cable RV Powerhard del fabricante TOP CABLE, Al, 240 mm2, unipolar, tensión asignada 0,6/1 kV, Tª máxima del conductor: 90 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. aislamiento de polietileno reticulado tipo DIX-3 según HD 603-1 y tipo XLPE según IEC 60502-1					6.600,00	18,43	121.638,00
5.5	m Cable RHZ1-OL, Al, 1x95 mm2, CA, BESS Suministro e instalación de cable AL RHZ1-OL del fabricante PRYSMIAN, Al, 95 mm2, unipolar, tensión asignada 12/20 kV, Tª máxima del conductor: 90 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. aislamiento de polietileno reticulado tipo XLPE.					45,00	17,00	765,00
5.6	m Cable RHZ1-OL, Al, 1x150 mm2, CA, PV Suministro e instalación de cable AL RHZ1-OL del fabricante PRYSMIAN, Al, 150 mm2, unipolar, tensión asignada 12/20 kV, Tª máxima del conductor: 90 °C, no propagador de llama según UNE-EN-60332-1-2. aislamiento de polietileno reticulado tipo XLPE.					1.365,00	25,00	34.125,00
5.7	m Cable desnudo, Cu, 1x16 mm2, CA, Red de tierras Cable desnudo, Cobre, sección 16 mm2, necesario para la conexión de todos los seguidores solares.					486,00	0,65	315,90
5.8	m Cable desnudo, Cu, 1x35 mm2, CA, Red de tierras Cable desnudo, Cobre, sección 35 mm2, necesario para la red de tierras.					3.812,00	3,45	13.151,40
5.9	m Cable desnudo, Cu, 1x50 mm2, CA, Red de tierras Cable desnudo, Cobre, sección 50 mm2, necesario para la puesta a tierra de los centros de transformación.					110,00	5,65	621,50
5.10	ud Picas de puesta a tierra Suministro de picas de cobre desnudo, 2 metros de longitud, necesarias para la puesta a tierra de los centros de transformación.					12,00	22,00	264,00
5.11	ud Conector macho CC Conector macho conexionado string - Instalación fotovoltaica							

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
							345,00	1,80	621,00
5.12	ud Conector hembra CC								
	Conector hembra conexionado string - Instalación fotovoltaica								
							345,00	1,80	621,00
	TOTAL CAPÍTULO 5 Instalación eléctrica.....								225.618,90

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 6 Control y comunicaciones									
6.1	m Cable fibra óptica Suministro e instalación de cable de fibra óptica monomodo de 12 fibras para transmisión de señales y datos para control, maniobra y automatismos. Incluye todos los elementos auxiliares, cajas de empalmes, conexiones, latiguillos y pequeño material.								
							1.100,00	10,87	11.957,00
6.2	ud Rack de comunicaciones Suministro e instalación de Rack de Comunicaciones completo para la conexión de los centros de transformación con el sistema de control y comunicación central de la planta hibridada. Incluye terminales, latiguillos y pequeño material.								
							1,00	2.600,00	2.600,00
6.3	ud Sistema SCADA Suministro e instalación de sistema SCADA para monitorización y control de la planta hibridada.								
							1,00	19.900,00	19.900,00
TOTAL CAPÍTULO 6 Control y comunicaciones.....									34.457,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTIURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 7 Sistema de seguridad									
7.1	Ud Sistema de seguridad y videovigilancia								
	Suministro, instalación y montaje de sistema perimetral de seguridad y videovigilancia.								
	Incluye:								
	- Postes de acero galvanizado para montaje de videocámaras								
	- Videocámaras de seguridad								
	- Sistema de administración y grabación								
	- Sistema de visualización								
	- Equipos de alimentación y suministro de energía								
	- Cableados, ductos y conectores necesarios especificados por el fabricante para la correcta transmisión de las señales.								
							1,00	20.000,00	20.000,00
	TOTAL CAPÍTULO 7 Sistema de seguridad								20.000,00

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTIURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 8 Seguridad y Salud									
8.1	PA Seguridad y Salud								
	Partida alzada a justificar por el cumplimiento de la normativa aplicable en materia de seguridad y salud según especifica el Estudio de seguridad y salud del proyecto.								
							1,00	61.524,75	61.524,75
	TOTAL CAPÍTULO 8 Seguridad y Salud								61.524,75

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 9 Gestión de residuos									
9.1	PA Gestión de residuos								
	Partida alzada a justificar para la correcta gestión de los residuos derivados de la construcción de la instalación hibridada.								
							1,00	13.300,00	13.300,00
	TOTAL CAPÍTULO 9 Gestión de residuos.....								13.300,00
	TOTAL.....								7.531.132,76

RESUMEN DE PRESUPUESTO

PSFV 5 MW + BESS 2 MW - "PSFV Alhama"

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	Trabajos previos.....	24.000,00	0,32
2	Suministro y montaje de equipos principales	6.959.785,98	92,41
3	Obra civil.....	130.213,30	1,73
4	Instalación mecánica.....	62.232,83	0,83
5	Instalación eléctrica.....	225.618,90	3,00
6	Control y comunicaciones.....	34.457,00	0,46
7	Sistema de seguridad	20.000,00	0,27
8	Seguridad y Salud.....	61.524,75	0,82
9	Gestión de residuos.....	13.300,00	0,18
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	7.531.132,76	
	13,00% Gastos generales	979.047,26	
	6,00% Beneficio industrial.....	451.867,97	
	SUMA DE G.G. y B.I.	1.430.915,23	
	21,00% I.V.A.....	1.882.030,08	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	10.844.078,07	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	10.844.078,07	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DIEZ MILLONES OCHOCIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL SETENTA Y OCHO EUROS con SIETE CÉNTIMOS

, a 7 de mayo de 2025.

El promotor

La dirección facultativa

El autor del Proyecto Fin de Máster

DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

DOCUMENTO VII

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Málaga, septiembre de 2025

(Página en blanco)

Índice

1. Introducción.....	1
1.1 Objeto	1
1.2 Datos del proyecto y del Estudio de Seguridad y Salud.....	1
2. Memoria	1
2.1 Descripción técnica del proyecto.....	1
2.2 Emplazamiento	2
2.3 Acceso y vallado.....	2
2.4 Interferencias y servicios afectados	2
2.5 Suministro de energía eléctrica.....	2
2.6 Suministro de agua potable.....	3
2.7 Vertido de aguas residuales	3
3. Análisis de riesgos y su prevención.....	3
3.1 Obra civil	3
3.1.1 Movimiento de tierras y cimentaciones.....	3
3.1.1.1 Riesgos asociados a la excavación	3
3.1.1.2 Medidas de prevención a aplicar en la excavación.....	4
3.1.1.3 Equipos de protección individual (EPIs) a utilizar en la excavación	6
3.1.1.4 Riesgos asociados a la cimentación.....	6

3.1.1.5 Medidas de prevención a aplicar en la cimentación	6
3.1.1.6 Equipos de protección individual (EPIs) a utilizar en la cimentación.....	8
3.1.2 Trabajos de albañilería.....	8
3.1.2.1 Riesgos asociados a esta actividad	8
3.1.2.2 Medidas de prevención a aplicar	9
3.1.2.3 Equipos de protección individual a utilizar	10
3.1.3 Trabajos de pintura	10
3.1.3.1 Riesgos asociados a esta actividad	10
3.1.3.2 Medidas de prevención a aplicar	10
3.1.3.3 Equipos de protección individual a utilizar	13
3.1.4 Acabados	13
3.1.4.1 Riesgos asociados a esta actividad	13
3.1.4.2 Medidas de prevención a aplicar	13
3.1.4.3 Equipos de protección individual a utilizar	14
3.1.5 Trabajos de soldadura.....	15
3.1.5.1 Identificación de unidades constructivas.....	15
3.1.5.2 Descripción de los trabajos.....	15
3.2 Maquinaria a emplear	46
3.2.1 Retroexcavadora	46
3.2.1.1 Riesgos asociados a esta actividad	46



3.2.1.2 Medidas de prevención a aplicar	47
3.2.1.3 Equipos de protección individual a utilizar	48
3.2.2 Grúa	49
3.2.2.1 Riesgos asociados a esta actividad	49
3.2.2.2 Medidas de prevención a aplicar	49
3.2.2.3 Equipos de protección individual a utilizar	51
3.2.3 Maquinillo	52
3.2.3.1 Riesgos asociados a esta actividad	52
3.2.3.2 Medidas de prevención a aplicar	52
3.2.3.3 Equipos de protección individual a utilizar	54
3.2.4 Máquinas y herramientas manuales.....	55
3.2.4.1 Riesgos asociados a esta actividad	55
3.2.4.2 Medidas de prevención generales a aplicar en la actividad.....	55
3.2.4.3 Medidas de prevención a aplicar según tipo de máquina/herramienta manual	58
3.2.4.4 Equipos de protección individual a utilizar	59
3.3 Medios auxiliares.....	60
3.3.1 Andamios tubulares	60
3.3.1.1 Riesgos asociados a esta actividad	60
3.3.1.2 Medidas de prevención a aplicar	60



3.3.1.3 Equipos de protección individual a utilizar	64
3.3.2 Escaleras	65
3.3.2.1 Riesgos asociados a esta actividad	65
3.3.2.2 Medidas de prevención generales a aplicar	65
3.3.2.3 Medidas de prevención a aplicar según tipo de escalera	67
3.3.2.4 Equipos de protección a utilizar	68
3.4 Instalaciones provisionales	68
3.4.1. Instalación provisional eléctrica	68
3.4.1.1 Riesgos asociados a esta actividad	69
3.4.1.2 Medidas de prevención a aplicar	70
3.4.1.3 Equipos de protección individual a utilizar	73
4. Medicina preventiva y asistencial.....	73
4.1 Reconocimientos médicos.....	73
4.2 Asistencia de accidentados.....	73
5. Pliego de condiciones.....	75
5.1 Normativa aplicable.....	75
5.2 Aspectos relativos a los equipos de protección colectiva.....	78
5.3 Aspectos relativos al uso de equipos de protección individual	78
5.4 Señalización en el área de obra.....	79

5.5 Medidas de seguridad aplicables a equipos, maquinaria y medios auxiliares.....	80
5.6 Formación e información dirigida a los trabajadores	81
5.7 Procedimientos de actuación ante un accidente laboral	82
5.8 Notificación inmediata en caso de accidente.....	83
5.9 Seguridad en la obra	84
5.10 Estudio de Seguridad y Salud.....	84
5.11 Obligaciones de cada contratista adjudicatario en materia de seguridad y salud	85
5.12 Coordinador de Seguridad y Salud.....	86
5.13 Libro de Incidencias	87
5.14 Seguro de Responsabilidad Civil y Patronal	88
5.15 Subcontratación	88
6. Presupuesto	90
7. Planos.....	91

Índice de ilustraciones

Ilustración I – Pictogramas a emplear en trabajos de pintura.....	12
---	----

Índice de tablas

Tabla I – Distancias de seguridad a elementos en tensión	40
Tabla II – Presupuesto Estudio de Seguridad y Salud.....	90

1. Introducción

1.1 Objeto

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en el Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

El objetivo del Estudio de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista redacte el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, en el que se detallarán, estudiarán y desarrollarán las medidas preventivas específicas conforme a las características particulares de la ejecución del proyecto.

1.2 Datos del proyecto y del Estudio de Seguridad y Salud

- Denominación del proyecto: PSFV Alhama
- Duración estimada de la obra: 12 meses
- N.º máximo de trabajadores en obra: 15
- N.º medio de trabajadores en obra: 12

2. Memoria

2.1 Descripción técnica del proyecto

Los datos del proyecto se definen en el apartado 3. Descripción de la instalación, del Documento I – Memoria.

2.2 Emplazamiento

La ubicación del proyecto se define en el apartado 2. Caracterización de la zona de implantación, del Documento I – Memoria.

2.3 Acceso y vallado

Con carácter previo al inicio de los trabajos, se dispondrá del vallado perimetral provisional con el objetivo de impedir el acceso de cualquier persona ajena a la obra.

Los accesos de materiales y para el personal estarán debidamente señalizados.

2.4 Interferencias y servicios afectados

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más sociedades, estas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales. A tal fin, establecerán los medios de coordinación que sean necesarios en cuanto a la protección y prevención de riesgos laborales y la información sobre los mismos a sus respectivos trabajadores, según los términos previstos en los artículos 18 y 24 de la Ley de Prevención de Riesgos, este último referente a Coordinación de actividades empresariales.

Antes de iniciar los trabajos, el contratista encargado de estos deberá informarse de la existencia o situación de las diversas canalizaciones de servicios existentes, tales como electricidad, agua, gas, etc. y su zona de influencia. En el caso de encontrarse con ellas, se deberán señalar convenientemente, se protegerán con medios adecuados y, si fuese necesario, se deberá entrar en contacto con el responsable del servicio que afecte al área de los trabajos para decidir de común acuerdo las medidas preventivas a adoptar, o en caso extremo, solicitar la suspensión temporal del suministro del elemento en cuestión.

2.5 Suministro de energía eléctrica

La acometida a las obras será por cuenta de la Propiedad, proporcionando un punto de enganche en el lugar del emplazamiento de estas.

2.6 Suministro de agua potable

Se consultará a la Propiedad sobre la posible conexión en el emplazamiento de la obra para suministro de agua. En caso de que el suministro no pueda realizarse, se dispondrán de los medios necesarios para abastecerse desde el exterior antes del comienzo de la obra.

2.7 Vertido de aguas residuales

Se conectarán a la red de alcantarillado existente en las inmediaciones de la ubicación de las obras. En el caso de no existir red de alcantarillado, se dispondrá de una fosa séptica provisional, con capacidad adecuada, desde el principio de las obras a la cual se conducirán las aguas sucias de los servicios higiénicos.

3. Análisis de riesgos y su prevención

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividirán las obras en una serie de trabajos por especialidades o unidades constructivas, dentro de cada uno de los apartados correspondientes a la obra civil y al montaje, así como en una serie de equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la ejecución de estas. El siguiente análisis de riesgos sobre el proyecto de ejecución podrá ser variado por cada uno de los contratistas adjudicatarios en su propio Plan de Seguridad y Salud, cuando sea adaptado a la tecnología de construcción que les sea de aplicación.

3.1 Obra civil

3.1.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CIMENTACIONES

Dentro de la fase de obra, se consideran las siguientes operaciones a realizar:

- Excavación
- Cimentación: correspondiente a casetas de equipos electrónicos

3.1.1.1 Riesgos asociados a la excavación

- Caídas al mismo nivel



- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Atrapamiento por o entre objetos
- Atrapamiento por vuelco de máquinas
- Sobreesfuerzos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Contactos eléctricos
- Exposición al ruido
- Proyección de fragmentos o partículas
- Choque contra objetos inmóviles

3.1.1.2 Medidas de prevención a aplicar en la excavación

- Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- En caso de ser necesario, se colocará vallado perimetral de obra alrededor de la misma.
- Se prohibirá trabajar o permanecer observando dentro del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras.
- En los trabajos de excavación en general se adoptarán las precauciones necesarias para evitar derrumbamientos, según la naturaleza y condiciones del terreno y forma de realizar los trabajos.
- Todas las excavaciones de obra se señalarán en todo su perímetro con el fin de evitar caídas a distinto nivel. Cuando la profundidad de la excavación sea superior a 2 metros, se deberá proteger mediante el uso de barandillas con suficiente rigidez y estabilidad.

- En caso de presencia de agua en la obra, se procederá de inmediato a su achique, en prevención de alteraciones del terreno que repercutan en la estabilidad de las excavaciones.
- Cuando las zanjas o excavaciones tengan una profundidad superior a 1,5 metros y cuando por las características del terreno exista peligro de derrumbamiento, se llevará a cabo la entibación de la zanja y/o excavación, quedando prohibido llevar a cabo cualquier tipo de trabajo sin realizar esta operación previa.
- Se paralizarán los trabajos a realizar al pie de las entibaciones cuya garantía de estabilidad no sea firme u ofrezca dudas. En este caso, antes de realizar cualquier otro trabajo debe reforzarse o apuntalarse la entibación.
- Se prohibirán los trabajos en la proximidad de postes eléctricos, de telégrafo, etc. cuya estabilidad no quede garantizada antes del inicio de las tareas.
- Deberán eliminarse los árboles, arbustos y matorrales cuyas raíces hayan quedado al descubierto, mermando la estabilidad propia y del corte efectuado del terreno.
- Las paredes de la excavación se controlarán cuidadosamente después de grandes lluvias o heladas, desprendimientos o cuando se interrumpa el trabajo por más de un día.
- En presencia de conducciones o servicios subterráneos imprevistos se paralizarán de inmediato los trabajos, dando aviso urgente a la dirección de la obra. Las tareas se reanudarán cuando la dirección de obra lo considere oportuno.
- Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno.
- No se apilarán materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso por las mismas.
- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de excavación no superior a los 4 metros.

3.1.1.3 Equipos de protección individual (EPIs) a utilizar en la excavación

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra proyección de partículas
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Protecciones auditivas para el personal cuya exposición al ruido supere los niveles permitidos
- Botas de seguridad con puntera reforzada
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.1.1.4 Riesgos asociados a la cimentación

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas

3.1.1.5 Medidas de prevención a aplicar en la cimentación

- Antes del inicio de los trabajos se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o desplazamientos del terreno.
- Se deberá revisar el estado de las zanjas a intervalos regulares en aquellos casos en los que puedan recibir empujes por proximidad de caminos transitados por vehículos y en especial si en la proximidad se establecen tajos con uso de martillos



neumáticos, compactaciones por vibración o paso de maquinaria para el movimiento de tierras.

- Cuando la profundidad de la zanja o excavación sea igual o superior a los dos metros, se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria situada a una distancia mínima de 2 metros del borde.
- Se dispondrán pasarelas de madera de 60 centímetros de anchura, bordeados con barandillas sólidas de 90 centímetros de altura y una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- Mientras se está realizando el vertido del hormigón, se vigilarán los encofrados y se reforzarán los puntos débiles. En caso de fallo, lo más recomendable es parar el vertido y no reanudarlo hasta que el comportamiento del encofrado sea el requerido.
- Las zonas de trabajo dispondrán de acceso fácil y seguro y se mantendrán en todo momento limpias y ordenadas, tomándose las medidas necesarias para que el suelo no esté o no resulte peligroso.
- Si los trabajos requieren iluminación, se efectuará mediante torretas aisladas con toma de tierra en las que se instalarán proyectores de intemperie alimentados a través de un cuadro eléctrico general de la obra.
- Si los trabajos requieren iluminación portátil, ésta se realizará mediante lámparas a 24 voltios. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora, carcasa y mango aislados eléctricamente.
- Los pozos de cimentación y zanjas estarán correctamente señalizados para evitar caídas a distinto nivel del personal de obra.
- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de cimentación no superior a los 4 metros.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón, para evitar el riesgo de caídas de estas a otro nivel.

- Todas las máquinas accionadas eléctricamente tendrán sus correspondientes protecciones a tierra e interruptores diferenciales, manteniendo en buen estado todas las conexiones y cables.
- Las conexiones eléctricas se efectuarán mediante mecanismos estancos de intemperie.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigoneras durante el retroceso.
- Se instalará un cable de seguridad amarrado a puntos sólidos en el que enganchar el mosquetón del arnés de seguridad en los tajos de riesgo de caída en altura

3.1.1.6 Equipos de protección individual (EPIs) a utilizar en la cimentación

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra proyección de partículas
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Guantes de goma para el trabajo con el hormigón
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Protecciones auditivas para el personal cuya exposición al ruido supere los niveles permitidos
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.1.2 TRABAJOS DE ALBAÑILERÍA

3.1.2.1 Riesgos asociados a esta actividad

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos

- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes por objetos o herramientas
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos
- Proyección de fragmentos o partículas

3.1.2.2 Medidas de prevención a aplicar

- Se comprobará al comienzo de cada jornada el estado de los medios auxiliares que van a ser utilizados en los trabajos.
- Los tajos estarán convenientemente iluminados. De no ser así se instalarán fuentes de luz adicionales, con rejilla de protección y una tensión de alimentación de 24 voltios.
- Las operaciones de carga, descarga y traslado, ya sea manual, como mecánicamente, se realizarán siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Los medios auxiliares serán instalados siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Se pondrá especial atención en la utilización de las herramientas cortantes. No obstante, se seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- El lugar de trabajo se mantendrá ordenado, limpio y señalizado en todo momento, así como el lugar destinado al almacenamiento de materiales.
- Cuando se vaya a proceder a la colocación de peldaños o rodapiés en las escaleras, se acotarán los pisos inferiores de las zonas donde se esté trabajando, para evitar que circule nadie por lugares con riesgo de caída de objetos.
- Las máquinas herramientas seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.

3.1.2.3 Equipos de protección individual a utilizar

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas de protección contra la proyección de fragmento o partículas
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Bolsa portaherramientas
- Ropa de trapajo para el mal tiempo

3.1.3 TRABAJOS DE PINTURA

3.1.3.1 Riesgos asociados a esta actividad

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Exposición a sustancias nocivas
- Incendios

3.1.3.2 Medidas de prevención a aplicar

- Se tendrá siempre en cuenta que las pinturas pueden llevar compuestos molestos, tóxicos o inflamables.
- Cuando se pinte en el interior de espacios cerrados se dispondrá de una renovación del aire de estos, a la frecuencia que se determine con anterioridad al comienzo de los trabajos.



- Cuando se pinte a pistola se usarán gafas panorámicas estancas y antiempañantes y respiradores con filtro para gases orgánicos y prefiltro mecánico. Se pondrá especial atención en la utilización de las herramientas cortantes. No obstante, se seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Se prohibirá pintar y pulverizar en sitios donde pueden aparecer llamas, chispas o zonas muy calientes, sin disminuir previamente la carga de fuego existente en la zona.
- Se prohibirá fumar o comer en las estancias en las que se pinte con pinturas que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos. Asimismo, será obligatorio lavarse bien con abundante agua y jabón antes de comer y fumar.
- Se prohibirá el uso de aire comprimido para la limpieza de ropas y de la piel.
- Se prohibirá el uso de oxígeno u otro gas para pulverizar líquidos inflamables y especialmente pintura.
- Identificación de sustancias peligrosas
- Un punto clave para una actuación preventiva ante las sustancias químicas radica en que toda persona que pueda verse expuesta a la acción peligrosa de éstas, tenga la información precisa que le permita conocer su peligrosidad y las precauciones a seguir en su manejo.
- Dos son las formas fundamentales que facilitan disponer de dicha información: el correcto etiquetado de los envases contenedores de sustancias peligrosas y las fichas informativas de los productos.
- La etiqueta de una sustancia peligrosa debe contener la siguiente información:
 - Nombre de la sustancia y su concentración
 - Nombre de quien fabrique, envase, comercialice e importe la sustancia y la dirección
 - Pictograma normalizado de indicación de peligro
 - Riesgos específicos de la sustancia (Frasas R)
 - Consejos de prudencia (Frasas S)
- Los pictogramas que deberán de figurar serán los siguientes:

C					
	Explosivo		Fácilmente inflamable		Extremadamente inflamable
	Comburente		Tóxico		Muy tóxico
	Corrosivo		Nocivo		Iritante

Ilustración I – Pictogramas a emplear en trabajos de pintura

- Las fichas informativas de productos constituyen un sistema complementario al etiquetado, muy útil para los usuarios profesionales, que les permite tomar medidas para una correcta prevención del riesgo en el lugar de trabajo. Se trata generalmente de fichas técnicas que en función de su destino recogerán los diferentes aspectos preventivos y/o de emergencia a tener en cuenta.
- La información que deberán contener las fichas es la siguiente:
 - Composición/Información sobre los componentes
 - Identificación de peligros
 - Primeros auxilios o Medidas de lucha contra incendios
 - Medidas a tomar en caso de vertido accidental
 - Manipulación y almacenamiento
 - Controles de exposición / Protección personal
 - Propiedades físicas y químicas
 - Estabilidad y reactividad
 - Información toxicológica
 - Informaciones ecológicas
 - Consideraciones sobre la eliminación
 - Información relativa al transporte

3.1.3.3 Equipos de protección individual a utilizar

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas panorámicas estancas y antiempañantes
- Equipos filtrantes de partículas
- Guantes contra las agresiones químicas
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de protección contra agresiones químicas
- Ropa de trapajo para el mal tiempo

3.1.4 ACABADOS

3.1.4.1 Riesgos asociados a esta actividad

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos

3.1.4.2 Medidas de prevención a aplicar

- Se comprobará el estado de los medios auxiliares empleados en los trabajos al comienzo de cada jornada

- Los tajos estarán convenientemente iluminados. De no ser así se instalarán fuentes de luz adicionales, con rejilla de protección y una tensión de alimentación de 24 voltios.
- Las operaciones de carga, descarga y traslado, ya sea manual, como mecánicamente, se realizarán siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Los medios auxiliares serán instalados siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Se pondrá especial atención a la utilización de las herramientas cortantes. No obstante, se seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- El lugar de trabajo se mantendrá limpio y señalizado, lo mismo que el destinado al corte de cristales, cerámica, etc y el lugar de almacenamiento de materiales.
- Las herramientas de corte se encontrarán en perfecto estado de mantenimiento.
- Las máquinas herramientas siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.

3.1.4.3 Equipos de protección individual a utilizar

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas contra la proyección de fragmento o partículas
- Guantes de trabajo
- Guantes contra las agresiones de pinchazos o cortes para los cristaleros
- Guantes de goma contra las agresiones del cemento para los soldadores
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trapajo para el mal tiempo
- Bolsa portamaletas para el material

3.1.5 TRABAJOS DE SOLDADURA

3.1.5.1 Identificación de unidades constructivas

- Montaje y/o desmontaje de los componentes mecánicos y eléctricos
 - Estructura metálica soporte
 - Transformadores de tensión e intensidad
 - Interruptores
 - Seccionadores
 - Bandejas y canalizaciones de cables
 - Tubos de embarrado y conexiones
- Montaje y/o desmontaje de los componentes de control
 - Armarios de control
 - Relés y protecciones
 - Relés de protecciones
 - Equipos de comunicaciones
 - Equipos de control integrado
 - Remotas de control
- Cableados de interconexión
 - Tendido y conexionado
- Montaje y/o desmontaje de los servicios auxiliares de C.A y C.C.
 - Transformador de potencia
 - Cuadros de distribución
- Montaje y/o desmontaje de instalaciones complementarias
 - Alumbrado
- Ensayos y pruebas finales

3.1.5.2 Descripción de los trabajos

3.1.5.2.1 Riesgos asociados a la manipulación manual de cargas

Se entenderá por manipulación manual de cargas cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, así como el levantamiento,

colocación, empuje, tracción o desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, particularmente dorsolumbares, para los trabajadores.

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Choque contra objetos inmóviles
- Golpes por objetos o herramientas
- Sobreesfuerzos

3.1.5.2.2 Medidas de prevención a aplicar en manipulación manual de cargas

- Para levantar una carga hay que aproximarse a ella. El centro de gravedad del operario deberá estar lo más próximo que sea posible y por encima del centro de gravedad de la carga.
- El equilibrio imprescindible para levantar una carga correctamente, sólo se consigue si los pies están bien situados:
 - Enmarcando la carga
 - Ligeramente separados
 - Ligeramente adelantado uno respecto del otro.
- Técnica segura del levantamiento:
 - Situar el peso cerca del cuerpo.
 - Mantener la espalda plana.
 - No doblar la espalda mientras levanta la carga.
 - Usar los músculos más fuertes, como son los de los brazos, piernas y muslos.
- Coger mal un objeto para levantarlo provoca una contracción involuntaria de los músculos de todo el cuerpo. Para sentir mejor un objeto al cogerlo, lo correcto es

hacerlo con la palma de la mano y la base de los dedos. Para cumplir este principio y tratándose de objetos pesados, se puede, antes de cogerlos, prepararlos sobre calzos para facilitar la tarea de meter las manos y situarlas correctamente.

- Las cargas deberán levantarse manteniendo la columna vertebral recta y alineada.
- Para mantener la espalda recta se deberán “meter” ligeramente los riñones y bajar ligeramente la cabeza.
- El arquear la espalda entraña riesgo de lesión en la columna, aunque la carga no sea demasiado pesada.
- La torsión del tronco, sobre todo si se realiza mientras se levanta la carga, puede igualmente producir lesiones.
- En este caso, es preciso descomponer el movimiento en dos tiempos: primero levantar la carga y luego girar todo el cuerpo moviendo los pies a base de pequeños desplazamientos. O bien, antes de elevar la carga, orientarse correctamente en la dirección de marcha que luego tomaremos, para no tener que girar el cuerpo.
- Se utilizarán los músculos de las piernas para dar el primer impulso a la carga que vamos a levantar. Para ello flexionaremos las piernas, doblando las rodillas, sin llegar a sentarnos en los talones, pues entonces resulta difícil levantarse (el muslo y la pantorrilla deben formar un ángulo de más de 90°)
- Los músculos de las piernas deberán utilizarse también para empujar un vehículo, un objeto, etc.
- En la medida de lo posible, los brazos deberán trabajar a tracción simple, es decir, estirados. Los brazos deberán mantener suspendida la carga, pero no elevarla.
- La carga se llevará de forma que no impida ver lo que tenemos delante de nosotros y que estorbe lo menos posible al andar de forma natural.
- En el caso de levantamiento de un bidón o una caja, se conservará un pie separado hacia atrás, con el fin de poderse retirar rápidamente en caso de que la carga bascule.
- Para transportar una carga, ésta deberá mantenerse pegada al cuerpo, sujetándola con los brazos extendidos, no flexionados.

- Este proceder evitará la fatiga inútil que resulta de contraer los músculos del brazo, que obliga a los bíceps a realizar un esfuerzo de quince veces el peso que se levanta.
- La utilización del peso de nuestro propio cuerpo para realizar tareas de mantenimiento manual permitirá reducir considerablemente el esfuerzo a realizar con las piernas y brazos.
- El peso del cuerpo puede ser utilizado:
 - Empujando para desplazar un móvil (carretilla, por ejemplo), con los brazos extendidos y bloqueados para que nuestro peso se transmita íntegro al móvil.
 - Tirando de una caja o un bidón que se desea tumbar, para desequilibrarlo.
 - Resistiendo para frenar el descenso de una carga, sirviéndonos de nuestro cuerpo como contrapeso.
- En todas estas operaciones deberá ponerse cuidado en mantener la espalda recta.
- Para levantar una caja grande del suelo, el empuje deberá aplicarse perpendicularmente a la diagonal mayor, para que la caja pivote sobre su arista.
- Si el ángulo formado por la dirección de empuje y la diagonal es mayor de 90° , lo que conseguimos hacer será deslizar a la caja hacia adelante, pero nunca levantarla.
- Para depositar en un plano inferior algún objeto que se encuentre en un plano superior, se aprovechará su peso y nos limitaremos a frenar su caída.
- Para levantar una carga que luego va a ser depositada sobre el hombro, deberán encadenarse las operaciones, sin pararse, para aprovechar el impulso que hemos dado a la carga para despegarla del suelo.
- Las operaciones de mantenimiento en las que intervengan varias personas deberán excluir la improvisación, ya que una falsa maniobra de uno de los portadores puede lesionar a varios.



- Deberá designarse un jefe de equipo que dirigirá el trabajo y que deberá atender a:
 - La evaluación del peso de la carga a levantar para determinar el número de portadores precisos, el sentido del desplazamiento, el recorrido a cubrir y las dificultades que puedan surgir.
 - La determinación de las fases y movimientos de que se compondrá la maniobra.
 - La explicación a los portadores de los detalles de la operación (ademanes a realizar, posición de los pies, posición de las manos, agarre, hombro a cargar, cómo pasar bajo la carga, etc.)
 - La situación de los portadores en la posición de trabajo correcta, reparto de la carga entre las personas según su talla (los más bajos delante en el sentido de la marcha).
- El transporte se deberá efectuar:
 - Estando el portador de detrás ligeramente desplazado con respecto al de delante, para facilitar la visibilidad de aquél.
 - A contrapié, (con el paso desfasado), para evitar las sacudidas de la carga.
 - Asegurando el mando de la maniobra; será una sola persona (el jefe de la operación), quién dé las órdenes preparatorias, de elevación y transporte.
- Se mantendrán libres de obstáculos y paquetes los espacios en los que se realiza la toma de cargas.
- Los recorridos, una vez cogida la carga, serán lo más cortos posibles. • Nunca deberán tomarse las cajas o paquetes estando en situación inestable o desequilibrada.
- Será conveniente preparar la carga antes de cogerla.
- Se aspirará en el momento de iniciar el esfuerzo.
- El suelo se mantendrá limpio para evitar el riesgo de caídas al mismo nivel.
- Si los paquetes o cargas pesan más de 50 Kg., aproximadamente, la operación de movimiento manual se realizará por dos operarios.
- En cada hora de trabajo deberá tomarse algún descanso o pausa

3.1.5.2.3 EPIs a utilizar en la manipulación manual de cargas

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

3.1.5.2.4 Riesgos asociados al izado de cargas

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caída de objetos en manipulación
- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Atrapamientos por o entre objetos
- Sobreesfuerzos

3.1.5.2.5 Medidas de prevención a aplicar al izado de cargas

- Los accesorios de elevación resistirán los esfuerzos a que estén sometidos durante el funcionamiento y, si procede, cuando no funcionen, en las condiciones de instalación y explotación previstas por el fabricante y en todas las configuraciones correspondientes, teniendo en cuenta, en su caso, los efectos producidos por los factores atmosféricos y los esfuerzos a que los sometan las personas. Este requisito deberá cumplirse igualmente durante el transporte, montaje y desmontaje.
- Los accesorios de elevación se diseñarán y fabricarán de forma que se eviten los fallos debidos a la fatiga o al desgaste, habida cuenta de la utilización prevista.
- Los materiales empleados deberán elegirse teniendo en cuenta las condiciones ambientales de trabajo que el fabricante haya previsto, especialmente en lo que respecta a la corrosión, abrasión, choques, sensibilidad al frío y envejecimiento.



- El diseño y fabricación de los accesorios serán tales que puedan soportar sin deformación permanente o defecto visible las sobrecargas debidas a las pruebas estáticas.

Cuerdas

- Una cuerda es un elemento textil cuyo diámetro no es inferior a 4 milímetros, constituida por cordones retorcidos o trenzados, con o sin alma.
- Las cuerdas para izar o transportar cargas tendrán un factor mínimo de seguridad de diez.
- No se deslizarán sobre superficies ásperas o en contacto con tierras, arenas o sobre ángulos o aristas cortantes, a no ser que vayan protegidas.
- Toda cuerda de cáñamo que se devuelva después de concluir un trabajo deberá ser examinada en toda su longitud.
- En primer lugar se deberán deshacer los nudos que pudiera tener, puesto que conservan la humedad y se lavarán las manchas. Después de bien seca, se buscarán los posibles deterioros: cortes, acuñaientos, ataques de ácidos, etc.
- Se procurará que no estén en contacto directo con el suelo, aislándolas de éste mediante estacas o paletas, que permitan el paso de aire bajo los rollos.
- Las cuerdas de fibra sintética deberán almacenarse a una temperatura inferior a los 60°.
- Se evitará el contacto con grasas, ácidos o productos corrosivos, así como inútiles exposiciones a la luz. Una cuerda utilizada en un equipo anticaídas, que ya haya detenido la caída de un trabajador, no deberá ser utilizada de nuevo, al menos para este cometido.
- Se examinarán las cuerdas en toda su longitud, antes de su puesta en servicio.
- Si se debe de utilizar una cuerda en las cercanías de una llama, se protegerá mediante una funda de cuero al cromo, por ejemplo.
- Las cuerdas que han de soportar cargas, trabajando a tracción, no han de tener nudo alguno. Los nudos disminuyen la resistencia de la cuerda.



- Es fundamental proteger las cuerdas contra la abrasión, evitando todo contacto con ángulos vivos y utilizando un guardacabos en los anillos de las eslingas.
- La presión sobre ángulos vivos puede ocasionar cortes en las fibras y producir una disminución peligrosa de la resistencia de la cuerda. Para evitarlo se deberá colocar algún material flexible (tejido, cartón, etc.) entre la cuerda y las aristas vivas.

Cables

- Un cordón está constituido por varios alambres de acero dispuestos helicoidalmente en una o varias capas. Un cable de cordones está constituido por varios cordones dispuestos helicoidalmente en una o varias capas superpuestas, alrededor de un alma.
- Los cables serán de construcción y tamaño apropiados para las operaciones en las cuales van a ser empleados.
- El factor de seguridad para los mismos no será inferior a seis.
- Los ajustes de ojales y los lazos para los ganchos, anillos y argollas, estarán provistos de guardacabos resistentes.
- Estarán siempre libres de nudos, sin torceduras permanentes y otros defectos.
- Se inspeccionará periódicamente el número de hilos rotos desechándose aquellos cables en que lo estén en más del 10% de los mismos, contados a lo largo de dos tramos del cableado, separados entre sí por una distancia inferior a ocho veces su diámetro.
- Los cables utilizados directamente para levantar o soportar la carga no deberán llevar ningún empalme, excepto el de sus extremos (únicamente se tolerarán los empalmes en aquellas instalaciones destinadas, desde su diseño, a modificarse regularmente en función de las necesidades de una explotación). El coeficiente de utilización del conjunto formado por el cable, y la terminación se seleccionará de forma que garantice un nivel de seguridad adecuado.
- El diámetro de los tambores de izar no será inferior a 20 veces el del cable, siempre que sea también 300 veces el diámetro del alambre mayor.

- Es preciso atenerse a las recomendaciones del fabricante de los aparatos de elevación, en lo que se refiere al tipo de cable a utilizar, para evitar el desgaste prematuro de este último e incluso su destrucción. En ningún caso se utilizarán cables distintos a los recomendados.
- Los extremos de los cables estarán protegidos por refuerzos para evitar el descableado.
- Los diámetros mínimos para el enrollamiento o doblado de los cables deben ser cuidadosamente observados para evitar el deterioro por fatiga.
- Antes de efectuar el corte de un cable, es preciso asegurar todos los cordones para evitar el deshilachado de éstos y descableado general.
- Antes de proceder a la utilización del cable para elevar una carga, se deberá de asegurar de que su resistencia es la adecuada.
- Para desenrollar una bobina o un rollo de cable, lo haremos rodar en el suelo, fijando el extremo libre a un punto, del que nunca se tirará, o bien dejar girar el soporte (bobina, aspa, etc.) colocándolo previamente en un bastidor adecuado provisto de un freno que impida tomar velocidad a la bobina.
- Para enrollar un cable se deberá proceder a la inversa en ambos casos.
- La unión de cables no deberá realizarse nunca mediante nudos, que los deterioran, sino utilizando guardacabos y mordazas sujeta cables.
- Normalmente los cables se suministran lubricados y para garantizar su mantenimiento es suficiente con utilizar el tipo de grasa recomendado por el fabricante. Algunos tipos de cables especiales no deben ser engrasados, siguiendo en cada caso las indicaciones del fabricante.
- El cable se examinará en toda su longitud y después de una limpieza que elimine la suciedad en el mismo.
- El examen de las partes más expuestas al deterioro o que presente alambres rotos se efectuará estando el cable en reposo.
- Los motivos de retirada de un cable serán:
 - Rotura de un cordón.
 - Reducción anormal y localizada del diámetro.

- Existencia de nudos.
- Cuando la disminución del diámetro del cable en un punto cualquiera, alcanza el 10% para los cables de cordones o el 3% para los cables cerrados.
- Cuando el número de alambres rotos visibles alcanza el 20% del número total de hilos del cable, en una longitud igual a dos veces el paso de cableado.
- Cuando la disminución de la sección de un cordón, medida en un paso cableado, alcanza el 40% de la sección total del cordón.

Cadenas

- Las cadenas serán de hierro forjado o acero.
- El factor de seguridad será al menos de cinco para la carga nominal máxima.
- Los anillos, ganchos, eslabones o argollas de los extremos serán del mismo material que las cadenas a las que van fijados.
- Todas las cadenas serán revisadas antes de ponerse en servicio.
- Cuando los eslabones sufran un desgaste excesivo o se hayan doblado o agrietado, serán cortados y reemplazados inmediatamente.
- Las cadenas se mantendrán libres de nudos y torceduras. ● Se enrollarán únicamente en tambores, ejes o poleas que estén provistas de ranuras que permitan el enrollado sin torceduras.
- La resistencia de una cadena es la de su componente más débil. Por ello conviene retirar las cadenas:
 - Cuyo diámetro se haya reducido en más de un 5%, por efecto del desgaste.
 - Que tengan un eslabón doblado, aplastado, estirado o abierto.
- Es conveniente que la unión entre el gancho de elevación y la cadena se realice mediante un anillo.
- No se deberá colocar nunca sobre la punta del gancho o directamente sobre la garganta de este.
- Bajo carga, la cadena deberá quedar perfectamente recta y estirada, sin nudos.
- La cadena deberá protegerse contra las aristas vivas.

- Deberán evitarse los movimientos bruscos de la carga, durante la elevación, el descenso o el transporte.
- Una cadena se fragiliza con tiempo frío y en estas condiciones, bajo el efecto de un choque o esfuerzo brusco, puede romperse instantáneamente.
- Las cadenas deberán ser manipuladas con precaución, evitando arrastrarlas por el suelo e incluso depositarlas en él, ya que están expuestas a los efectos de escorias, polvos, humedad y agentes químicos, además del deterioro mecánico que puede producirse.
- Las cadenas de carga instaladas en los equipos de elevación, deberán estar convenientemente engrasadas para evitar la corrosión que reduce la resistencia y la vida útil.

Ganchos

- Serán de acero o hierro forjado
- Estarán equipados con pestillos u otros dispositivos de seguridad para evitar que las cargas puedan salirse.
- Las partes que estén en contacto con cadenas, cables o cuerdas serán redondeadas.
- Dada su forma, facilitan el rápido enganche de las cargas, pero estarán expuestos al riesgo de desenganche accidental, por lo que éste debe prevenirse.
- No deberá tratarse de construir uno mismo un gancho de manutención, partiendo de acero que pueda encontrarse en una obra o taller, cualquiera que sea su calidad.
- Uno de los accesorios más útiles para evitar el riesgo de desenganche accidental de la carga es el gancho de seguridad, que va provisto de una lengüeta que impide la salida involuntaria del cable o cadena.
- Solamente deberán utilizarse ganchos provistos de dispositivo de seguridad contra desenganches accidentales y que presenten todas las características de una buena resistencia mecánica.
- No deberá tratarse de deformar un gancho para aumentar la capacidad de paso de cable.

- No deberá calentarse nunca un gancho para fijar una pieza por soldadura, por ejemplo, ya que el calentamiento modifica las características del acero.
- Un gancho abierto o doblado deberá ser destruido.
- Durante el enganchado de la carga se deberá controlar:
 - Que los esfuerzos sean soportados por el asiento del gancho, nunca por el pico.
 - Que el dispositivo de seguridad contra desenganche accidental funcione perfectamente.
 - Que ninguna fuerza externa tienda a deformar la abertura del gancho. En algunos casos, el simple balanceo de la carga puede producir estos esfuerzos externos.

Argollas y anillos

- Las argollas serán de acero forjado y constarán de un estribo y un eje ajustado, que habitualmente se roscará a uno de los brazos del estribo.
- La carga de trabajo de las argollas ha de ser indicada por el fabricante, en función del acero utilizado en su fabricación y de los tratamientos térmicos a los que ha sido sometida.
- No se sustituirá nunca el eje de una argolla por un perno, por muy buena que sea la calidad de éste.
- Los anillos tendrán diversas formas, aunque la que se recomendará es el anillo en forma de pera, al ser éste el de mayor resistencia.
- Es fundamental que conserven su forma geométrica a lo largo del tiempo.

Grilletes

- No se deberán sobrecargar ni golpear nunca.
- Al roscar el bulón deberá hacerse a fondo, menos media vuelta.
- Si se han de unir dos grilletes, deberá hacerse de forma que la zona de contacto entre ellos sea la garganta de la horquilla, nunca por el bulón.
- No podrán ser usados como ganchos.



- Los estrobos y eslingas trabajarán sobre la garganta de la horquilla, nunca sobre las patas rectas ni sobre el bulón.
- El cáncamo tendrá el espesor adecuado para que no se produzca la rotura del bulón por flexión ni por compresión diametral.
- No se calentará ni soldará sobre los grilletes

Eslingas

- Se tendrá especial cuidado con la resistencia de las eslingas. Las causas de su disminución son muy numerosas:
 - El propio desgaste por el trabajo.
 - Los nudos, que disminuyen la resistencia de un 30 a un 50%. Las soldaduras de los anillos terminales u ojales, aun cuando estén realizadas dentro de la más depurada técnica, producen una disminución de la resistencia del orden de un 15 a un 20%.
 - Los sujetacables, aun cuando se utilicen correctamente y en número suficiente. Las uniones realizadas de esta forma reducen la resistencia de la eslinga alrededor del 20%.
- Las soldaduras o las zonas unidas con sujetacables nunca se colocarán sobre el gancho del equipo elevador, ni sobre las aristas. Las uniones o empalmes deberán quedar en las zonas libres, trabajando únicamente a tracción.
- No deberán cruzarse los cables de dos ramales de eslingas distintas, sobre el gancho de sujeción, ya que en este caso uno de los cables estaría comprimido por el otro.
- Para enganchar una carga con seguridad, es necesario observar algunas precauciones:
 - Los ganchos que se utilicen han de estar en perfecto estado, sin deformaciones de ninguna clase.
 - Las eslingas y cadenas se engancharán de tal forma que la cadena o eslinga descansa en el fondo de la curvatura del gancho y no en la punta.



- Hay que comprobar el buen funcionamiento del dispositivo que impide el desenganche accidental de las cargas.
- Si el gancho es móvil, debe estar bien engrasado de manera que gire libremente.
- Se deben escoger las eslingas (cables, cadenas, etc.) o aparatos de elevación (horquillas, garras, pinzas) apropiados a la carga. No se deberá utilizar jamás alambre de hierro o acero cementado.
- Los cables utilizados en eslingas sencillas deben estar provistos en sus extremos de un anillo emplomado o cerrados por terminales de cable (sujetacables).
- Los sujetacables deben ser de tamaño apropiado al diámetro de los cables y colocados de tal forma que el asiento se encuentre en el lado del cable que trabaja.
- Las eslingas de cables no deberán estar oxidadas, presentar deformaciones ni tener mechas rotas o nudos.
- Los cables no deberán estar sometidos a una carga de maniobra superior a la sexta parte de su carga de rotura.
- Si no se sabe esta última indicación, se puede calcular, aproximadamente, el valor máximo de la carga de maniobra mediante: F (en Kg.) = $8 \times d^2$ (diámetro del cable en mm.)
- Las eslingas sinfín, de cable, deberán estar cerradas, bien sea mediante un emplomado efectuado por un especialista o bien con sujetacables. El emplomado deberá quedar en perfecto estado.
- Los sujetacables deberán ser al menos cuatro, estando su asiento en el lado del cable que trabaja, quedando el mismo número a cada lado del centro del empalme.
- Toda cadena cuyo diámetro del redondo que forma el eslabón se haya reducido en un 5% no deberá ser utilizada más.
- No se sustituirá nunca un eslabón por un bulón o por una ligadura de alambre de hierro, etc.
- No se debe jamás soldar un eslabón en una forja o con el soplete.



- Las cadenas utilizadas para las eslingas deberán ser cadenas calibradas; hay que proveer a sus extremos de anillos o ganchos.
- Las cadenas utilizadas en eslingas no deberán tener ni uno solo de sus eslabones corroído, torcido, aplastado, abierto o golpeado. Es preciso comprobarlas periódicamente eslabón por eslabón.
- Las cadenas de las eslingas no deberán estar sometidas a una carga de maniobra superior a la quinta parte de su carga de rotura. Si no se conoce este último dato, se puede calcular, aproximadamente, el valor de la carga de maniobra con ayuda de la siguiente fórmula: $F(\text{en Kg.}) = 6 \times d^2$ (diámetro del redondo en mm.)
- En el momento de utilizar las cadenas, se debe comprobar que no estén cruzadas, ni torcidas, enroscadas, mezcladas o anudadas.
- Procurar no utilizarlas a temperaturas muy bajas pues aumenta su fragilidad. Ponerlas tensas sin golpearlas.
- Hay que evitar dar a las eslingas dobleces excesivos, especialmente en los cantos vivos; con dicho fin se interpondrán entre las eslingas y dichos cantos vivos, materiales blandos: madera, caucho, trapos, cuero, etc.
- Comprobar siempre que la carga esté bien equilibrada y bien repartida entre los ramales, tensando progresivamente las eslingas.
- Después de usar las eslingas, habrá que colocarlas sobre unos soportes. Si han de estar colgadas de los aparatos de elevación, ponerlas en el gancho de elevación y subir éste hasta el máximo.
- Se verificarán las eslingas al volver al almacén.
- Toda eslinga deformada por el uso, corrosión, rotura de filamentos, se deberá poner fuera de servicio.
- Se engrasarán periódicamente los cables y las cadenas.
- Se destruirán las eslingas que han sido reconocidas como defectuosas e irreparables.



Trácteles

- Deberán estar perfectamente engrasados.
- Se prohibirá engrasar el cable del tráctel.
- Antes de cualquier maniobra deberá comprobarse:
 - El peso de carga para comprobar que el aparato que utilizamos es el adecuado.
 - Los amarres de la carga y la utilización de cantoneras.
 - Que la dirección del eje longitudinal del aparato sea la misma que la del cable (que no forme ángulo).
- No se deberá utilizar para esfuerzos superiores a la fuerza nominal del mismo, ya sea para elevación o tracción.
- No deberán maniobrarse al mismo tiempo las palancas de marcha hacia adelante o hacia atrás.
- Se deberá utilizar el cable adecuado a la máquina en cuanto al diámetro.
- Antes de iniciar cualquier maniobra deberá comprobarse la longitud del cable.
- Las máquinas deberán ser accionadas por un solo hombre.
- Se comprobará que el cable no está machacado o deshilado.

Poleas

- No sobrecargarlas nunca.
- Comprobar que son apropiadas a la carga que van a soportar.
- Comprobar que funcionan correctamente, que no existen holguras entre polea y eje, ni fisuras ni deformaciones que hagan sospechar que su resistencia a disminuido.
- Las gargantas de las poleas se acomodarán para el fácil desplazamiento y enrollado de los eslabones de las cadenas.
- Cuando se utilicen cables o cuerdas, las gargantas serán de dimensiones adecuadas para que aquéllas puedan desplazarse libremente y su superficie será lisa y con bordes redondeados.

- Revisar y engrasar semanalmente. Se sustituirá cuando se noten indicios de desgaste, o cuando se observe que los engrasadores no tomen grasa.
- Cuando una polea chirríe se revisará inmediatamente, engrasándola y sustituyéndola si presenta holgura sobre el eje.
- Las poleas se montarán siempre por intermedio de grilletes, a fin de que tengan posibilidad de orientación, evitando así que el cable tire oblicuamente a la polea.
- Se prohíbe terminantemente utilizar una polea montada de forma que el cable tire oblicuamente.
- Se prohíbe soldar sobre poleas.

3.1.5.2.6 EPIs a utilizar en el izado de cargas

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

3.1.5.2.7 Riesgos asociados al transporte de material

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Contactos eléctricos
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atropellos o golpes con vehículos

3.1.5.2.8 Medios de prevención a aplicar al transporte de material

- El vehículo de transporte sólo será utilizado por personal capacitado.
- No se transportarán pasajeros fuera de la cabina.

- Se subirá y bajará del vehículo de transporte de forma frontal.
- El conductor se limpiará el barro adherido al calzado, antes de subir al vehículo de transporte, para que no resbalen los pies sobre los pedales.
- Los caminos de circulación interna de la obra se cuidarán en previsión de barrizales excesivos que mermen la seguridad de la circulación.
- La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
- En todo momento se respetarán las normas marcadas en el código de circulación vial, así como la señalización de la obra.
- Si tuviera que parar en rampa, el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.
- Durante las operaciones de carga, el conductor permanecerá, o bien dentro de la cabina, o bien alejado del radio de acción de la máquina que efectúe la misma.
- Cualquier operación de revisión con la caja levantada se hará impidiendo su descenso mediante enclavamiento.
- Las maniobras dentro del recinto de la obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas y auxiliándose del personal de obra.

3.1.5.2.9 EPIs a utilizar en el transporte de material

- Casco de seguridad (cuando abandonen la cabina)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas de protección contra ambiente pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

3.1.5.2.10 Riesgos asociados al trabajo de soldadura autógena

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel

- Proyección de fragmentos o partículas
- Contactos térmicos
- Exposición a radiaciones

3.1.5.2.11 Medidas de prevención a aplicar en trabajo de soldadura autógena

- Se revisará periódicamente el estado de las mangueras, eliminando las que se encuentren agrietadas exteriormente.
- Las mangueras para conducción del acetileno serán de distinto color que las utilizadas para la conducción del oxígeno.
- Las conexiones de manguera tendrán rosca y fileteado diferentes de modo que sea imposible confundirlas y cambiarlas.
- Se deberá comprobar si las boquillas para la soldadura o el corte se hallan en buenas condiciones.
- Los sopletes deberán tener boquillas apropiadas y en buen estado. Si hay que limpiarlas se usará una aguja de latón para no deformarlas.
- Se ajustarán bien las conexiones, con llave si es necesario, antes de utilizar el gas.
- Antes de utilizar el equipo de soldadura o corte autógenos, habrá que asegurarse de que todas las conexiones de las botellas, reguladores y mangueras están bien hechas.
- Se comprobará si todos los materiales inflamables están alejados o protegerlos de las chispas por medio de pantallas, lonas ignífugas.
- Se colocarán extintores de polvo o anhídrido carbónico en las zonas donde se realicen trabajos de soldadura o corte.
- En los lugares de paso se deberán proteger las mangueras para evitar su deterioro.
- Antes de abrir las válvulas de las botellas de oxígeno y acetileno, se deberá comprobar que están cerradas las válvulas del manorreductor.
- Colocarse a un lado del regulador cuando se abran las válvulas de las botellas.
- Antes de encender el soplete se deberá dejar salir el aire o gas que puedan tener las mangueras, abriendo para ello el soplete

- Para encender la boquilla se deberá emplear un encendedor de fricción, no con cerillas que darían lugar a quemaduras en las manos.
- Para encender un soplete, las presiones deberán estar cuidadosamente reguladas:
 - Abrir ligeramente la espita del oxígeno.
 - Abrir mucho la espita del acetileno.
 - Encender la llama, que presentará un ancho excesivo de acetileno.
 - Regularla la llama hasta obtener un dardo correcto.
- Se deberá emplear la presión de gas correcta para el trabajo a efectuar. La utilización de una presión incorrecta puede ser causa de un mal funcionamiento de la boquilla y de un retroceso de la llama o explosiones que puede deteriorar el interior de la manguera.
- Los manómetros deberán encontrarse en buenas condiciones de uso. Si se comprueba rotura, deterioro o que la lectura no ofrece fiabilidad, deberán ser sustituidos de inmediato.
- No se usarán botellas de combustible teniendo la boca de salida más baja que el fondo. Por el contrario, se pondrán verticales con la boca hacia arriba y sujetas con collarines que garanticen su posición, evitando su caída.
- Se utilizarán ropas que protejan contra las chispas y metal fundido. Se llevará el cuello cerrado, bolsillos abotonados, mangas metidas dentro de las manoplas o guantes, cabeza cubierta por medio de pantallas inactínicas, calzado de seguridad, polainas y mandil protector. El ayudante deberá ir también protegido, al menos con careta inactínica.
- Cuando se efectúen trabajos en lugares elevados, el soldador utilizará el cinturón de seguridad a partir de los 2 metros de altura, y además tomará precauciones para que las chispas o metal caliente no caigan sobre personas ni sobre materiales inflamables.
- Se prohíbe introducir las botellas de oxígeno y acetileno en el recipiente que se está soldando.
- Cuando se efectúen trabajos de soldadura o corte en espacios reducidos, hay que procurar tener una buena ventilación.

- Deberá existir una distancia mínima de 1,5 metros entre el punto de soldadura y los materiales combustibles.
- Está prohibido soldar a menos de 6 metros de distancia de líquidos inflamables y sustancias explosivas.
- No se podrá calentar, cortar ni soldar recipientes que hayan contenido sustancias inflamables, explosivas o productos que, por reacción con el metal del contenedor o recipiente, genere un compuesto inflamable o explosivo, sin la previa eliminación del residuo.
- Proteger las mangueras para evitar su deterioro.
- Antes de abrir las válvulas de las botellas de oxígeno y acetileno, se deberá comprobar que están cerradas las válvulas del manorreductor.
- Colocarse a un lado del regulador cuando se abran las válvulas de las botellas.
- Antes de encender el soplete se deberá dejar salir el aire o gas que puedan tener las mangueras, abriendo para ello el soplete
- En el caso de incendiarse una manguera de acetileno, no se deberá intentar extinguir el fuego doblando y oprimiendo la manguera. Se cerrará la llave de la botella.
- Al terminar el trabajo hay que cerrar primero la válvula del soplete, después de los manorreductores y por último la de las botellas.
- Los sopletes no se golpearán ni se colgarán de los manorreductores, de modo que puedan golpearse con las botellas.

3.1.5.2.12 EPIs a utilizar en trabajo de soldadura autógena

- Los equipos de protección a utilizar serán:
 - Guantes o manoplas para soldadura
 - Manguitos para soldadura
 - Pantallas para soldadura
 - Polainas de soldador
 - Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para soldadura
 - Calzado de seguridad con puntera reforzada en acero

10.3.2.2.13 Riesgos asociados a soldadura eléctrica

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Contactos eléctricos indirectos
- Proyección de fragmentos o partículas
- Contactos térmicos
- Exposición a radiaciones

10.3.2.2.14 Medidas de prevención a aplicar en soldadura eléctrica

- Las masas de cada aparato estarán dotadas de puesta a tierra.
- La superficie de los portaelectrodos a mano y los bornes de conexión para circuitos de alimentación de aparatos de soldadura, deberán estar cuidadosamente dimensionados y aislados.
- Los cables de conductores se revisarán frecuentemente y se mantendrán en buenas condiciones.
- La pinza portaelectrodos se mantendrá siempre en buen estado y cerca de donde se esté soldando.
- Los cables deteriorados o averiados deberán repararse cuidadosamente. Todos los puntos de empalme de los cables de soldadura deberán estar perfectamente aislados.
- Los cables de conexión a la red y los de soldadura deberán enrollarse antes de realizar cualquier transporte.
- En lugares húmedos el operario se deberá aislar trabajando sobre una base de madera seca.
- Se deberán de colocar extintores en las zonas donde se realicen trabajos de soldadura eléctrica.
- Las radiaciones producidas en trabajos de soldadura eléctrica afectan no solo a los ojos, sino a cualquier parte del cuerpo expuesta. Por ello, el soldador deberá utilizar pantalla facial, manoplas, polainas y mandil, como mínimo. Para la

protección de otros trabajadores próximos se utilizarán cortinas o paramentos ignífugos.

- Los ayudantes de los soldadores también deberán usar gafas o pantallas inactivas.
- Se dispondrán adecuadamente los cables de modo que no representen un riesgo para el personal o puedan sufrir daños mecánicos.
- La zona de trabajo estará convenientemente delimitada y en su interior todo el personal deberá utilizar los equipos de protección personal necesarios.
- El cable de tierra deberá conectarse lo más cercano posible a la pieza donde se efectúa la soldadura, sin que pueda conectarse a otro equipo o instalación existente, así como tampoco a través del acero de refuerzo de las estructuras de hormigón armado.
- Tantas veces como se interrumpa por algún tiempo la operación de soldar, se cortará el suministro de energía eléctrica a la máquina. Al terminar el trabajo debe quedar totalmente desconectada y retirada de su sitio.
- Las conexiones con la máquina deberán tener las protecciones necesarias y, como mínimo, fusibles automáticos y relé diferencial de sensibilidad media (300 mA), con una buena toma de tierra.
- La alimentación eléctrica al grupo de soldadura se realizará a través de un cuadro provisto de interruptor diferencial adecuado al voltaje de suministro, si no se cumplen los requisitos del apartado anterior.
- Los generadores de combustión interna (diésel) deberán pararse cuando no se estén utilizando, así como cuando se requiera repostar combustible.
- Se dispondrá de un extintor de polvo químico junto al grupo diésel.
- Los electrodos usados se dispondrán en un recipiente, evitando que queden esparcidos por el suelo.
- Antes de realizar cambios de intensidad deberá desconectarse el equipo.
- No introducir jamás el portaelectrodos en agua para enfriarlo, puede causar un accidente eléctrico.

- No se dejará la pinza y su electrodo directamente apoyados en el suelo, sino en un soporte aislante.

Soldadura en interior de recintos cerrados

Para soldar en recintos cerrados habrá que tener siempre presente que:

- Deben eliminarse, por aspiración, gases, vapores y humos.
- Hay que preocuparse de que la ventilación sea buena.
- Nunca se debe ventilar con oxígeno.
- Hay que llevar ropa protectora y difícilmente inflamable.
- No se debe de llevar ropa interior de fibras artificiales fácilmente inflamables.

10.3.2.2.16 EPIs a utilizar en soldadura eléctrica

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Pantallas para soldadura
- Manguitos, guantes o manoplas y polainas para soldadura
- Calzado de seguridad con puntera reforzada en acero
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para soldadura

10.3.2.2.17 Riesgos asociados a trabajos próximos a elementos en tensión

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Contactos eléctricos directos
- Contactos eléctricos indirectos
- Electrocuciiones
- Incendios

10.3.2.2.18 Medidas de prevención a aplicar en trabajos próximos a elementos en tensión

- Todos los trabajos se realizarán según lo establecido en el Real Decreto 614/01, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Se define como trabajador autorizado aquel el trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta.
- Se define trabajador cualificado como el trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.
- Todo trabajo en las proximidades de líneas eléctricas o elementos en tensión será ordenado y dirigido por el jefe del trabajo (que será un trabajador cualificado), el cual será el responsable de que se cumplan las distancias de seguridad, y podrán ser realizados por trabajadores autorizados.
- Cuando se utilicen grúas o aparatos elevadores, se respetarán las distancias mínimas de seguridad, para evitar no sólo el contacto sino también la excesiva cercanía a líneas con tensión (según criterios del R.D. 614/2001, Anexo V, Trabajos en Proximidad). El personal que no opere estos equipos permanecerá alejado de ellos.
- En trabajos en líneas, se colocarán tantos equipos de puesta a tierra y en cortocircuito como posibles fuentes de tensión confluyan en el lugar de trabajo, siendo estos equipos de Puesta a Tierra de características adecuadas a la tensión de la línea, según criterios del R.D. 614/2001.
- Es obligatorio el uso de equipos de protección adecuados al riesgo de cada trabajo, tales como: banquetas o alfombrillas aislantes, pértigas, guantes, casco, pantalla facial, herramienta aislada, así como cualquier otro elemento de protección, tanto individual como colectivo, homologado.

- Cuando en la proximidad de los trabajos haya partes activas, se aislarán convenientemente mediante vainas, capuchones, mantas aisladas, etc.... en todos los conductores, incluido el neutro.
- Las distancias de seguridad para trabajar próximos a Líneas Eléctricas o elementos con tensión mantendrán las siguientes distancias de seguridad, quedando terminantemente prohibido realizar trabajos sin respetar estas distancias:

U_n (kV)	D_{pel-1} (cm)	D_{pel-2} (cm)	D_{prox-1} (cm)	D_{prox-2} (cm)
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Tabla I – Distancias de seguridad a elementos en tensión

U_n (kV): Tensión nominal de la instalación

D_{pel-1} (cm): Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobretensión por rayo (cm)

D_{pel-2} (cm): Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista riesgo de sobretensión por rayo (cm)

$D_{\text{prox-1}}$ (cm): Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que esta no se sobrepasa durante la realización de este (cm)

$D_{\text{prox-2}}$ (cm): Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que esta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm)

Nota: Las distancias para valores de tensión intermedios se calcularán por interpolación lineal.

10.3.2.2.19 EPIs a utilizar en trabajos próximos a elementos en tensión

- Casco de seguridad contra arco eléctrico.
- Guantes de trabajo
- Guantes dieléctricos para alta y baja tensión
- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante

10.3.2.2.20 Riesgos asociados a trabajos en tensión

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Contactos eléctricos
- Incendios

10.3.2.2.21 Medidas de prevención a aplicar en trabajos en tensión

- Se seguirán en todo momento las especificaciones descritas en el R.D. 614/2001 sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.



- Para estos trabajos se deberán haber desarrollado procedimientos específicos, los operarios deberán tener una formación adecuada y tanto el material de seguridad, como el equipo de trabajo y las herramientas a utilizar serán las adecuadas.
- La zona de trabajo debe estar claramente definida y delimitada.
- Todas aquellas partes de una instalación eléctrica sobre la que vayan a realizarse trabajos deberán disponer de un espacio adecuado de trabajo, de medios de acceso de iluminación.
- Cuando sea necesario, el acceso a la zona de trabajo debe ser delimitado claramente en el interior de las instalaciones.
- Se deben tomar medidas de prevención adecuada para evitar accidentes a personas por otras fuentes de peligro tales como sistemas mecánicos o en presión o caídas.
- No se deben colocar objetos que puedan dificultar el acceso ni materiales inflamables, junto o en los caminos de acceso, las vías de emergencia a o desde equipos eléctricos de corte y control, así como tampoco en las zonas desde donde estos equipos hayan de ser operados.
- Los materiales inflamables deben mantenerse alejados de fuentes de arco eléctrico.
- Si es necesario, durante la realización de cualquier trabajo u operación, se colocará una señalización adecuada para llamar la atención sobre los riesgos más significativos.
- Los procedimientos de trabajos en tensión solo se llevarán a cabo una vez suprimidos los riesgos de incendio o explosión.
- Se debe asegurar que el trabajador se encuentra en una posición estable, para permitirle tener las dos manos libres.
- Los operarios utilizarán equipos de protección individual apropiados y no llevarán objetos metálicos, tales como anillos, relojes, cadenas, pulseras, etc.
- Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

- Es obligatorio el uso de equipos de protección adecuados al riesgo de cada trabajo, tales como: banquetas o alfombrillas aislantes, pértigas, guantes, casco, pantalla facial, herramienta aislada, así como cualquier otro elemento de protección, tanto individual como colectivo, homologado.
- Para el trabajo en tensión se adoptarán medidas de protección para prevenir la descarga eléctrica y el cortocircuito. Se tendrán en cuenta todos los diferentes potenciales presentes en el entorno de la zona de trabajo.
- Dependiendo del tipo de trabajo, el personal que lo realice debe estar formado y además especialmente entrenado.
- Deberán especificarse las características, la utilización, el almacenamiento, la conservación, el transporte e inspecciones de las herramientas, los equipos y materiales utilizados en los trabajos en tensión.
- Las herramientas, equipos y materiales estarán claramente identificados.
- Para los trabajos en el interior de edificios, las condiciones atmosféricas no se han de tener en cuenta a menos que exista riesgo de sobretensiones que provengan de instalaciones exteriores y siempre que la visibilidad en la zona de trabajo sea adecuada.
- Otros parámetros, tales como la altitud y la contaminación, particularmente en alta tensión, se deben considerar si reducen la calidad de aislamiento de las herramientas y equipos.
- Cuando las condiciones ambientales requieran la paralización del trabajo, el personal debe dejar la instalación y los dispositivos aislantes y aislados en posición segura. Los operarios deben también retirarse de la zona de trabajo de forma segura.

10.3.2.2.22 EPIs a utilizar en trabajos en tensión

- Casco de seguridad contra arco eléctrico
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela aislante y antideslizante
- Guantes de trabajo
- Guantes dieléctricos para baja tensión

- Guantes dieléctricos para alta tensión
- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico
- Arnés de seguridad
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

10.3.2.2.23 Riesgos asociados a trabajos en altura

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caídas de objetos en manipulación
- Golpes contra objetos o herramientas

10.3.2.2.24 Medidas de prevención a aplicar en trabajos en altura

- Los trabajos en altura no serán realizados por aquellas personas cuya condición física les cause vértigo o altere su sistema nervioso, padezcan ataques de epilepsia o sean susceptibles, por cualquier motivo, de desvanecimientos o alteraciones peligrosas.
- Todos los trabajadores deben de disponer, previo al inicio de los trabajos, de formación adecuada para realizar trabajos en altura y conocer los procedimientos específicos de seguridad para la realización de los trabajos.
- Se emplearán en todo momento los medios auxiliares (andamios, escaleras, etc.) adecuados para realizar este tipo de trabajos, los cuales cumplirán con lo estipulado en este Estudio de Seguridad.
- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalentes.
- Si por motivos de localización del tajo de trabajo, no se emplearán medios auxiliares, el trabajador deberá usar arnés de seguridad amarrado a algún punto fijo de la estructura.

- El acceso a los puestos de trabajo se efectuará por los accesos previstos, y no usando medios alternativos no seguros.
- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.
- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.
- No se comenzará un trabajo en altura si el material de seguridad no es idóneo, no está en buenas condiciones o sencillamente no se tiene.
- Nunca se deben improvisar las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente.
- Las plataformas, pasarelas, andamiadas y, en general, todo lugar en que se realicen los trabajos deberá disponer de accesos fáciles y seguros y se mantendrán libres de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo.
- Al trabajar en lugares elevados no se arrojarán herramientas ni materiales. Se pasarán de mano en mano o se utilizará una cuerda o capazo para estos fines.
- Caso de existir riesgo de caída de materiales a nivel inferior, se balizará, o si no es posible, se instalarán señales alertando del peligro en toda la zona afectada.
- Si por necesidad del trabajo hay que retirar momentáneamente alguna protección colectiva, debe reponerse antes de ausentarse.
- Cuando se trabaje en altura, las herramientas deben llevarse en bolsas adecuadas que impidan su caída fortuita y nos permitan utilizar las dos manos en los desplazamientos.

- Las plataformas de trabajo se mantendrán limpias y ordenadas, evitando sobrecargarlas en exceso.
- Para trabajos en cubierta con riesgo de caída a distinto nivel se deberá adoptar alguna de las medidas que se citan a continuación:
 - Proteger todo el perímetro de esta mediante el uso de barandillas rígidas con listón superior a 90 cm, intermedio a 45cm y rodapiés a 15 cm.
 - Instalar una línea de vida a la que permanezcan permanentemente amarrados los operarios mediante el uso de arnés de seguridad homologado.

10.3.2.2.25 EPIs a utilizar en trabajos en altura

- Casco de seguridad contra choques e impactos con barbuquejo
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Bolsa portaherramientas
- Arnés de seguridad y línea de vida
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.2 Maquinaria a emplear

En este capítulo se analizarán los riesgos y medidas preventivas asociados a los distintos tipos de maquinaria a emplear en la instalación.

3.2.1 RETROEXCAVADORA

3.2.1.1 Riesgos asociados a esta actividad

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos móviles/inmóviles

- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Contactos eléctricos

3.2.1.2 Medidas de prevención a aplicar

- Todos los aparatos de elevación y similares empleados en las obras satisfarán las condiciones generales de construcción, estabilidad y resistencia adecuadas y estarán provistos de los mecanismos o dispositivos de seguridad para evitar:
 - La caída o el retorno brusco de la jaula, plataforma, cuchara, cubeta, pala, vagoneta o, en general, receptáculo o vehículo, a causa de avería en la máquina, mecanismo elevador o transportador, o de rotura de los cables, cadenas, etc., utilizados.
 - La caída de las personas y de los materiales fuera de los citados receptáculos y vehículos o por los huecos y aberturas existentes en la caja.
 - La puesta en marcha, fortuita o fuera de ocasión, y las velocidades excesivas que resulten peligrosas.
 - Toda clase de accidentes que puedan afectar a los operarios que trabajen en estos aparatos o en sus proximidades.
- Todos los vehículos y toda maquinaria para movimiento de tierras y para manipulación de materiales deberán:
 - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
 - Estar equipados con extintor timbrado y con las revisiones al día, para caso de incendio.
 - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
 - Utilizarse correctamente.
- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.

- Se hará una comprobación periódica de los elementos de la máquina.
- La máquina sólo será utilizada por personal capacitado.
- No se tratará de realizar ajustes con la máquina en movimiento o con el motor en funcionamiento.
- No se trabajará con la máquina en situación de semiavería. Se reparará primero y después se reanudará el trabajo.
- No libere los frenos de la máquina en posición parada si antes no ha instalado los calzos de inmovilización de las ruedas.
- Antes de iniciar cada turno de trabajo, compruebe que funcionan todos los mandos correctamente.
- No olvide ajustar el asiento para que pueda alcanzar los controles sin dificultad.
- No se podrá fumar durante la carga de combustible ni se comprobará con llama el llenado del depósito.
- Se deberá desplazar a velocidades muy moderadas, especialmente en lugares de mayor riesgo, tales como pendientes, rampas, bordes de excavación, cimentaciones, etc.
- En la maniobra de marcha atrás, el operario conductor extremará las condiciones de seguridad. A su vez, la máquina estará dotada de señalización acústica, al menos, o luminosa y acústica cuando se mueva en este sentido.
- La cabina estará dotada de extintor de incendios.
- El inicio de las maniobras se señalará y se realizarán con extrema precaución.

3.2.1.3 Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad contra choques e impactos (cuando se abandone la cabina)
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares

- Ropa de protección para el mal tiempo

3.2.2 GRÚA

3.2.2.1 *Riesgos asociados a esta actividad*

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Contactos eléctricos

3.2.2.2 *Medidas de prevención a aplicar*

- Todos los trabajos se deberán ajustar a las características de la grúa: carga máxima, longitud de pluma, carga en punta contrapeso. A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- El gancho de izado deberá disponer de limitador de ascenso, y dispondrá de pestillo de seguridad en perfecto estado.
- La armadura de la grúa deberá estar conectada a tierra.
- En caso de elevación de palets, se hará disponiendo de dos eslingas por debajo de la plataforma de madera. Nunca se utilizará el fleje del palet para colocar en él el gancho de la grúa.
- Está prohibido totalmente el transporte de personas en la grúa, así como arrastrar cargas, tirar de ellas en sesgo y arrancar las que estén enclavadas.
- El servicio de la grúa necesita además del maquinista, otros operarios que se encargan de enganchar y realizar las señales pertinentes para asegurar su transporte en condiciones de seguridad. Estos últimos son el enganchador y el

señalista, siendo frecuentemente ambos la misma persona. Las condiciones que deben cumplir estos operarios y su misión son los siguientes:

Maquinista: no podrá padecer defectos de sus capacidades audiovisuales, así como ningún defecto fisiológico que afecte al funcionamiento de la máquina a su cargo. Además, poseerá de una formación suficiente para realizar las tareas específicas a su puesto de trabajo. asimismo, debe ser consciente de su responsabilidad, evitando sobrevolar la carga donde haya personas, manejando los mandos con movimientos suaves y vigilando constantemente la carga, dando señales de aviso en caso de observar anomalías.

Antes de empezar la jornada diaria de trabajo, el maquinista verificará los siguientes puntos:

- Comprobar el funcionamiento de los frenos.
- Comprobar las partes sujetas al desgaste, como zapatas de freno, cojinetes y superficies de fricción de rodillos.
- Comprobar el funcionamiento de limitadores y contactores.
- Comprobar los topes, gancho y trinquetes.
- Comprobar los lastres y contrapesos.
- Comprobar la tensión de los cables cuando este arriestrada.
- Una vez por semana, deberá hacer las siguientes revisiones:
 - Comprobar el estado de los cables y atender a su mantenimiento, debiendo ser repuestos en cuanto se observe un hilo roto.
 - Comprobar los niveles de aceite en las cajas reductoras y el engrase de todos sus elementos especialmente los de giro.
 - Comprobar el estado de las eslingas, ondillas y aparejos de elevación general.

Enganchador: es el operario que hace el enganchado de la carga, se encargará de:

- Comprobar el estado de las eslingas, ganchos y cadenas.

- Cuidará que el amarre de las cargas sea correcto, observando que están bien repartidas y equilibradas.
- Impedirá el acceso de personas al radio de acción de la grúa.
- En caso de transporte de cargas lineales, tales como vigas y tablones, se utilizarán cuerdas para guiarlas en su traslado.

Señalista: cuando las cargas a transportar estén fuera del alcance de la vista del maquinista, existirán una o varias personas que, mediante un código de señales de maniobra, hagan las señales pertinentes para que las operaciones se hagan con la debida seguridad. Esta persona deberá cumplir las siguientes normas:

- Dirigirá la elevación y transporte de las cargas, evitando que tropiecen con obstáculos.
- Se colocará de modo que pueda ver en todo momento la carga, y al mismo tiempo, que el gruista pueda verle a él y advertir sus señales.
- Impedirá que se encuentren personas en la vertical de la carga en todo su recorrido.
- Detendrá la operación cuando observe alguna anomalía

3.2.2.3 Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad contra choques e impactos (cuando se abandone la cabina)
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.2.3 MAQUINILLO

3.2.3.1 *Riesgos asociados a esta actividad*

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Golpes por objetos o herramientas

3.2.3.2 *Medidas de prevención a aplicar*

- Todos los aparatos de elevación y similares empleados en las obras satisfarán las condiciones generales de construcción, estabilidad y resistencia adecuadas y estarán provistos de los mecanismos o dispositivos de seguridad para evitar:
 - La caída o el retorno brusco de la carga por causa de avería en la máquina, mecanismo elevador o transportador, o de rotura de los cables, cadenas, etc., utilizados.
 - La caída de las personas y de los materiales fuera de los receptáculos habilitados a tal efecto.
 - La puesta en marcha de manera fortuita o fuera de lugar.
 - Toda clase de accidentes que puedan afectar a los operarios que trabajen en estos aparatos o en sus proximidades.
- Antes de comenzar el trabajo se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, así como del cable de suspensión de cargas y de las eslingas a utilizar.
- El anclaje del maquinillo al forjado se realizará siguiendo un método seguro y eficaz que impida la caída o vuelco del aparato durante alguna de las operaciones a las que será sometido.
- Por ejemplo, se podrá realizar mediante abrazaderas metálicas a puntos sólidos del forjado, a través de sus patas laterales y traseras.



- No se permitirá la sustentación del maquinillo por contrapeso, como por ejemplo con bidones llenos de arena u otro material.
- La toma de corriente se realizará mediante una manguera eléctrica antihumedad dotada de conductor expreso para toma de tierra. El suministro se realizará bajo la protección de los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general.
- Diariamente se revisará el buen estado de la puesta a tierra de la carcasa de los maquinillos.
- Los maquinillos deberán estar dotados de:
 - Dispositivo limitador del recorrido de la carga en marcha ascendente.
 - Gancho con pestillo de seguridad.
 - Carcasa protectora de la maquinaria con cierre efectivo para el acceso a las partes móviles internas. En todo momento estará instalada al completo.
 - Los lazos de los cables utilizados para izado se formarán con tres bridas y guardacabos. También pueden formarse mediante un casquillo soldado y guardacabos.
 - En todo momento podrá leerse en caracteres grandes la carga máxima autorizada para izar, que coincidirá con la marcada por el fabricante del maquinillo.
 - Todos los maquinillos que incumplan alguna de las condiciones descritas quedarán de inmediato fuera de servicio.
- Se instalará una argolla de seguridad en la que anclar el fiador del cinturón de seguridad del operario encargado del manejo del maquinillo.
- Se prohíbe expresamente anclar los fiadores de los cinturones de seguridad a los maquinillos instalados.
- Se instalará junto a cada maquinillo a montar un rótulo con la siguiente leyenda: “SE PROHIBE ANCLAR EL CINTURÓN DE SEGURIDAD A ESTE MAQUINILLO”.
- Se realizará un mantenimiento semanal de los maquinillos.

- Estará prohibido arrastrar cargas por el suelo, realizar tirones sesgados, dejar cargas suspendidas con la máquina parada o intentar levantar cargas sujetas al suelo o algún otro punto, por ser maniobras peligrosas e inseguras.
- Se acotará la zona de carga en planta en un entorno de dos metros, en prevención de daños por desprendimientos de objetos durante el izado.
- No permanecerá nadie en la zona de seguridad descrita anteriormente durante la maniobra de izado y descenso de las cargas.
- Se instalará junto a la zona de seguridad para carga y descarga mediante maquinillo, una señal de “PELIGRO. CAÍDA DE OBJETOS”.
- Se prohíben expresamente las operaciones de mantenimiento sin desconectar antes el maquinillo de la red eléctrica.
- Además de las barandillas con que cuenta la máquina, se instalarán barandillas que serán de material rígido, de una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- La carga estará correctamente colocada sin que pueda dar lugar a basculamientos.
- Al término de la jornada de trabajo, se pondrán los mandos a cero, no se dejarán cargas suspendidas y se desconectará la corriente eléctrica en el cuadro secundario.
- Todos los movimientos del maquinillo elevador se realizarán desde la botonera y por personal competente, ayudados, si fuese necesario, por el señalista.

3.2.3.3 Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Arnés de seguridad de sujeción
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

3.2.4 MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS MANUALES

3.2.4.1 *Riesgos asociados a esta actividad*

- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamientos por o entre objetos
- Exposición a ruido
- Exposición a ambientes pulvígenos

3.2.4.2 *Medidas de prevención generales a aplicar en la actividad*

- En los equipos de oxicorte, se recomienda trabajar con la presión aconsejada por el fabricante del equipo.
- En los intervalos de no utilización, dirigir la llama del soplete al espacio libre o hacia superficies que no puedan quemarse.
- Cuando se trabaje en locales cerrados, se deberá disponer de la adecuada ventilación.
- En los equipos que desprenden llama, su entorno estará libre de obstáculos.
- Las máquinas-herramientas accionadas por energía térmica, o motores de combustión, sólo pueden emplearse al aire libre o en locales perfectamente ventilados, al objeto de evitar la concentración de monóxido de carbono.
- Se deberá mantener siempre en buen estado las herramientas de combustión, limpiando periódicamente los calibres, conductos de combustión, boquillas y dispositivos de ignición o disparo, etc.
- El llenado del depósito de carburante deberá hacerse con el motor parado para evitar el riesgo de inflamación espontánea de los vapores de la gasolina.
- Dado el elevado nivel de ruido que producen los motores de explosión, es conveniente la utilización de protección auditiva cuando se manejen este tipo de máquinas.
- Para las máquinas-herramientas neumáticas, antes de la acometida deberá realizarse indefectiblemente:



- La purga de las condiciones de aire.
- La verificación del estado de los tubos flexibles y de los manguitos de empalme.
- El examen de la situación de los tubos flexibles (que no existan bucles, codos, o dobleces que obstaculicen el paso del aire).
- Las mangueras de aire comprimido se deben situar de forma que no se tropiece con ellas ni puedan ser dañadas por vehículos.
- Los gatillos de funcionamiento de las herramientas portátiles accionadas por aire comprimido deben estar colocados de manera que reduzcan al mínimo la posibilidad de hacer funcionar accidentalmente la máquina.
- Las herramientas deben estar acopladas a las mangueras por medio de resortes, pinzas de seguridad o de otros dispositivos que impidan que dichas herramientas salten.
- No se debe usar la manguera de aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar las virutas.
- Al usar herramientas neumáticas siempre debe cerrarse la llave de aire de las mismas antes de abrir la de la manguera.
- Nunca debe doblarse la manguera para cortar el aire cuando se cambie la herramienta.
- Verificar las fugas de aire que puedan producirse por las juntas, acoplamientos defectuosos o roturas de mangueras o tubos.
- Aun cuando no trabaje la máquina neumática, no deja de tener peligro si está conectada a la manguera de aire.
- No debe apoyarse con todo el peso del cuerpo sobre la herramienta neumática, ya que puede deslizarse y caer contra la superficie que se está trabajando.
- Las condiciones a tener en cuenta después de la utilización serán:
 - Cerrar la válvula de alimentación del circuito de aire.
 - Abrir la llave de admisión de aire de la máquina, de forma que se purgue el circuito.
 - Desconectar la máquina.

- Para las máquinas-herramientas hidráulicas, se fijará mediante una pequeña cadena el extremo de la manguera para impedir su descompresión brusca.
- Se emplazará adecuadamente la herramienta sobre la superficie nivelada y estable.
- Su entorno estará libre de obstáculos.
- Se utilizarán guantes de trabajo y gafas de seguridad para protegerse de las quemaduras por sobrepresión del circuito hidráulico y de las partículas que se puedan proyectar.
- Para las máquinas-herramientas eléctricas, se comprobará periódicamente el estado de las protecciones, tales como cable de tierra no seccionado, fusibles, disyuntor, transformadores de seguridad, interruptor magnetotérmico de alta sensibilidad, doble aislamiento, etc.
- No se utilizará nunca herramienta portátil desprovista de enchufe y se revisarán periódicamente este extremo.
- No se arrastrarán los cables eléctricos de las herramientas portátiles, ni se dejarán tirados por el suelo. Se deberán revisar y rechazar los que tengan su aislamiento deteriorado.
- Se deberá comprobar que las aberturas de ventilación de las máquinas estén perfectamente despejadas.
- La desconexión nunca se hará mediante un tirón brusco.
- A pesar de la apariencia sencilla, todo operario que maneje estas herramientas debe estar adiestrado en su uso.
- Se desconectará la herramienta para cambiar de útil y se comprobará que está parada.
- No se utilizarán prendas holgadas que favorezcan los atrapamientos.
- No se inclinarán las herramientas para ensanchar los agujeros o abrir luces.
- Los resguardos de la sierra portátil deberán estar siempre colocados.
- Si se trabaja en locales húmedos, se adoptarán las medidas necesarias, guantes aislantes, taburetes de madera, transformador de seguridad, etc.
- Se usarán gafas panorámicas de seguridad, en las tareas de corte, taladro, desbaste, etc. con herramientas eléctricas portátiles.

- En todos los trabajos en altura, es necesario el cinturón de seguridad.
- Los operarios expuestos al polvo utilizarán mascarillas equipadas con filtro de partículas.
- Si el nivel sonoro es superior a los 80 decibelios, deberán adoptarse las recomendaciones establecidas en el R.D. 1316/1989, de 27 de octubre, sobre medidas de protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido.

3.2.4.3 Medidas de prevención a aplicar según tipo de máquina/herramienta manual

3.2.4.3.1 Radial

- Antes de su puesta en marcha, el operador comprobará el buen estado de las conexiones eléctricas, la eficacia del doble aislamiento de la carcasa y el disyuntor diferencial para evitar riesgos de electrocución.
- Se seleccionará adecuadamente el estado de desgaste del disco y su idoneidad para el material al que se ha de aplicar.
- Comprobar la velocidad máxima de utilización.
- Cerciorarse de que el disco gira en el sentido correcto y con la carcasa de protección sobre el disco firmemente sujeta.
- El operador se colocará gafas panorámicas ajustadas o pantalla facial transparente, guantes de trabajo, calzado de seguridad y protectores auditivos.
- Durante la realización de los trabajos se procurará que el cable eléctrico descansa alejado de elementos estructurales metálicos y fuera de las zonas de paso del personal.
- Si durante la operación existe el riesgo de proyección de partículas a terrenos o lugares con riesgo razonable de provocar un incendio, se apantallará con una lona ignífuga la trayectoria seguida por los materiales desprendidos.
- Cuando la esmeriladora portátil radial deba emplearse en locales muy conductores no se utilizarán tensiones superiores a 24 voltios.

3.2.4.3.2 Sierra circular

- El disco estará dotado de carcasa protectora y resguardos que impidan los atrapamientos.
- Se controlará el estado de los dientes, así como la estructura de éste.
- La zona de trabajo estará limpia de serrín y virutas, para prevenir posibles incendios.
- Se evitará la presencia de clavos al cortar.

3.2.4.3.2 Sierra circular

- El disco estará dotado de carcasa protectora y resguardos que impidan los atrapamientos.
- Se controlará el estado de los dientes, así como la estructura de éste.
- La zona de trabajo estará limpia de serrín y virutas, para prevenir posibles incendios.
- Se evitará la presencia de clavos al cortar.

3.2.4.3.3 Vibrador

- La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable.
- La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida si discurre por zonas de paso.

3.2.4.3.4 Amasadora

- La máquina estará situada en superficie llana y consistente.
- Las partes móviles y de transmisión estarán protegidas con carcasas.
- Bajo ningún concepto se introducirá el brazo en el tambor cuando funcione la máquina ni cuando esté parada, salvo que se encuentre desconectada de la alimentación general.

3.2.4.4 Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra impactos

- Gafas de protección contra la proyección de fragmentos o partículas
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Protecciones auditivas
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo ajustada para evitar atrapamientos

3.3 Medios auxiliares

3.3.1 ANDAMIOS TUBULARES

3.3.1.1 Riesgos asociados a esta actividad

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes con objetos durante las operaciones de montaje, desmontaje o utilización de este
- Caída de objetos en manipulación

3.3.1.2 Medidas de prevención a aplicar

- Todo andamio deberá cumplir las siguientes condiciones generales:
 - Los elementos y sistemas de unión de las diferentes piezas constitutivas del andamio asegurarán perfectamente su función de enlace, con las debidas condiciones de firmeza y permanencia.
 - El andamio se organizará y armará en forma constructivamente adecuada para que quede asegurada su estabilidad y al mismo tiempo para que los operarios puedan trabajar en él con las debidas condiciones de seguridad.
- Los elementos del andamio que presenten deterioro deberán sustituirse inmediatamente.
- Se desecharán todos los elementos de montaje de andamios que no revistan unas garantías de seguridad mínimas una vez colocados.



- No se utilizarán los andamios para otros fines distintos a los de suministrar una plataforma de trabajo para el personal. En particular no podrán ser destinados a servir como torres de elevación de material o soporte de tuberías o equipos.
- Está rigurosamente prohibido utilizar cajas, bidones, etc. como andamios provisionales.
- Los andamios se montarán sobre pies hechos de madera o metálicos, suficientemente resistentes y arriostrados de modo que su estabilidad quede garantizada.
- Con objeto de evitar deformaciones y con el fin de prevenir que la estructura rectangular llegue a alcanzar formas romboidales, se dispondrán los suficientes arriostramientos diagonales que impidan este riesgo.
- Durante las operaciones de montaje y desmontaje del andamio se izarán los tubos con cuerdas anudadas de forma segura y los operarios deberán usar arnés de seguridad anclado a elementos fijos independientes del andamio o a líneas salvavidas.
- Los andamios deberán situarse a distancias tales de líneas o equipos eléctricos, de forma que no puedan producirse contactos con partes en tensión.
- Durante el montaje de los andamios metálicos tubulares se tendrán presentes las siguientes especificaciones:
 - No se iniciará un nuevo nivel sin haber concluido el nivel de partida con todos los elementos de estabilidad.
 - La seguridad alcanzada en el nivel de partida ya consolidado será tal que ofrecerá las garantías necesarias como para poder amarrar a los fiadores del cinturón de seguridad.
 - Las barras, módulos tubulares y tablonos se izarán mediante sogas atadas con nudos de marinero.
 - Las plataformas de trabajo se consolidarán inmediatamente tras su formación, mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos.
 - Los tornillos de las mordazas se apretarán por igual, realizándose una inspección del tramo ejecutado antes de iniciar el siguiente en prevención

de los riesgos por la existencia de tornillos flojos o de falta de alguno de ellos.

- Las uniones entre tubos se efectuarán mediante los nudos o bases metálicas o bien mediante las mordazas o pasadores previstos.
- Los pisos o plataformas serán de 0,60 metros de anchura mínima hechos con tablones de madera para una resistencia de 160 Kg. en el punto medio entre soportes.
- Es preferible utilizar el piso metálico original del andamio tubular. En caso de ser de madera, los tablones estarán escuadrados y libres de nudos.
- Las plataformas, pisos, pasarelas, etc., hechos con tablones, se sujetarán con presillas, lazos de alambre, travesaños claveteados, de modo que formen un conjunto único.
- Los andamios en su base se protegerán contra golpes y deslizamientos mediante cuñas, dispositivos de bloqueo y/o estabilizadores.
- Montado el andamio no se retirará ningún elemento de su composición (tubo, travesaño o tablón, etc.), hasta que no sea desmontado totalmente. Caso de que por necesidad de trabajo deba mantenerse la estructura durante algunos días utilizando alguno de sus elementos para confeccionar otros andamios, se señalará claramente la prohibición de acceso al mismo y se retirará la plataforma de trabajo para impedir su utilización por personal de otros tajos o ajenos a la empresa.
- Las plataformas de trabajo de 2 o más metros de altura tendrán montada sobre su vertical una barandilla de 90 centímetros de altura y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- Se utilizarán las escaleras previstas en el andamio para subir a la plataforma o se dispondrán escaleras exteriores. Los tirantes y otros elementos de arriostamiento no se podrán utilizar para subir o bajar del andamio.
- Las plataformas de trabajo se inmovilizarán mediante las abrazaderas y pasadores clavados a los tablones.



- Los módulos de fundamento de los andamios tubulares estarán dotados de bases nivelables sobre tornillos sin fin, con el que garantizar una mayor estabilidad del conjunto.
- La comunicación vertical del andamio tubular quedará resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas.
- Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral se montarán con ésta hacia la cara exterior.
- Se prohíbe el uso de andamios sobre borriquetas apoyadas sobre plataformas de trabajo de andamios tubulares.
- Los andamios tubulares se arriostrarán a los paramentos verticales, anclándolos a los puntos fuertes de seguridad previstos.
- El caminar por los andamios se hará de manera norma, sin saltar sobre las plataformas ni tampoco de una a otra.
- Se protegerá del riesgo de caídas desde altura de los operarios sobre los andamios tubulares tendiendo redes tensas verticales de seguridad que protegerán las cotas de trabajo. En caso de no utilizar estas redes, si los operarios se encuentran trabajando a una altura igual o superior a los 2 metros, deberán ir provistos de cinturones de seguridad con arnés y amarrados a líneas de vida anteriormente fijadas.
- El personal que trabaje en andamios, sillas, colgantes y generalizando, en alturas superiores a los 2 metros, usará cinturón de seguridad, adaptado al riesgo que se pretende minimizar (sujeción, suspensión o anticaídas), anclado a una parte sólida de la estructura del edificio.
- Antes de colocarse el cinturón de seguridad será examinado y rechazado si no ofrece garantía o no es inteligible la etiqueta con la fecha de fabricación.
- En las plataformas de trabajo aisladas o que por necesidad del servicio carezca de la barandilla de seguridad reglamentaria se utilizará el cinturón de seguridad que se sujetará por el mosquetón a puntos sólidos, resistentes y distintos del andamio o plataforma de trabajo.

- Se prohíbe lanzar herramientas, materiales y otros objetos de un andamio a otro o de una persona a otra. Se entregarán en mano.
- El acceso a los andamios se realizará por escaleras bien fijadas por ambos extremos. Está prohibido utilizar los arriostrados para acceder de una plataforma de trabajo a otra.
- Para acceder a un andamio se tendrán siempre las manos libres.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas dispuestas sobre la coronación de andamios tubulares si antes no se han cercado con barandillas sólidas.
- Se prohíbe hacer pastas directamente sobre las plataformas de trabajo en prevención de superficies resbaladizas que pueden hacer caer a los trabajadores.
- Los materiales se repartirán uniformemente sobre un tablón colocado a media altura en la parte superior de la plataforma de trabajo, sin que su existencia merme la superficie útil de la plataforma.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas situadas en cotas por debajo de otras plataformas en las que se esté trabajando, en prevención de caída de objetos.
- Se prohíbe trabajar en los andamios tubulares bajo regímenes de vientos fuertes en prevención de caídas de los trabajadores.
- Cuando se desplace un andamio nunca se permanecerá sobre el mismo, independientemente de su altura.
- En trabajos nocturnos se iluminarán adecuadamente todas las plataformas de trabajo y accesos a las mismas.

3.3.1.3 Equipos de protección individual a utilizar

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Arnés de sujeción anticaídas
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.3.2 ESCALERAS

3.3.2.1 *Riesgos asociados a esta actividad*

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes/choques con objetos

3.3.2.2 *Medidas de prevención generales a aplicar*

- Antes de utilizar una escalera manual es preciso asegurarse de su buen estado, rechazando aquéllas que no ofrezcan garantías de seguridad.
- Hay que comprobar que los largueros son de una sola pieza, sin empalmes, que no falta ningún peldaño, que no hay peldaños rotos o flojos o reemplazados por barras, ni clavos salientes.
- Todas las escaleras estarán provistas en sus extremos inferiores, de zapatas antideslizantes.
- No se usarán escaleras metálicas cuando se lleven a cabo trabajos en instalaciones en tensión.
- El transporte de una escalera ha de hacerse con precaución, para evitar golpear a otras personas, mirando bien por donde se pisa para no tropezar con obstáculos. La parte delantera de la escalera deberá de llevarse baja.
- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano sobre lugares u objetos poco firmes que puedan mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- Antes de iniciar la subida deberá comprobarse que las suelas del calzado no tienen barro, grasa, ni cualesquiera otras sustancias que pueda producir resbalones.
- El ascenso y descenso a través de la escalera de mano se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los largueros que se están utilizando.
- La escalera tendrá una longitud tal, que sobrepase 1 metro por encima del punto o la superficie a donde se pretenda llegar. La longitud máxima de las escaleras

manuales no podrá sobrepasar los 5 m. sin un apoyo intermedio, en cuyo caso podrá alcanzar la longitud de 7 metros. Para alturas mayores se emplearán escaleras especiales.

- No se podrán empalmar dos escaleras sencillas.
- En la proximidad de puertas y pasillos, si es necesario el uso de una escalera, se hará teniendo la precaución de dejar la puerta abierta para que sea visible y además protegida para que no pueda recibir golpe alguno.
- No se pondrán escaleras por encima de mecanismos en movimiento o conductores eléctricos desnudos. Si es necesario, antes se deberá haber parado el mecanismo en movimiento o haber suprimido la energía del conductor.
- Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo de 75° con la horizontal.
- Siempre que sea posible, se amarrará la escalera por su parte superior. En caso de no serlo, habrá una persona en la base de la escalera.
- Queda prohibida la utilización de la escalera por más de un operario a la vez.
- Si han de llevarse herramientas o cualquier otro objeto, deberán usarse bolsas portaherramientas o cajas colgadas del cuerpo, de forma que queden las manos libres para poder asirse a ella.
- Para trabajar con seguridad y comodidad hay que colocarse en el escalón apropiado, de forma que la distancia del cuerpo al punto de trabajo sea suficiente y permita mantener el equilibrio. No se deberán ocupar nunca los últimos peldaños.
- Trabajando sobre una escalera no se tratarán de alcanzar puntos alejados que obliguen al operario a estirarse, con el consiguiente riesgo de caída. Se deberá desplazar la escalera tantas veces como sea necesario.
- Los trabajos a más de 3,5 metros de altura desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, solo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad o se adoptan medidas de protección alternativas.

- Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando por su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador.
- Las escaleras de mano deberán mantenerse en perfecto estado de conservación, revisándolas periódicamente y retirando de servicio aquéllas que no estén en condiciones.
- Cuando no se usen, las escaleras deberán almacenarse cuidadosamente y no dejarlas abandonadas sobre el suelo, en lugares húmedos, etc.
- Deberá existir un lugar cubierto y adecuado para guardar las escaleras después de usarlas.

3.3.2.3 Medidas de prevención a aplicar según tipo de escalera

3.3.2.3.1 Escaleras de madera

- Serán las escaleras a utilizar en trabajos eléctricos, junto con las de poliéster o fibra de vidrio.
- Las escaleras manuales de madera estarán formadas por largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.
- Los peldaños estarán ensamblados, no clavados.
- Estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos.
- Se prohíben las escaleras de madera pintadas, por la dificultad que ello supone para la detección de sus posibles defectos.

3.3.2.3.2 Escaleras de tijera

- Estarán dotadas en su articulación superior de topes de seguridad de apertura y hacia la mitad de su altura de una cadenilla o cinta de limitación de apertura máxima.
- Nunca se utilizarán a modo de borriquetas para sustentar las plataformas de trabajo.

- En posición de uso estarán montadas con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar su seguridad.
- No se utilizarán si la posición necesaria sobre ellas para realizar un determinado trabajo obliga a poner los dos pies en los tres últimos peldaños.
- Se utilizarán siempre montadas sobre pavimentos horizontales.

3.3.2.3.3 Escaleras metálicas

- Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Estarán pintadas con pinturas antioxidantes que las preserven de las agresiones de la intemperie y no estarán suplementadas con uniones soldadas.
- El empalme se realizará mediante la instalación de los dispositivos industriales fabricados para tal fin.

3.3.2.4 Equipos de protección a utilizar

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Arnés de seguridad de sujeción
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.4 Instalaciones provisionales

3.4.1. INSTALACIÓN PROVISIONAL ELÉCTRICA

Se procederá al montaje de la instalación provisional eléctrica de la obra desde el punto de toma fijado por la propiedad.

La acometida será preferiblemente subterránea, disponiendo de un armario de protección en módulos normalizados, dotados de contadores en energía activa y reactiva, si así se requiriese.

A continuación, se pondrá el cuadro general de mando y protección, dotado de seccionador general de corte automático, interruptor omnipolar y protección contra faltas a tierra, sobrecargas y cortocircuito, mediante interruptores magnetotérmicos y relé diferencial de 300 mA de sensibilidad, puesto que todas las masas y el valor de la toma de tierra es $< 10^{\circ}$. Además, en los cuadros parciales se pondrán diferenciales de 30 mA. El cuadro estará constituido de manera que impida el contacto con los elementos en tensión.

De este cuadro saldrán los circuitos necesarios de suministro a los cuadros secundarios para alimentación a los diferentes medios auxiliares, estando todos ellos debidamente protegidos con diferencial e interruptores magnetotérmicos.

Por último, del cuadro general saldrá un circuito para alimentación de los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles de los tajos. Estos cuadros serán de instalación móvil, según necesidades de obra y cumplirán las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie, estando colocados estratégicamente con el fin de disminuir en lo posible la longitud y el número de líneas.

Las tomas de corriente y clavijas llevarán contacto de puesta a tierra de manera obligatoria.

3.4.1.1 Riesgos asociados a esta actividad

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes con objetos o herramientas
- Contactos eléctricos

3.4.1.2 Medidas de prevención a aplicar

- Solamente el personal capacitado podrá operar en los equipos eléctricos, sean cuadros de maniobra, de puesta en marcha de motores, etc.
- Los trabajadores considerarán que todo conductor eléctrico, cable o cualquier parte de la instalación se encuentra conectado y en tensión. Antes de trabajar en ellos se comprobará la ausencia de voltaje con aparatos adecuados y se pondrán a tierra y en cortocircuito.
- El tramo aéreo entre el cuadro general de protección y los cuadros para máquinas será tensado con piezas especiales sobre apoyos; si los conductores no pueden soportar la tensión mecánica prevista, se emplearán cables fiadores con una resistencia de rotura de 800 kilogramos, fijando a estos el conductor con abrazaderas.
- Los conductores, en caso de ir por el suelo, no serán pisados ni se colocarán materiales sobre ellos; al atravesar zonas de paso estarán protegidos adecuadamente.
- El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 metros en los lugares peatonales y de 5 metros en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento, como norma general.
- Si es posible, no obstante, se enterrarán los cables eléctricos en los pasos de vehículos, señalizando el paso del cable mediante una cubierta permanente de tablones. La profundidad mínima de la zanja será de 40 centímetros, y el cable irá además protegido en el interior de un tubo rígido.
- La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios se efectuará mediante manguera antihumedad.
- Los empalmes entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas.
- El trazado de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá con el de suministro provisional de agua a las plantas.
- Los cuadros eléctricos serán metálicos de tipo para intemperie, con puerta y cerrojo de seguridad (con llave), según norma UNE 20.324.



- Pese a ser de tipo intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra y poseerán adherida sobre la puerta una señal normalizada de riesgo eléctrico.
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
- Las cajas de interruptores poseerán adherida sobre su puerta una señal normalizada de riesgo eléctrico.
- Las cajas de interruptores serán colgadas, bien de los paramentos verticales, bien de pies derechos estables.
- Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas y siempre que sea posible con enclavamiento.
- Los cuadros eléctricos se colgarán pendiente de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a pies derechos firmes. Si es necesario que sean móviles deberán ser autoportantes.
- Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un solo aparato, máquina o máquina-herramienta.
- La instalación de alumbrado general para las instalaciones provisionales de obra y de primeros auxilios y demás casetas, estará protegida por interruptores automáticos magnetotérmicos.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
- El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe terminantemente utilizarlo para otros usos.
- La toma de tierra de las máquinas-herramientas que no estén dotadas de doble aislamiento, se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro general de obra.

- El punto de conexión de la pica estará protegido en el interior de una arqueta practicable.
- Las tomas de tierra de cuadros eléctricos generales distintos, serán independientes eléctricamente.
- El suministro eléctrico al fondo de una excavación se ejecutará por un lugar que no sea la rampa de acceso para vehículos o para el personal y nunca junto a escaleras de mano.
- Las mangueras eléctricas, en su camino ascendente a través de la escalera, estarán agrupadas y ancladas a elementos firmes en la vertical.
- En la instalación de alumbrado estarán separados los circuitos de valla, acceso a zonas de trabajo, escaleras, almacenes, etc.
- Los aparatos portátiles que sea necesario emplear serán estancos al agua y estarán convenientemente aislados.
- Las derivaciones de conexión a máquinas se realizarán con terminales de presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada.
- Estas conexiones, al ser portátiles, no estarán sometidas a tracción mecánica que origine su rotura.
- Las lámparas para alumbrado general y sus accesorios se situarán a una distancia mínima de 2,5 metros del piso o suelo; las que se pueden alcanzar con facilidad estarán protegidas con una cubierta resistente.
- Existirá una señalización sencilla y clara a la vez, prohibiendo la entrada a personas no autorizadas a los locales donde esté instalado el equipo eléctrico, así como el manejo de aparatos eléctricos a personas no designadas para ello.
- Igualmente se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente de origen eléctrico.
- Se sustituirán inmediatamente las mangueras que presenten algún deterioro en la capa aislante de protección.

3.4.1.3 Equipos de protección individual a utilizar

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- Casco de seguridad para protección contra arco eléctrico
- Guantes de trabajo
- Guantes aislantes para baja tensión
- Botas de seguridad aislantes, con puntera y plantilla reforzada y suela antideslizante
- Ropa de protección para el mal tiempo

4. Medicina preventiva y asistencial

4.1 Reconocimientos médicos.

Todos los trabajadores pasarán como mínimo un reconocimiento médico con carácter anual. El personal eventual antes de su entrada en la obra habrá pasado un reconocimiento médico.

Asimismo, cuando los trabajadores vayan a realizar tareas que entrañen riesgos especiales (por ejemplo, trabajos en altura) deberán pasar un reconocimiento médico específico que les habilite para realizar dichas tareas.

El resultado de estos reconocimientos está clasificado acorde a los dos siguientes grupos:

- Apto para todo tipo de trabajo.
- Apto con ciertas limitaciones.

4.2 Asistencia de accidentados.

Centros asistenciales en caso de accidente

- Para atención del personal en caso de accidente se contratarán los servicios asistenciales adecuados.



- Se dispondrá en la obra, en sitio bien visible, una lista con los teléfonos y direcciones de los centros asignados.

Botiquín de primeros auxilios

- Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la empresa, con medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.
- Contendrá, de forma orientativa: Agua oxigenada; alcohol de 96 grados; tintura de iodo; «mercurocromo» o «cristalmina»; amoníaco; gasa estéril; algodón hidrófilo estéril; esparadrapo antialérgico; torniquetes antihemorrágicos; bolsa para agua o hielo; guantes esterilizados; termómetro clínico; apósitos autoadhesivos; antiespasmódicos; analgésicos; tónicos cardiacos de urgencia y jeringuillas desechables.
- El material empleado se repondrá inmediatamente, y al menos una vez al mes, se hará revisión general del botiquín, desechando aquellos elementos que estén en mal estado o caducados. La ubicación del botiquín debe estar suficientemente señalizada.

5. Pliego de condiciones

5.1 Normativa aplicable

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, que establece el marco básico para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en el ámbito laboral.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales, que introduce medidas para reforzar la función de vigilancia y control del sistema de Inspección de Trabajo y Seguridad Social, y para establecer un nuevo sistema de información en materia de siniestralidad laboral.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, que regula la organización y funcionamiento de los servicios de prevención en las empresas.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, en materia de coordinación de actividades empresariales, estableciendo las normas mínimas para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores en los supuestos de concurrencia de actividades empresariales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, que establece las condiciones mínimas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en las obras de construcción.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, estableciendo disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo, que establece las condiciones mínimas para la utilización de equipos de trabajo por parte de los trabajadores.

- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos, que establece las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, que establece las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a agentes biológicos.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, que establece las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a agentes cancerígenos.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, que establece las disposiciones mínimas para la señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, que establece las disposiciones mínimas para la seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas relativas a la manipulación manual de cargas, que establece las disposiciones mínimas para la manipulación manual de cargas.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a trabajos con equipos que incluyen pantallas de visualización, que establece las disposiciones mínimas para los trabajos con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, que establece las disposiciones mínimas para la utilización de equipos de protección individual por los trabajadores.

- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, que establece las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual, que regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios, que establece las disposiciones mínimas para la protección contra incendios en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 3275/1982, de 26 de noviembre, sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación, que establece las condiciones técnicas y garantías de seguridad en las instalaciones eléctricas.
- Real Decreto 3165/1968, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, que establece las disposiciones para la instalación y explotación de las líneas eléctricas de alta tensión.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, que establece las disposiciones para la instalación y explotación de las instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión, que establece las disposiciones para la instalación y explotación de los aparatos a presión.
- Orden 2988/1998, de 30 de junio, por la que se establecen los requisitos mínimos exigibles para el montaje, uso, mantenimiento y conservación de los andamios tubulares utilizados en las obras de construcción, que establece los requisitos mínimos para el montaje, uso, mantenimiento y conservación de los andamios tubulares.

- Orden 2027/2002, de 24 de mayo, del Consejero de Trabajo, por la que se deroga la Orden 5518/1999, de 6 de septiembre, que establecía el modelo de Aviso Previo preceptivo para las obras de construcción en la Comunidad de Madrid, incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1627

5.2 Aspectos relativos a los equipos de protección colectiva

- Los sistemas de protección colectiva empleados en la obra deberán presentar una calidad acorde con las exigencias funcionales requeridas, y su eficacia deberá estar acreditada mediante certificación del fabricante o a través de cálculos y ensayos específicos que lo justifiquen.
- Dichas protecciones deberán cumplir con lo establecido en la normativa legal y reglamentaria vigente.
- Cada uno de los dispositivos de protección colectiva contará con una vida útil determinada, y será retirado una vez finalizado dicho periodo.
- En caso de que algún elemento de protección colectiva sufra daños por desgaste, uso o impacto, deberá sustituirse inmediatamente, sin tener en cuenta el tiempo restante de su vida útil.
- El personal deberá recibir la formación adecuada sobre el uso correcto de los distintos sistemas de protección colectiva.
- Estos dispositivos estarán disponibles en el lugar de trabajo y deberán colocarse en las zonas donde puedan resultar necesarios para su uso inmediato.

5.3 Aspectos relativos al uso de equipos de protección individual

Tanto los equipos de protección individual como los colectivos que se empleen en la obra deberán ajustarse a los requisitos establecidos por la normativa legal y reglamentaria vigente, especialmente en lo que respecta a su diseño, fabricación, utilización y mantenimiento.

Se establece de forma explícita que todos los equipos de protección individual que se utilicen en esta obra deberán cumplir las siguientes condiciones generales:

- Deberán estar debidamente homologados y portar el marcado “CE”, conforme a lo dispuesto en la normativa sobre Equipos de Protección Individual.
- Su uso deberá realizarse siguiendo lo indicado en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, que regula las condiciones para la utilización de los equipos de protección individual.
- Solo se permitirá el uso de aquellos equipos de protección individual que dispongan del marcado CE durante el periodo en que se mantenga su vigencia.
- Si algún equipo de protección individual se encuentra dañado o presenta defectos, deberá ser sustituido inmediatamente. Además, se deberá dejar constancia en la oficina de obra del motivo de su reemplazo, así como del nombre de la empresa y de la persona a quien se le entrega el nuevo equipo, garantizando así una trazabilidad y control rigurosos del proceso.
- En caso de que los contratistas incluyan variaciones en los tipos de equipos de protección individual respecto a los recogidos en este Estudio de Seguridad y Salud, deberán justificar dichas modificaciones de forma técnica ante el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución. Si la justificación no resulta aceptada, el correspondiente Plan de Seguridad no será aprobado.
- Se recuerda que, conforme a los Principios de la Acción Preventiva establecidos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en ningún caso se podrá sustituir una medida de protección colectiva prevista en el presente Estudio por un equipo de protección individual.

5.4 Señalización en el área de obra

Toda la señalización presente en la obra deberá ajustarse a lo establecido en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, que regula las condiciones mínimas relativas a la señalización de seguridad y salud en el entorno laboral. Este reglamento desarrolla los principios específicos en materia de señalización recogidos en la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.

5.5 Medidas de seguridad aplicables a equipos, maquinaria y medios auxiliares

Según lo previsto en el artículo 41 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas estarán obligados a obtener de los fabricantes o proveedores toda la documentación técnica, normativa aplicable e información impresa relativa a las características de la maquinaria, herramientas, dispositivos, equipos auxiliares y equipos de protección individual que vayan a emplearse en la obra.

Dicha información técnica deberá incluir:

- Instrucciones detalladas sobre el funcionamiento adecuado y el uso seguro de la maquinaria, herramientas, equipos y sistemas de protección individual.
- Recomendaciones para su correcto mantenimiento, inspección y conservación.
- Los contratistas deberán conservar en sus oficinas de obra un ejemplar accesible de toda esta documentación técnica (manuales, fichas y especificaciones) a disposición del personal implicado.
- Asimismo, será responsabilidad de cada contratista proporcionar formación e información adecuadas a sus trabajadores en relación con los contenidos de dichos manuales, especialmente en lo que afecta a las tareas que estos vayan a desempeñar.
- De igual modo, se deberá garantizar que todos los trabajadores dispongan del equipo de protección necesario y conforme con las normas de seguridad y salud vigentes en cada caso.
- La persona encargada de la obra será responsable de supervisar la recepción de la maquinaria y de los medios auxiliares, comprobando en el momento de su llegada que se encuentran en condiciones adecuadas, que disponen de todos los componentes requeridos y que se ajustan a lo solicitado. Además, verificará que dichos equipos cumplen con la normativa vigente en materia de seguridad y salud laboral aplicable.

- Queda terminantemente prohibido instalar o utilizar cualquier medio auxiliar, máquina o equipo de forma incompleta, es decir, sin alguno de los elementos con los que han sido diseñados y comercializados para su correcto funcionamiento.
- Tanto el montaje como el uso y mantenimiento de estos equipos deberán realizarse conforme a las instrucciones indicadas en el manual técnico proporcionado por el fabricante, asegurando que se respetan las condiciones de seguridad recomendadas.
- Todos los medios auxiliares, equipos y maquinaria que se empleen en esta obra deberán contar con los dispositivos de seguridad que exija la legislación vigente. No se permitirá la entrada ni el uso de equipos que no cumplan con este requisito.
- En los casos en que el mercado disponga de equipos, maquinaria o medios auxiliares que cuenten con el marcado “CE”, los contratistas deberán tenerlo en cuenta desde la fase de redacción de su propuesta de ejecución. Se recomienda su inclusión, ya que su uso ofrece mayores garantías de seguridad respecto a los modelos que carecen de dicha certificación.

5.6 Formación e información dirigida a los trabajadores

Cada contratista adjudicatario tiene la obligación legal de proporcionar a sus trabajadores una formación adecuada que garantice la adopción de métodos de trabajo seguros y correctos. Todo el personal que intervenga en la ejecución de los trabajos deberá conocer los riesgos específicos asociados a su actividad profesional, así como las pautas de actuación que deben seguirse durante maniobras concretas.

Además, deberán estar capacitados para utilizar correctamente tanto las medidas de protección colectiva como los equipos de protección individual requeridos para el desempeño seguro de sus tareas.

De igual forma, será imprescindible que cada trabajador reciba la información necesaria sobre el contenido del Plan de Seguridad y Salud aplicable a la obra antes de comenzar su actividad, siendo este conocimiento una condición previa e indispensable para su incorporación efectiva al puesto de trabajo.

El contratista adjudicatario deberá demostrar que el personal asignado a la obra cuenta con la formación, experiencia y competencia profesional adecuadas para las tareas que vaya a desempeñar. Esta acreditación será especialmente detallada para aquellos trabajadores considerados autorizados y cualificados, en conformidad con los criterios establecidos en el Real Decreto 614/2001, relativos a la protección frente al riesgo eléctrico.

En el caso de trabajos realizados en instalaciones bajo tensión o en ubicaciones con condiciones que dificulten la comunicación (por ejemplo, por motivos de confinamiento, orografía compleja u otras circunstancias similares), será obligatorio que estén presentes al menos dos trabajadores con formación específica en primeros auxilios, tal como exige el mencionado Real Decreto.

5.7 Procedimientos de actuación ante un accidente laboral

En caso de accidente, cualquier trabajador de una empresa contratada que sea testigo del suceso deberá, en primer lugar, prestar el auxilio inmediato que esté a su alcance. A continuación, deberá comunicar el incidente, con la mayor rapidez posible, a:

- El servicio médico más próximo disponible.
- El Jefe de obra del contratista y/o la Dirección Facultativa correspondiente.

El Jefe de obra deberá actuar con diligencia para aplicar las medidas necesarias que permitan evitar consecuencias mayores tanto para las personas como para las instalaciones afectadas.

La comunicación del accidente a la autoridad laboral deberá realizarse cumpliendo los plazos y condiciones exigidos por la normativa oficial.

Además, de acuerdo con lo establecido en el Anexo IV, punto 14 del Real Decreto 1627/1997, cada contratista deberá aplicar los siguientes principios en materia de primeros auxilios:



- Atención prioritaria al accidentado: Se debe intervenir de inmediato para evitar que las lesiones se agraven o progresen.
- Especial precaución en ciertos tipos de accidentes: En situaciones como caídas a distinto nivel o accidentes eléctricos, se presumirá siempre la posibilidad de lesiones graves. Por tanto, se extremarán las precauciones durante la atención inicial, aplicando técnicas específicas para la inmovilización adecuada del herido hasta la llegada de los servicios de emergencia, y maniobras de reanimación en caso necesario.
- Evacuación adecuada del herido: En casos graves, el traslado del accidentado se realizará únicamente mediante camilla y ambulancia. Se procurará no utilizar vehículos particulares, salvo que no exista otra opción viable, ya que este tipo de transporte puede suponer riesgos adicionales para la persona lesionada.

5.8 Notificación inmediata en caso de accidente

Si se produce un accidente en la obra, el responsable de la empresa contratista o subcontratista a la que pertenezca el trabajador accidentado está obligado a realizar las siguientes acciones y comunicaciones, de acuerdo con el tipo de accidente:

- Accidentes leves:
 - Comunicación al Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra sobre cada incidente, con el objetivo de investigar las causas y tomar las medidas correctivas necesarias. En caso de que no se haya designado un Coordinador, la notificación se realizará a la Dirección Facultativa.
 - Notificación a la Mutua de Accidentes de Trabajo correspondiente.
- Accidentes graves, muy graves, mortales o que afecten a más de 4 trabajadores:
 - Comunicación al Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, con el mismo objetivo de investigar las causas y adoptar las correcciones pertinentes. Si no se ha designado Coordinador, se comunicará a la Dirección Facultativa.

- Notificación a la Autoridad laboral en un plazo máximo de 24 horas. Esta comunicación debe enviarse mediante telegrama u otro medio similar e incluir los siguientes datos: razón social, domicilio y teléfono de la empresa, nombre del trabajador accidentado, dirección del lugar del accidente y una breve descripción de este.

5.9 Seguridad en la obra

De conformidad con la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el Real Decreto 39/1997, que regula el Reglamento de los Servicios de Prevención, la empresa encargada de ejecutar el proyecto debe contar con un Servicio de Prevención, ya sea propio o contratado, o designar un trabajador responsable para asesorar y promover las acciones preventivas incluidas en el Plan de Seguridad y Salud, elaborado a partir de este Estudio de Seguridad.

La empresa adjudicataria designará a un responsable de Seguridad, que puede coincidir o no con la jefatura de obra. Este responsable actuará como representante ante el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución del proyecto y será el encargado de garantizar el cumplimiento de lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

Si la presencia del responsable de Seguridad en la obra es limitada, y según lo estipulado en el Plan de Seguridad, se deberá designar un Vigilante de Seguridad para representarlo, quien deberá estar presente de manera continua en la obra.

5.10 Estudio de Seguridad y Salud

En aplicación de este Estudio de Seguridad y Salud, cada contratista que participe en la obra deberá desarrollar su propio Plan de Seguridad y Salud, adaptándolo a las características y requisitos específicos de su sistema de ejecución.

El contratista incluirá en su Plan de Seguridad las propuestas y medidas preventivas que considere necesarias, justificando técnicamente las modificaciones. No obstante, en

ningún caso se podrán reducir los niveles de protección establecidos en el Estudio de Seguridad y Salud.

El Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista debe ser aprobado previamente al inicio de los trabajos por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

Este Plan podrá ser modificado durante el proceso de ejecución de la obra, en función de la evolución de los trabajos o de las incidencias que surjan. Cualquier modificación deberá ser aprobada por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

El Plan constituirá la herramienta fundamental para identificar y evaluar los riesgos, permitiendo planificar de forma eficaz las acciones preventivas correspondientes.

Cualquier persona involucrada en la ejecución de la obra, incluidos aquellos con responsabilidades en materia de prevención de riesgos laborales, representantes de los trabajadores, entre otros, tendrá la posibilidad de presentar, por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que consideren adecuadas. El Plan de Seguridad y Salud estará siempre a disposición en la obra para que dichas personas puedan consultarlo.

5.11 Obligaciones de cada contratista adjudicatario en materia de seguridad y salud

Cada contratista adjudicatario deberá cumplir con las siguientes obligaciones en materia de seguridad y salud:

- Cumplir y asegurar el cumplimiento de toda la normativa vigente del Estado Español y sus Comunidades Autónomas relativa a seguridad y salud en el trabajo y otras regulaciones aplicables a la obra.
- Elaborar un Estudio de Seguridad lo antes posible y antes de iniciar la obra, conforme al Real Decreto 1.627/1997 de 24 de octubre, respetando los niveles de prevención definidos en el Estudio de Seguridad y Salud.

- Presentar un Plan de Seguridad para su aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud antes del inicio de los trabajos, incluyendo todas las modificaciones y observaciones que puedan surgir.
- Informar y formar a todos los trabajadores, tanto propios como subcontratistas o autónomos, sobre el contenido del Plan de Seguridad y Salud aprobado y asegurar su cumplimiento. Las subcontratas deberán firmar un documento de adhesión al Plan de Seguridad de la contrata principal.
- Proveer a todos los trabajadores con los equipos de protección individual definidos en el Plan de Seguridad y Salud para que sean utilizados de manera efectiva y de inmediato.
- Cumplir estrictamente con lo establecido en el Pliego de Condiciones del Plan de Seguridad y Salud, especialmente en lo relativo a las acciones a seguir en caso de accidente laboral.
- Notificar de inmediato los accidentes leves, graves, mortales o sin víctimas al Coordinador de Seguridad y Salud y/o a la Dirección Facultativa, tal como se indica en el apartado "Acciones a seguir en caso de accidente laboral".
- Colaborar con el Coordinador de Seguridad y Salud y la Dirección Facultativa en la solución de cualquier imprevisto técnico o preventivo que surja durante la ejecución de la obra.

5.12 Coordinador de Seguridad y Salud

En proyectos donde intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, el promotor deberá designar, antes de comenzar los trabajos o tan pronto como se identifique dicha situación, un Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

Las funciones del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra serán las siguientes:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad en la toma de decisiones técnicas y organizativas, tanto para trabajos simultáneos como sucesivos.
- Estimar la duración necesaria para la ejecución de cada fase o tipo de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para asegurar que todos los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos apliquen de manera coherente los principios de prevención y seguridad establecidos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista, así como cualquier modificación posterior. Si no se requiere un Coordinador, esta función será asumida por la Dirección Facultativa.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales conforme al artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones de control sobre la correcta aplicación de los métodos de trabajo establecidos.
- Adoptar las medidas necesarias para garantizar que solo las personas autorizadas accedan a la obra. En caso de no requerir un Coordinador, esta función será asumida por la Dirección Facultativa.

5.13 Libro de Incidencias

Para cada proyecto de obra, con el fin de controlar y hacer seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, se mantendrá un Libro de Incidencias con hojas duplicadas. Este libro será proporcionado por el Colegio Profesional al que pertenezca el técnico responsable de la aprobación del Plan de Seguridad y Salud, conforme al Real Decreto 1.627/1997.

El libro deberá mantenerse siempre en la obra y estará bajo la custodia del Coordinador de Seguridad y Salud o, si no se ha designado un Coordinador, de la Dirección Facultativa.

El Coordinador de Seguridad y Salud está obligado a tener el libro a disposición de la Dirección Facultativa, el encargado de seguridad, el Comité de Seguridad y Salud, la

Inspección de Trabajo, y los técnicos y organismos de prevención de riesgos laborales de las Comunidades Autónomas. Cuando se realice una anotación en el libro, el Coordinador o la Dirección Facultativa debe enviar una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en un plazo máximo de 24 horas.

5.14 Seguro de Responsabilidad Civil y Patronal

El contratista se compromete a cumplir con todas las disposiciones legales relativas a seguridad, salud, medio ambiente y otras normativas que se apliquen a la obra. Asimismo, deberá contratar un Seguro de Responsabilidad Civil que cubra los posibles daños a personal, instalaciones y terceros derivados de la ejecución de la obra, con una cobertura mínima de 600.000 €.

El contratista también deberá contratar un Seguro de Responsabilidad Civil Patronal con una cobertura mínima de 150.000 € por víctima, para su propio personal y el de sus subcontratistas. Si se considera necesario, se ampliará la cobertura. Además, los vehículos autorizados a circular por vías públicas que estén en la obra deberán tener un seguro de Responsabilidad Civil ilimitada mientras se encuentren en el recinto.

Si se trata de camiones, se debe contratar una póliza de Responsabilidad Civil que cubra la carga, o en su defecto, presentar una copia de la póliza de la empresa propietaria del camión que garantice dicha cobertura.

5.15 Subcontratación

El contratista no podrá ceder ni traspasar, de forma alguna, sus derechos u obligaciones derivados del contrato a terceros sin la autorización previa y por escrito de la Dirección. La Dirección dará su conformidad con la selección del subcontratista.

El contratista será el único responsable ante la Dirección por la ejecución total de la obra, sin perjuicio de las responsabilidades que pueda reclamar a sus subcontratistas o proveedores.

El plano de seguridad es una representación gráfica de las medidas preventivas descritas en el Estudio de Seguridad y Salud, coordinadas con el pliego de condiciones del contrato. Estos planos son indicativos y no permiten una medición exacta ni un presupuesto detallado debido a su naturaleza general.

6. Presupuesto

Código	Ud.	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1		Desmantelamiento " PSFV Alhama "			
1.1	Ud.	Desmontaje de paneles fotovoltaicos	1	62.340,00 €	62.340,00 €
1.2	Ud.	Desmontaje de inversores fotovoltaicos	1	2.500,00 €	2.500,00 €
1.3	Ud.	Desmontaje de centros de transformación	1	3.400,00 €	3.400,00 €
1.4	Ud.	Desmontaje de contenedores de baterías	1	4.000,00 €	4.000,00 €
1.5	Ud.	Desmontaje de estación de potencia	1	1.530,00 €	1.530,00 €
1.6	Ud.	Desmontaje de centro de seccionamiento	1	8.800,00 €	8.800,00 €
1.7	Ud.	Desmontaje de red de tierras	1	1.660,00 €	1.660,00 €
1.8	Ud.	Desmontaje de vallado y puerta de acceso	1	200,00 €	200,00 €
1.9	Ud.	Desmantelamiento de conductores y zanjas	1	3.350,00 €	3.350,00 €
1.10	Ud.	Restitución paisajística	1	18.000,00 €	18.000,00 €
			Total		105.780,00 €
2		Protección colectiva			
2.1	Ud.	Señal normalizada de tráfico	4	23,00 €	92,00 €
2.2	Ud.	Cartel indicativo de riesgo con soporte metálico, incluida c	12	7,00 €	84,00 €
2.3	Ud.	Cartel indicativo de riesgo sin soporte metálico, incluida c	12	3,80 €	45,60 €
2.4	m	Cordón de balizamiento reflectante, incluidos soportes, cc	1200	0,21 €	252,00 €
2.5	m	Cinta plástica de balizameinto en colores blanco y rojo	1200	0,26 €	312,00 €
2.6	Ud.	Valla autónoma metálica de contención de peatones	10	39,45 €	394,50 €
2.7	Ud.	Jalón de señalización y protección de zanjas con chapas e	12	5,20 €	62,40 €
2.8	Ud.	Señalización y protección de zanjas con chapas en cruces	12	4,95 €	59,40 €
2.9	Ud.	Camión de riego incluido conductor	3	40,00 €	120,00 €
2.10	Ud.	Mampara antiproyectores	20	90,00 €	1.800,00 €
2.11	Ud.	Teléfono móvil disponible en obra, incluida conexión y util	12	550,00 €	6.600,00 €
2.12	Ud.	Extintor de polvo polivalente de 6 kg, incluido el soporte.	10	25,00 €	250,00 €
			Total Protección colectiva		10.071,90 €
3		Medicina preventiva y primeros auxilios			
3.1	Ud.	Botiquín	10	38,00 €	380,00 €
3.2	Ud.	Reposición material sanitario durante el transcurso de la c	5	82,00 €	410,00 €
3.3	Ud.	Reconocimiento médico obligatorio	24	250,00 €	6.000,00 €
3.4	Ud.	Camilla portátil de evacuaciones	2	120,00 €	240,00 €
			Total Medicina preventiva y primeros auxilios		7.030,00 €
4		Vigilancia y formación			
4.1	Ud.	Reunión mensual del Comité de Seguridad e Higiene en el	14	350,00 €	4.900,00 €
4.2	h	Formación de Seguridad e Higiene en el trabajo	150	12,25 €	1.837,50 €
4.3	Ud.	Control y asesoramiento de seguridad (visitas técnicas)	7	375,00 €	2.625,00 €
			Total Vigilancia y formación		9.362,50 €
5		Instalaciones de higiene y bienestar			
5.1	Ud.	Recipiente para recogida de basura	5	85,45 €	427,25 €
5.2	mes	Alquiler de barracón para vestuarios	8	120,00 €	960,00 €
5.3	mes	Alquiler de barracón para comedor	8	160,00 €	1.280,00 €
5.4	Ud.	Taquilla metálica individual con llave	20	80,00 €	1.600,00 €
5.5	Ud.	Banco de madera capacidad 5 personas	3	55,00 €	165,00 €
5.7	mes	Alquiler de barracón para aseos con dos duchas, dos lavat	8	98,00 €	784,00 €
5.8	h	Mano de obra empleada en limpieza y conservación de ins	64	10,00 €	640,00 €
5.9	Ud.	Suministro de agua para aseos y energía eléctrica para ves	6	190,00 €	1.140,00 €
			Total Instalaciones de higiene y bienestar		6.996,25 €
Total Presupuesto de Seguridad y Salud					139.240,65 €
Gastos Generales (13%)					18.101,28 €
Beneficio Industrial (6%)					8.354,44 €
IVA (21%)					29.240,54 €
Total					194.936,91 €

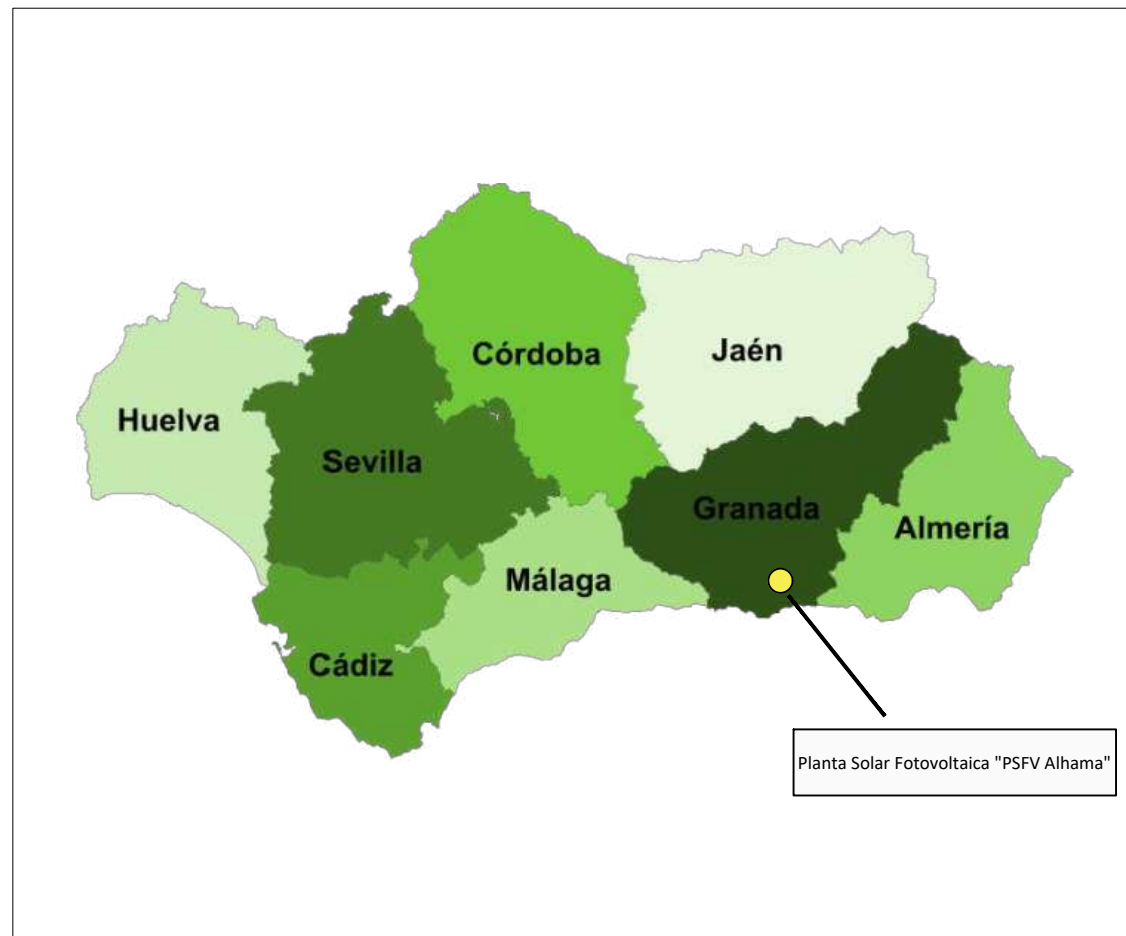
Tabla II – Presupuesto Estudio de Seguridad y Salud



7. Planos



Situación geográfica
Escala: S/E



Situación geográfica
Escala: S/E



Situación. Mapa topográfico de Andalucía.
Escala: S/E



Planta General "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.
Escala: 1:50.000

Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
Superficie ocupada (ha): 9,92
Perímetro del vallado (km): 1,34

Coordenadas UTM ETRS 89
Huso: 30
X: 410.315,85
Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
Potencia pico (MWp): 6,01
Ratio DC/AC en inversores: 1,202

Potencia BESS: 2 MW
Nº horas: 4

Leyenda



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

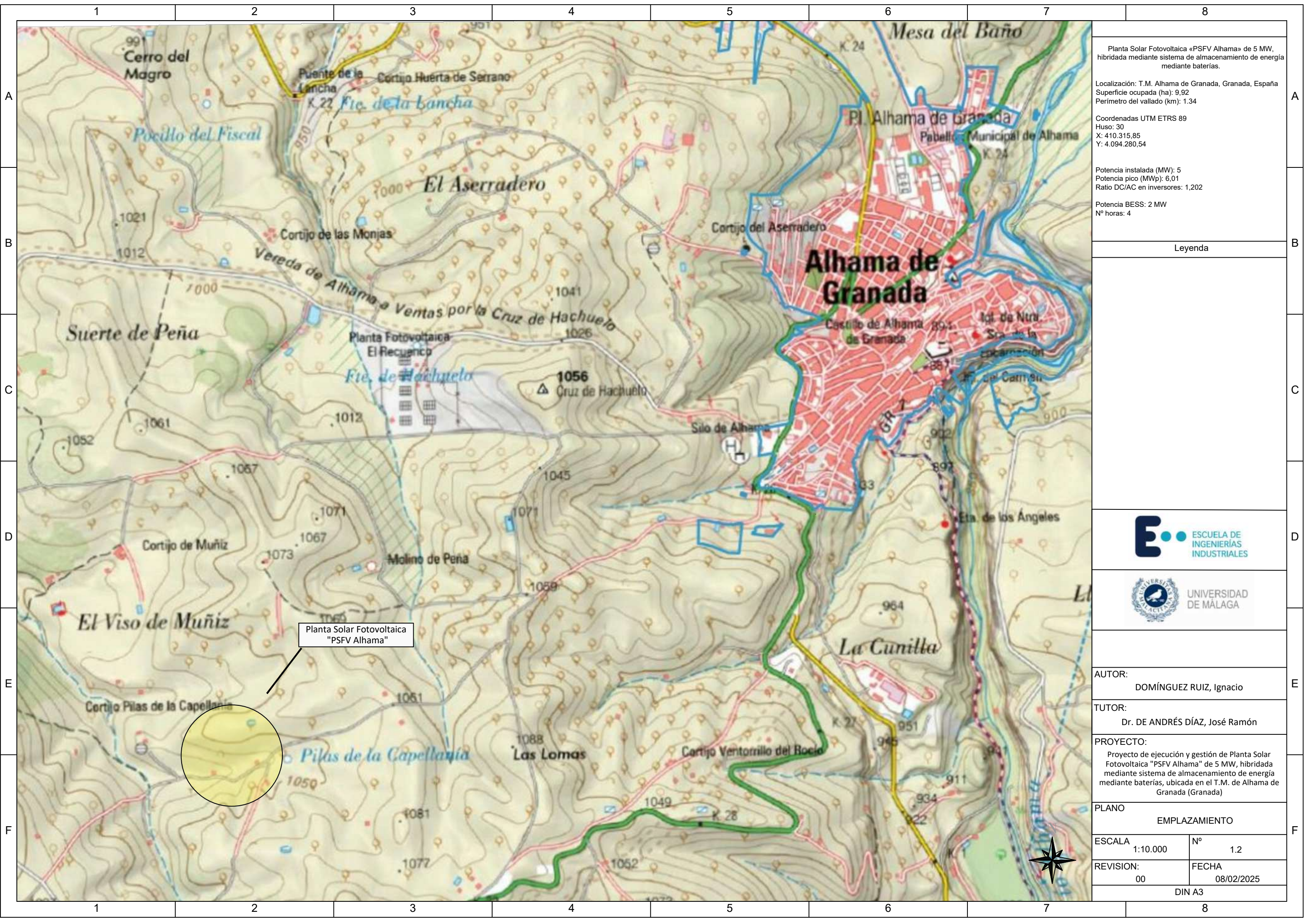
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
SITUACIÓN

ESCALA	Varias	Nº	1.1
--------	--------	----	-----

REVISION:	00	FECHA	08/02/2025
-----------	----	-------	------------

DIN A3



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
 Superficie ocupada (ha): 9,92
 Perímetro del vallado (km): 1,34

Coordenadas UTM ETRS 89
 Huso: 30
 X: 410.315,85
 Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
 Potencia pico (MWp): 6,01
 Ratio DC/AC en inversores: 1,202

Potencia BESS: 2 MW
 Nº horas: 4

Leyenda



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, híbrida mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

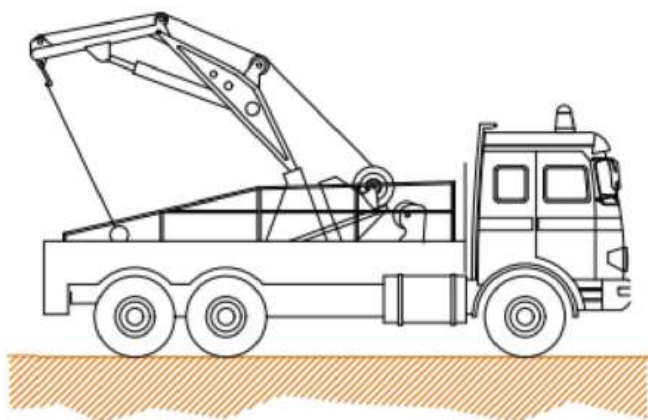
PLANO	
EMPLAZAMIENTO	
ESCALA	Nº
1:10.000	1.2
REVISION:	FECHA
00	08/02/2025
DIN A3	



ES OBLIGATORIO SEGUIR LAS NORMAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

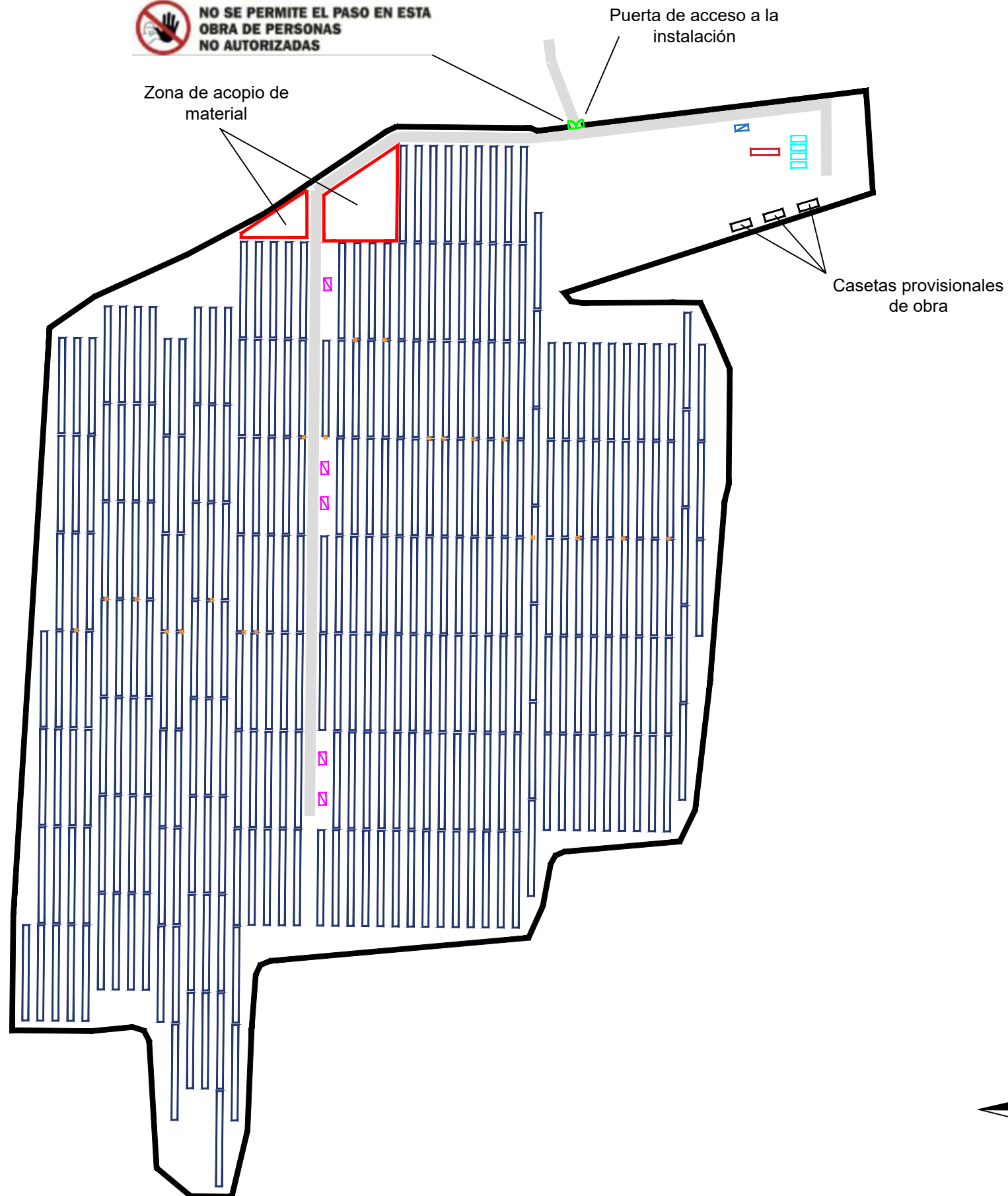


Elementos auxiliares y maquinarias



Normas básicas de seguridad y protecciones colectivas:

1. Las maniobras en la grúa serán dirigidas por un especialista.
2. Los ganchos de la grúa tendrán cerradura de seguridad.
3. Se prohibirá sobrepasar la carga máxima admisible.
4. El gruista tendrá en todo momento la carga suspendida a la vista. Si eso no es posible las maniobras serán dirigidas por un especialista.
5. Las rampas de circulación no superarán en ningún caso una inclinación superior al 20%.
6. Se prohibirá estacionar el camión a menos de 2 metros del borde superior de los taludes.
7. Se prohibirá arrastrar cargas con el camión.
8. Se prohibirá la permanencia de personas a distancias inferiores a los 5 metros del camión.
9. Se prohibirá la permanencia de operarios bajo las cargas en suspensión.
10. El conductor tendrá el certificado de capacitación correspondiente.
11. Se extremarán las precauciones durante las maniobras de suspensión de objetos estructurales para su colocación en obra, ya que habrán operarios trabajando en el lugar, y un pequeño movimiento inesperado puede provocar graves accidentes.
12. No se trabajará en ningún caso con vientos superiores a los 50 Km./h.



Planta Solar Fotovoltaica «PSFV Alhama» de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías.

Localización: T.M. Alhama de Granada, Granada, España
Superficie ocupada (ha): 8,83
Perímetro del vallado (km): 1.50

Coordenadas UTM ETRS 89
Huso: 30
X: 410.315,85
Y: 4.094.280,54

Potencia instalada (MW): 5
Potencia pico (MWp): 5.99
Ratio DC/AC en inversores: 1,198

Potencia BESS (MWh): 2
Nº horas: 4

Leyenda

- Centro de seccionamiento y medida
- Power Station
- Centro de transformación - 1 MVA
- Inversor String - 250 kVA
- Tracker - 29 Módulos - 700 Wp/módulo
- Battery Container 2 MWh
- Vallado
- Viales
- Puerta de acceso



AUTOR:
DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

TUTOR:
Dr. DE ANDRÉS DÍAZ, José Ramón

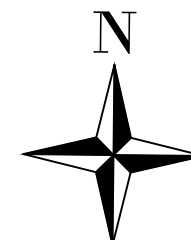
PROYECTO:
Proyecto de ejecución y gestión de Planta Solar Fotovoltaica "PSFV Alhama" de 5 MW, hibridada mediante sistema de almacenamiento de energía mediante baterías, ubicada en el T.M. de Alhama de Granada (Granada)

PLANO
Aplicaciones destacadas - ESS

ESCALA 1:2000 Nº 2

REVISION: 00 FECHA 08/02/2025

DIN A3





Málaga, septiembre de 2025

El autor del Proyecto Fin de Máster

DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio

(Página en blanco)



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**PROYECTO DE EJECUCIÓN Y GESTIÓN DE PLANTA SOLAR
FOTOVOLTAICA “PSFV ALHAMA” DE 5 MW, HIBRIDADA MEDIANTE
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS, UBICADA
EN EL T.M. DE ALHAMA DE GRANADA (GRANADA)**

DOCUMENTO VIII

PLAN DE DESMANTELAMIENTO

Málaga, septiembre de 2025

(Página en blanco)

Índice

1. Objeto	1
2. Metodología.....	1
3. Fases del desmantelamiento	2
4. Desmantelamiento de las instalaciones	3
4.1 Módulos fotovoltaicos y estructuras de soporte	3
4.2 Estaciones de potencia e inversores.....	4
4.3 Sistema de almacenamiento (BESS)	4
4.4 Cableado y canalizaciones.....	4
5. Restauración del terreno y revegetación.....	5
5.1 Recuperación del suelo ocupado	5
5.2 Infraestructura de acceso y viales.....	5
5.3 Revegetación	5
6. Gestión de residuos y valorización de materiales.....	6
6.1 Clasificación y acopio	6
6.2 Transporte y entrega a gestores autorizados.....	6
6.3 Reutilización y valorización	6
7. Plan de seguridad y salud	6



8. Valoración de los residuos 7

9. Presupuesto de desmantelamiento..... 7

Índice de tablas

Tabla I – Cálculo peso Cu 7

Tabla II – Cálculo peso Al..... 7

Tabla III – Cálculo precio venta material..... 7

Tabla IV – Presupuesto de desmantelamiento..... 8

1. Objeto

El presente documento tiene como finalidad definir y describir las actividades necesarias para el futuro desmantelamiento de la planta solar fotovoltaica de 5 MW, hibridada con un sistema de almacenamiento en baterías de 2 MW (BESS), ubicadas en el término municipal de Alhama de Granada (Granada).

El desmantelamiento se llevará a cabo una vez finalice la vida útil de la instalación o cuando esta deje de operar por causas técnicas, económicas o de otra índole. Dado que parte de sus infraestructuras podrían continuar siendo útiles para la red eléctrica, se valorará su posible integración en la red de distribución.

Durante todo el proceso de desmantelamiento se aplicarán las medidas necesarias de seguridad y prevención de riesgos establecidas por la normativa vigente, así como aquellas disposiciones ambientales que resulten de aplicación.

El plazo estimado para la ejecución de los trabajos contemplados en este plan es de 6 meses.

El desmantelamiento asociado a la parte de la instalación con origen en el centro de seccionamiento y final en el punto de interconexión con la subestación Alhama, propiedad de Endesa-Distribución, queda fuera del objeto de este documento.

2. Metodología

Para la elaboración del presenta Plan de Desmantelamiento se ha seguido un enfoque estructurado que permite planificar de forma ordenada y eficiente as distintas actuaciones a realizar. El proceso metodológico adoptado se detalla a continuación:

- En primer lugar, se identifican y clasifican todas las operaciones necesarias para el desmantelamiento de la planta fotovoltaica y el sistema BESS, así como las actuaciones relacionadas con la restauración del entorno.

- A continuación, se describen las tareas concretas que se llevarán a cabo en cada zona o componente de la instalación, justificando técnicamente cada una de ellas y valorando su impacto económico.
- Posteriormente, se elabora un Plan de Restauración y Rehabilitación Ambiental, donde se definen las medidas para devolver el terreno a un estado lo más próximo posible al original, incluyendo acciones de revegetación si fuesen necesarias.
- Finalmente, se realiza un inventario de los residuos que se generarán durante los trabajos de desmantelamiento, estimando sus volúmenes y definiendo el tratamiento o destino final de los mismos, conforme a la legislación aplicable.

3. Fases del desmantelamiento

El desmantelamiento de la planta solar fotovoltaica y del sistema de almacenamiento con baterías, se estructura en tres grandes fases operativas, que se desarrollan a continuación:

- Fase 1: Desmontaje de instalaciones y retirada de equipos

En esta etapa se ejecutan las tareas destinadas a desinstalar todos los componentes de la planta y a dejar libre el terreno:

- Desmontaje y retirada de los módulos fotovoltaicos y estructuras de soporte (*trackers*)
 - Desmontaje de inversores, transformadores y estaciones de potencia.
 - Desmantelamiento de los contenedores del sistema de almacenamiento BESS.
 - Retirada de conductores, cableado subterráneo y cableado aéreo.
 - Retirada de vallados, sistemas de vigilancia y torre meteorológica, si procede.
 - Fase 2: Restauración del terreno y revegetación
- Fase 2: Restauración del terreno y revegetación

Una vez retirada la infraestructura, se llevan a cabo acciones de recuperación ambiental y acondicionamiento del entorno:

- Relleno de zanjas y compactación del terreno tras el levantamiento del cableado.
 - Demolición de elementos de obra civil no reutilizables (zunchos, zapatas, etc.)
 - Recuperación y nivelación de viales internos, cunetas y accesos.
 - Restauración del terreno en zonas de ocupación del BESS y estructuras auxiliares.
 - Labores de revegetación con especies autóctonas, si procede, para favorecer la integración paisajística y la recuperación ecológica del entorno.
- Fase 3: Gestión de residuos y valorización de materiales

Durante todo el proceso se identifican y gestionan adecuadamente los residuos generados, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental:

- Clasificación y separación de residuos según su naturaleza (metales, plásticos, hormigones, componentes electrónicos, etc.)
- Transporte de residuos a gestores autorizados para su reciclaje, valorización o eliminación.
- Inventariado final de residuos generados y documentación de la trazabilidad de su gestión.

4. Desmantelamiento de las instalaciones

4.1 Módulos fotovoltaicos y estructuras de soporte

Para los módulos fotovoltaicos y sus estructuras se procederá, en primer lugar, a su desconexión segura de la red de corriente continua. Posteriormente, se realizará el desmontaje ordenado de los módulos, retirándolos de sus estructuras mediante herramientas manuales. Estos serán apilados sobre estructuras preparadas para su transporte a plantas de reciclaje o para su posible reutilización, en función de su estado.

Las estructuras metálicas de soporte serán también desmontadas y clasificadas, con destino a reciclado o reaprovechamiento, según determine el propietario.

4.2 Estaciones de potencia e inversores

Los equipos principales de conversión, como inversores, transformadores y celdas de media tensión, serán desconectados eléctricamente y retirados de sus bancadas. En el caso de transformadores con líquidos dieléctricos, se procederá al vaciado de estos por parte de gestores autorizados. Estos equipos serán cargados en camiones y enviados a lugares de almacenamiento o tratamiento.

Todos los trabajos se realizarán siguiendo los protocolos de seguridad eléctrica y ambiental correspondientes.

4.3 Sistema de almacenamiento (BESS)

El sistema de almacenamiento en baterías será desconectado completamente, incluyendo los sistemas auxiliares de ventilación, climatización, monitorización (BMS) y control (EMS).

Las baterías serán extraídas de sus racks con herramientas apropiadas, manipuladas siguiendo estrictos protocolos de seguridad y almacenadas temporalmente en contenedores específicos.

A continuación, se retirará el contenedor o contenedores completos, bien para su reaprovechamiento o traslado a centros de tratamiento autorizados. Los sistemas eléctricos y electrónicos asociados también se desmontarán de forma segura para su valorización o eliminación controlada.

4.4 Cableado y canalizaciones

El cableado subterráneo y aéreo será retirado desde los cuadros de conexión hasta las estaciones de potencia. La retirada se hará progresivamente, liberando los cables de sus bandejas o canalizaciones, y enrollándolos para facilitar su transporte.

Los materiales serán clasificados según su composición (cobre o aluminio) y enviados a gestores de reciclaje autorizados.

Las canalizaciones, tubos y elementos de protección serán desmontados si no se mantienen para un posible futuro uso del emplazamiento.

5. Restauración del terreno y revegetación

5.1 Recuperación del suelo ocupado

Se procederá a la nivelación del terreno mediante aportes de tierra vegetal si fuese necesario. Las zanjas abiertas serán rellenadas con los materiales excavados previamente o con materiales compatibles, y se compactarán para evitar hundimientos. En las zonas donde se haya producido una compactación anormal del suelo debido al tránsito de maquinaria pesada, se aplicarán técnicas de subsolado o escarificación para restaurar su estructura original.

5.2 Infraestructura de acceso y viales

Los viales interiores construidos para dar acceso a las instalaciones serán desmontados. En primer lugar, se retirará el firme (zahorra, capas de grava o losas de hormigón), separando los materiales para su posible reutilización o reciclaje.

Posteriormente, se restaurará la morfología original del terreno, reconstruyendo las cunetas o drenajes naturales. En caso de que los caminos sean de uso compartido con explotaciones agrícolas o forestales, se valorará su mantenimiento previo acuerdo con los propietarios.

5.3 Revegetación

Con el fin de restaurar el equilibrio ecológico del entorno, se llevarán a cabo tareas de revegetación sobre las superficies previamente ocupadas por las instalaciones.

Se emplearán especies autóctonas adaptadas a las condiciones climáticas del entorno del municipio, fomentando la regeneración natural del ecosistema. Las labores incluirán siembras, plantaciones, y si fuera necesario, aplicación de acolchados o tratamientos hidrosiembra para favorecer el prendimiento. El proceso podrá incluir un seguimiento anual para garantizar el éxito de la restauración.

6. Gestión de residuos y valorización de materiales

6.1 Clasificación y acopio

Durante todo el proceso de desmantelamiento, se procederá a la segregación in situ de los distintos residuos generados. Se habilitarán zonas diferenciadas para metales, plásticos, hormigón, residuos electrónicos y peligrosos (como las baterías o aceites dieléctricos). Cada tipo de residuo será debidamente identificado y almacenado temporalmente en contenedores adecuados y seguros.

6.2 Transporte y entrega a gestores autorizados

Todos los residuos serán retirados periódicamente de la obra por empresas autorizadas en la gestión de residuos. Se documentará el proceso mediante hojas de seguimiento, identificando el tipo, volumen y destino de cada residuo. En el caso de residuos peligrosos, se aplicará la normativa específica en cuanto a transporte y trazabilidad, asegurando su tratamiento conforme a la legislación vigente.

6.3 Reutilización y valorización

Antes de proceder a la eliminación de cualquier componente, se evaluará su posible reutilización o aprovechamiento. Aquellos materiales en buen estado – como módulos solares, estructuras o cuadros eléctricos – podrán ser destinados a otros proyectos o a su venta como segunda mano. Se elaborará un informe final que recogerá los elementos recuperados, su destino y el porcentaje de valorización alcanzado respecto al total de residuos generados.

7. Plan de seguridad y salud

El contratista adjudicatario de los trabajos de desmantelamiento realizará, conforme a la legislación vigente, un plan de seguridad y salud que recoja, según su sistema de trabajo, las medidas de seguridad a aplicar durante la realización de estos. Este plan de seguridad y salud será aprobado por el coordinador de seguridad y salud previo al comienzo de los trabajos.

8. Valoración de los residuos

En este apartado se calcula la cantidad obtenida por la venta de los metales resultantes del desmantelamiento de la instalación, es decir, del cobre y el aluminio del cableado:

Cálculo del cobre procedente del cableado de la instalación				
Cable	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Densidad Cu (kg/m ³)	Peso Material (kg)
Cable solar H1Z2Z2-K, Cu, 1x10 mm ²	50.410,0	10	8.960	4516,74
Cable desnudo, Cu, 1x16 mm ²	486,0	16	8.960	69,67
Cable desnudo, Cu, 1x35 mm ²	3.812,0	35	8.960	1195,44
Cable desnudo, Cu, 1x50 mm ²	110,0	50	8.960	49,28
TOTAL				5.831,13

Tabla I – Cálculo peso Cu

Cálculo del aluminio procedente del cableado de la instalación				
Cable	Longitud (m)	Sección (mm ²)	Densidad Aluminio (Kg/m ³)	Peso Material (kg)
Cable LSZH He avy Duty DC, Al, 1x400 mm ²	530,0	400	2.698	572,06
Cable RV Pow erhard, Al, 1x240 mm ²	6.600,0	240	2.698	4274,27
Cable RHZ1-OL, Al, 1x95 mm ²	45,0	95	2.698	11,54
Cable RHZ1-OL, Al, 1x150 mm ²	1.365,0	150	2.698	552,50
TOTAL				5.410,36

Tabla II – Cálculo peso Al

Una vez obtenido el peso tanto del cobre como del aluminio, a partir del precio de mercado (€/kg) de cada uno de estos materiales, se obtiene la cantidad a recibir por el promotor ligada a la venta del material de la instalación ya desmantelada:

Precio obtenido por la venta de cobre y aluminio			
Material	Peso (kg)	Precio material (€/kg)	Precio venta (€)
Cobre	5.831,1	3,76	21.925
Aluminio	5.410,4	1,54	8.332
TOTAL			30.257

Tabla III – Cálculo precio venta material

9. Presupuesto de desmantelamiento

A continuación, se muestra el presupuesto estimado asociado al desmantelamiento de la planta solar fotovoltaica híbrida mediante baterías denominada «PSFV Alhama»:

Código	Ud.	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1		Desmantelamiento " PSFV Alhama "			
1.1	Ud.	Desmontaje de paneles fotovoltaicos	1	62.340,00 €	62.340,00 €
1.2	Ud.	Desmontaje de inversores fotovoltaicos	1	2.500,00 €	2.500,00 €
1.3	Ud.	Desmontaje de centros de transformación	1	3.400,00 €	3.400,00 €
1.4	Ud.	Desmontaje de contenedores de baterías	1	4.000,00 €	4.000,00 €
1.5	Ud.	Desmontaje de estación de potencia	1	1.530,00 €	1.530,00 €
1.6	Ud.	Desmontaje de centro de seccionamiento	1	8.800,00 €	8.800,00 €
1.7	Ud.	Desmontaje de red de tierras	1	1.660,00 €	1.660,00 €
1.8	Ud.	Desmontaje de vallado y puerta de acceso	1	200,00 €	200,00 €
1.9	Ud.	Desmantelamiento de conductores y zanjas	1	3.350,00 €	3.350,00 €
1.10	Ud.	Restitución paisajística	1	18.000,00 €	18.000,00 €
Total					105.780,00 €

Tabla IV – Presupuesto de desmantelamiento

El presupuesto total estimado para el desmantelamiento de la planta asciende 105.780,00 €. Esta cantidad, disminuida en la cantidad de 30.257 € debido a la venta del material procedente del desmantelamiento, suponen un total de 75.523 €.

La garantía económica que respalde el compromiso del promotor del proyecto para la ejecución del proyecto de desmantelamiento tendrá un importe de 75.523 € y se depositará en las arcas municipal del Ayuntamiento de Alhama de Granada.

Málaga, septiembre de 2025

El autor del Proyecto Fin de Máster

DOMÍNGUEZ RUIZ, Ignacio