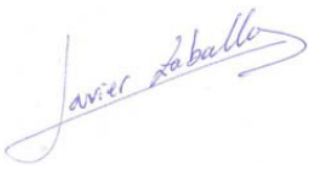
HOJA DE CONTROL DE FIRMA ELECTRÓNICA

NOMBRE :	JAVIER ZABALLOS NIETO
NIF :	70933343D
TITULACIÓN :	INGENIERÍA INDUSTRIAL
FIRMA :	 ZABALLOS NIETO JAVIER - 70933343D

NOMBRE :	
NIF :	
TITULACIÓN :	
FIRMA :	

NOMBRE :	
NIF :	
TITULACIÓN :	
FIRMA :	

NOMBRE :	
NIF :	
TITULACIÓN :	
FIRMA :	

El/Los arriba firmantes, firma como empleado y asalariado de I-DE REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES S.A.U. y por lo tanto bajo los medios, métodos y directrices de esta empresa la cual forma parte del Grupo Iberdrola.

Iberdrola Financiación, S.A. (empresa que forma parte del Grupo Iberdrola) tiene suscrito y en pleno vigor Seguro de Responsabilidad Civil Profesional con la Aseguradora Allianz Global Corporate & Specialty SE Sucursal en España Póliza nº ES-L0026002 5BM. Dicha Póliza de Responsabilidad Civil Profesional está contratada en condiciones que aseguran la cobertura de la responsabilidad decenal del artículo 1.591 del Código Civil y la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. El marco de cobertura de la póliza cubre a los empleados de las empresas del Grupo Iberdrola.

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES COIIM - SALAMANCA
Nº VISADO 202601250
FECHA DE VISADO 26/03/2026
VISADO
DOCUMENTO VISADO CON FIRMA ELECTRÓNICA
COLEGIADO/A Nº: NOMBRE
16023 COIIM JAVIER ZABALLOS NIETO

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para verificar: https://www.coiim.es/verificacion. Cód.Ver: 5406720B.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVO PARQUE 132 kV
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
400/132 kV

ST MINGLANILLA

(CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA LA MANCHA)

El Ingeniero Industrial
D. Javier Zaballos Nieto
Febrero 2026

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº 1 ..... MEMORIA

- Anexo 1. ..... Cálculos Eléctricos
- Anexo 2. ..... Campos Magnéticos
- Anexo 3. ..... Sistema de Alumbrado y Fuerza
- Anexo 4. ..... Ventilación y Climatización
- Anexo 5. ..... Protección Contraincendios
- Anexo 6. ..... Obra Civil
- Anexo 7. ..... Estudio de Gestión de Residuos
- Anexo 8. ..... Autorizaciones

DOCUMENTO Nº 2……..……PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº 3 ..... PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº 4 ..... PLANOS

DOCUMENTO Nº 5 ..... ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVO PARQUE 132 kV
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
400/132 kV

ST MINGLANILLA

(CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA LA MANCHA)

DOCUMENTO Nº 1

MEMORIA

El Ingeniero Industrial
D. Javier Zaballos Nieto
Febrero 2026

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN 5
2. OBJETO 6
2.1 RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS 6
3. EMPLAZAMIENTO 7
4. NORMATIVA 8
4.1 NORMATIVA ESTATAL 8
4.2 NORMATIVA AUTONÓMICA 10
4.3 NORMATIVA LOCAL 10
4.4 NORMAS UNE APLICABLES 10
4.5 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA 11
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN Y ALCANCE ACTUACIÓN 13
5.1 GENERAL 13
5.2 ALCANCE DE LA ACTUACIÓN PROYECTADA 13
5.2.1 Sistema de 400 kV 13
5.2.1.1 Instalaciones existentes 13
5.2.1.2 Instalaciones a ejecutar por REE 14
5.2.1.3 Instalaciones a ejecutar por i-DE 14
5.2.2 Sistema de 132 kV 14
5.2.3 Transformador de potencia 15
5.2.4 Edificios 15
5.2.5 Resto instalaciones 16
5.3 EVOLUCIÓN FUTURA DE LA INSTALACIÓN 17
5.3.1 SISTEMA DE 400 KV 17
5.3.2 SISTEMA DE 132 KV 17
5.3.3 TRANSFORMADOR DE POTENCIA 17
5.3.4 EDIFICIOS 18
6. SISTEMAS DE ALTA TENSIÓN 19
6.1 SISTEMA DE 400 KV 19
6.1.1 Transformadores de tensión 19
6.1.2 Transformadores de intensidad 19

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

6.1.3 Pararrayos 20
6.2 SISTEMA DE 132 KV 20
6.2.1 Equipos Híbridos compactos MTS 20
6.2.2 Seccionadores de barra pantógrafo 132 kV 22
6.2.3 Seccionador de 132 kV 23
6.2.4 Transformadores de tensión 24
6.2.5 Transformadores de tensión para servicios auxiliares 25
6.2.6 Pararrayos 25
7. TRANSFORMACIÓN 26
8. CARACTERÍSTICAS GENERALES 28
8.1 AISLAMIENTO 28
8.2 DISTANCIAS MÍNIMAS 28
9. ESTRUCTURA METÁLICA, EMBARRADOS Y AISLADORES 29
9.1 ESTRUCTURA METÁLICA 29
9.1.1 Características generales estructura metálica 29
9.1.2 Estructura metálica necesaria en la instalación 31
9.2 EMBARRADOS 32
9.2.1 Descripción general y características de diseño 32
9.2.2 Embarrados de 400 kV 33
9.2.3 Embarrados de 132 kV 33
9.2.4 Aisladores soporte para 400 kV 33
9.2.5 Aisladores soporte para 132 kV 34
9.2.6 Piezas de conexión 34
10. RED DE TIERRAS 35
11. CUADROS DE CONTROL Y ARMARIOS DE PROTECCIONES 37
11.1 DESCRIPCIÓN GENERAL 37
11.2 UNIDADES DE CONTROL 37
11.3 PROTECCIONES 38
11.3.1 Sistema de 132kV 38
11.3.2 Autotransformador 39
11.4 ARMARIOS DE CONTROL Y PROTECCIONES 39
12. MEDIDA 41
12.1 MEDIDA DE ENERGIA 41

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

12.2 RESTO DE MEDIDAS 41
13. TELECONTROL 42
14. SERVICIOS AUXILIARES 42
14.1 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE ALTERNA 42
14.2 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE CONTINUA 43
15. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS 44
16. PLANIFICACIÓN 47
17. PLAZO DE EJECUCIÓN 47

ANEXOS

- ANEXO 1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS
- ANEXO 2: CAMPOS MAGNÉTICOS
- ANEXO 3: SISTEMA DE ALUMBRADO Y FUERZA
- ANEXO 4: VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN
- ANEXO 5: SISTEMA CONTRAINCENDIOS
- ANEXO 6: OBRA CIVIL
- ANEXO 7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS
- ANEXO 8: AUTORIZACIONES

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

I-DE Redes Eléctricas Inteligentes S.A.U. (en adelante i-DE), con domicilio social en Bilbao, Avd. San Adrián nº 48, NIF A-95075578 es una empresa dedicada a la distribución de energía eléctrica que abastece una parte importante del mercado nacional, siendo la Comunidad Autónoma de Castilla la Mancha una de las zonas geográficas en las que I-DE Redes Inteligentes S.A.U. desarrolla su actividad.

i-DE ha previsto desde la red de transporte en ST Minglanilla 400 kV (Minglanilla (Cuenca)) la dotación de nueva inyección 400/132 kV a la red de distribución de 132 kV de las provincias de Cuenca y Albacete, además de dos líneas de conexión 132kV al circuito 132 kV Contreras - Olmedilla.

Ante la mencionada situación, i-DE ha decidido incorporar a la red un nuevo parque 132kV conectado a la ST Minglanilla 400kV, nuevo parque formado por 1 transformador 400/132 kV - 300 MVA más un sistema 132 kV doble barra MTS formado por 2 posiciones de línea, 1 posición de transformador de potencia y una posición de enlace de barras. El alcance final de la instalación será de 12 líneas 132 kV y 2 transformadores 400/132 kV - 450 MVA.

La ampliación de la posición 400kV para conexión del nuevo sistema de 132 kV, ya ha sido ejecutada. Dicha posición aparecía contemplada en el documento “Modificación de aspectos puntuales del Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2021-2026” y la conexión se realizará mediante cable aislado de 400 kV y 250 m de longitud.

El proyecto de conexión en configuración entrada salida de la línea 132 kV existente Contreras - Olmedilla, ha sido presentado por i-DE con fecha 05 de noviembre de 2025 ante la Dependencia de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en Cuenca, organismo competente para su tramitación, siendo la Dirección General de Política Energética y Minas el órgano competente para su resolución.

Este conjunto de actuaciones representa el objeto del presente proyecto técnico administrativo.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

2. OBJETO

El presente documento se redacta con la finalidad de obtener las distintas autorizaciones necesarias de las administraciones competentes y actualizar la documentación presentada con anterioridad en las mismas.

2.1 RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS

Las Administraciones, empresas y organismos afectados son los siguientes:

1. Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF).
    a. Se dispone de informe favorable de construcción del nuevo parque 132 kV para ST Minglanilla 400/132 kV y sus líneas asociadas, la cual se acompaña en el anexo 8 de este Proyecto.
2. Excmo. Ayuntamiento de Minglanilla.
    a. Se dispone de Certificado Urbanístico de viabilidad del proyecto de construcción del nuevo parque de 132 kV para ST Minglanilla 400/132kV el cual se acompaña en el Anexo 8 de este proyecto.

Sea como fuere, el Proyecto Técnico Administrativo presentado sustituirá a la separata necesaria para solicitar informe y o condicionado a cualquier Administración, empresa u organismo afectado por la instalación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

3. EMPLAZAMIENTO

El nuevo parque 132 kV para la ST Minglanilla estará ubicado en la provincia de Cuenca, y más concretamente en el término municipal de Minglanilla. Su cota aproximada de explanación se sitúa en los 796 m sobre el nivel del mar.

La localización queda reflejada en el plano de situación geográfica adjunto en el documento nº 4 “Planos”. En este mismo documento se incluye como hoja nº 2 un plano de ubicación.

El terreno destinado a la instalación se localiza en la coordenada georeferenciada (coordenadas U.T.M. ETRS-89) siguiente:

X:623.518,95 Y:4.376.033,25

La plataforma de la subestación ocupará una extensión de 15.213 m^2.

En su conjunto, considerando retranqueos, accesos y otras necesidades, la superficie afectada en pleno dominio por la construcción del nuevo parque 132kV es de 38.448 m².

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4. NORMATIVA

El Proyecto Técnico Administrativo ha sido redactado de acuerdo con lo preceptuado en la siguiente Normativa y Reglamentación de Instalaciones de Alta Tensión:

4.1 NORMATIVA ESTATAL

- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (B.O.E. núm. 310 de 27/12/2013), y sus modificaciones.
- 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 (B.O.E. núm. 310 de 27/12/2000), y sus modificaciones.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09 (Aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, B.O.E. núm. 68 de 19/03/2008).
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC - RAT 01 a 23 (Aprobado por Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, B.O.E. núm. 139 de 09/06/2014).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51 (Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, B.O.E. núm. 224 de 18/09/2002).
- Real Decreto 1048/2013, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para el cálculo de la retribución de la actividad de distribución de energía eléctrica.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental y sus modificaciones (B.O.E. núm. 296 de 11/12/2013) y sus modificaciones.
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular (B.O.E. núm. 85 de 09/04/2022).
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados (B.O.E. núm. 15 de 18/01/2005).
- Orden PRA/1080/2017, de 2 de noviembre, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (B.O.E. núm. 38 de 13/02/2008).
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido (B.O.E. núm. 276 de 18/11/2003).
- Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental (B.O.E. núm. 301 de 17/12/2005), y sus modificaciones.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas (B.O.E. núm. 254 de 23/10/2007).
- Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas (B.O.E. núm. 178 de 26/07/2012).
- Orden PCI/1319/2018, de 7 de diciembre, por la que se modifica el Anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación del ruido ambiental.
- Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI) (Aprobado por Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, B.O.E. núm. 139 de 12/06/2017).
- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI) (Aprobado por Real Decreto 164/2025, de 4 de marzo, B.O.E. núm. 87 de 10/04/2025).
- Código Técnico de la Edificación (CTE) (Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, B.O.E. núm. 74 de 28/03/2006).
- Código Estructural (CE-21) (Aprobado por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, B.O.E. núm. 190 de 10/08/2021).
- Normas UNE de obligado cumplimiento.
- Condicionados que puedan ser emitidos por Organismos afectados por las instalaciones.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

La normativa descrita se enmarca en la legislación básica del Estado, correspondiendo a las comunidades autónomas en el ejercicio de sus competencias el desarrollo del marco normativo aplicable a las instalaciones eléctricas que les corresponda autorizar.

4.2 NORMATIVA AUTONÓMICA

Castilla – La Mancha:

- Decreto 80/2007, de 19 de junio, por el que se regulan los procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica a tramitar por la junta de comunidades de Castilla La Mancha y su régimen de revisión e inspección, y sus modificaciones.
- Decreto Legislativo 1/2023, de 28 de febrero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Ordenación del Territorio y de la Actividad Urbanística de Castilla La Mancha.
- Ley 2/2020, de 7 de febrero, de Evaluación Ambiental de Castilla-La Mancha.

4.3 NORMATIVA LOCAL

- Condicionados que puedan ser emitidos por Organismos afectados por las instalaciones.

4.4 NORMAS UNE APLICABLES

En relación al Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITCRAT 01 a 23 las normas UNE de aplicación son las siguientes:

- 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.
- UNE-EN 60071:2020: Coordinación de aislamientos. Partes 1 y 2: Definiciones, principios y reglas y Guía de aplicación.
- UNE-EN 60076:2013: Transformadores de potencia.
- UNE-EN IEC 60376:2019: Especificaciones para hexafluoruro de azufre (SF6) de calidad técnica y gases complementarios que se utilizarán en sus mezclas para uso en equipos eléctricos.
- UNE-EN IEC 60480:2020: Especificaciones para la reutilización del hexafluoruro de azufre (SF6) y sus mezclas en equipos eléctricos.
- UNE-EN-60529:2018: Grados protección proporcionados por las envolventes (Código IP).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- UNE-EN 60865-1:2013: Corrientes de cortocircuito.
- UNE-EN-60909-0:2016 Corriente de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna.
- UNE-EN 61869-1:2010: Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 61869-2 -3 -5: Transformadores de medida de intensidad y tensión. Partes 2, 3 y 5: Requisitos adicionales para transformadores de intensidad, tensión inductivos y tensión capacitivos.
- UNE-EN IEC 61936-1:2021: Instalaciones eléctricas de tensión nominal superior a 1 kV en corriente alterna. Parte 1: Reglas comunes.
- UNE-EN 62271-1:2019: Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes para aparamenta de corriente alterna.
- UNE-EN 62271-100:2021: Aparamenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna para alta tensión.
- UNE-EN 62271-102:2021: Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- UNE-EN IEC 62271-200:2025 Aparamenta de alta tensión. Parte 200: Aparamenta bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- UNE-EN 62271-203:2023: Aparamenta de alta tensión. Parte 203: Aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV.
- UNE-EN 62271-205:2011 Aparamenta de alta tensión. Parte 205: Conjuntos compactos de aparamenta de tensiones asignadas superiores a 52 kV.
- UNE-EN IEC 62485-2:2019: Requisitos de seguridad para las baterías e instalaciones de baterías. Parte 2: Baterías estacionarias.
- UNE-IEC/TS 60815:2013 EX (Serie completa: partes 1, 2 y 3): Selección y dimensionamiento de los aisladores de alta tensión para uso en las condiciones de contaminación.
- IEEE Standard 80-2013 Guide for Safety in AC Substation Grounding.

4.5 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

La instalación estará asegurada para compatibilidad electromagnética, considerando que los equipos de control y protecciones serán digitales, basados en microprocesadores (µP), cuyas características se enuncian a continuación:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- La rigidez dieléctrica de los equipos será de 2 kV, 50 Hz, 1 minuto y el nivel de impulso de 5 kV, 1,2/50 µs, 0,5 J, según norma UNE EN 60255-27:2014.
- De acuerdo con la norma UNE EN 60255-26:2013:
  - El nivel de protección frente a interferencias de A.F (onda oscilatoria de 1 MHz) será de 2,5 kV en modo común y 1 kV en modo diferencial.
  - Para las descargas electrostáticas, la tensión de salida (modo de descarga en el aire) será de 8 KV.
  - El nivel de inmunidad de los equipos frente a radiointerferencias cumplirá y se ensayará con lo indicado en esta norma.
  - Los equipos serán de clase A frente a transitorios rápidos.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN Y ALCANCE ACTUACIÓN

5.1 GENERAL

El nuevo parque 132 kV de ST Minglanilla constará de las instalaciones que a continuación se describen, según puede verse en el esquema unifilar simplificado recogido en el documento nº 4 "Planos" del presente proyecto.

En este esquema unifilar se han representado las actuaciones previstas en los niveles de tensión de 400 y 132 kV con todos los circuitos principales que lo formarán, figurando también las conexiones con el parque de 400 kV existente y sus elementos principales.

Las tensiones de diseño de la instalación para los niveles de tensión que la componen son 400 y 132 kV, siendo estas coincidentes con las tensiones de inundación / energización de la instalación.

La descripción de las instalaciones se realiza distinguiéndose entre el alcance a ejecutar en el presente proyecto y la evolución máxima futura prevista para la misma.

5.2 ALCANCE DE LA ACTUACIÓN PROYECTADA

La actuación proyectada pretende la construcción de un nuevo parque 132 kV conectado al parque existente de 400kV ST Minglanilla REE, propiedad de Red Eléctrica de España. Se dotará al nuevo parque 132kV de un transformador de potencia 400/132 kV de 300 MVA de potencia nominal conectado al parque existente de 400 kV mediante un puente de cable aislado 230/400 kV.

5.2.1 Sistema de 400 kV

5.2.1.1 Instalaciones existentes

El parque del sistema de 400 kV existente, propiedad de REE, y con instalación tipo intemperie presenta configuración de interruptor y medio con las siguientes posiciones:

- Cinco (5) posiciones de línea convencionales de intemperie, L/ Cofrentes, L/Belinchón, L/ Requena, L/ Olmedilla y L/ Minglanilla Generación, con interruptor.
- Dos (2) posiciones de transformador de potencia convencional de intemperie, TF1 y TF2, con interruptor.
- Dos (2) posiciones de reserva sin equipar.
- Una (1) posición de reactancia 150 MVAr, con interruptor.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

5.2.1.2 Instalaciones a ejecutar por REE

Para la conexión entre el actual parque de 400kV y el nuevo parque de 132kV objeto del presente proyecto, se construirá una canalización enterrada por la que discurrirá el cable aislado procedente del parque 400 kV de la ST Minglanilla REE y la conversión aéreo-subterránea de dicho cable para la transición de cable aislado a embarrado flexible desnudo con cable de aluminio en configuración dúplex. Todo este alcance necesario para la conexión en 400kV entre ambos parques será objeto de proyecto independiente por parte de REE.

5.2.1.3 Instalaciones a ejecutar por i-DE

Para garantizar la debida medida y protección del nuevo transformador 400/132kV, dentro del alcance del presente proyecto, se precisará la instalación de los siguientes equipos entre el puente de cable 230/400kV y el nuevo transformador de potencia:

- Tres (3) transformadores de tensión inductivos.
- Tres (3) transformadores de intensidad.
- Tres (3) pararrayos de intemperie.

5.2.2 Sistema de 132 kV

Para el nuevo parque del sistema de 132 kV de instalación en exterior, se ha optado por una configuración en doble barra compuesta por las siguientes posiciones:

- Dos (2) posiciones de línea blindada de intemperie, L/ Olmedilla y L/ Contreras, con interruptor.
- Una (1) posición de transformador de potencia blindada de intemperie, AT-3, con interruptor.
- Una (1) posición de enlace de barras blindada de intemperie con interruptor.
- Dos (2) posiciones de medida convencionales de intemperie sin interruptor, instaladas en uno de los extremos de ambos embarrados principales.

Aparellaje:

El aparellaje con que se equipa cada posición es el siguiente:

- Posición de línea:
  - Un (1) equipo compacto híbrido con aislamiento integral en gas (natural o sintético).
  - Seis (6) seccionadores pantógrafos unipolares para conexión a barras.
  - Tres (3) transformadores de tensión inductivos.
  - Tres (3) pararrayos de intemperie.
- Posición de transformador:
  - Un (1) equipo compacto híbrido con aislamiento integral en gas (natural o sintético).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

  - Seis (6) seccionadores pantógrafos unipolares para conexión a barras.
  - Tres (3) pararrayos de intemperie.
- Posición de enlace de barras:
  - Un (1) equipo compacto híbrido con aislamiento integral en gas (natural o sintético).
- Medida y embarrado principal:
  - Seis (6) transformadores de tensión inductivos, tres en uno de los extremos de cada barra del embarrado principal.
  - Dos (2) barras con tubo de aleación de aluminio.

El sistema de 132kV además contará con tres (3) transformadores de tensión de servicios auxiliares 132/0,223 kV conectados al embarrado principal a través de un (1) seccionador con accionamiento eléctrico tripolar y protegido contra sobretensiones por tres (3) pararrayos de intemperie.

5.2.3 Transformador de potencia

La instalación contará con:

- Un (1) transformador de potencia (AT-3) 400/132 kV de 300 MVA, de instalación en exterior, aislado en aceite mineral, conexión YNa0d11, con regulación en carga.

La obra civil que se desarrollará contemplará la bancada y elementos asociados para un (1) transformador.

5.2.4 Edificios

La instalación contará con varios edificios con las siguientes funcionalidades:

- Control y comunicaciones – 158,4 m^2 correspondientes a un (1) edificio prefabricado de tipo panelable con dos estancias separadas mediante puerta y destinadas a:
  - Control – 124,30 m^2 útiles correspondientes a una (1) sala.
  - Comunicaciones – 21,76 m^2 útiles correspondientes a una (1) sala.
- CT- SSAA – 4,41 m^2 correspondientes a una (1) caseta monobloque prefabricada. La ejecución de este centro de transformación será alcance de un proyecto independiente junto con la acometida de la línea de media tensión asociada.

Todos los edificios serán prefabricados, de una sola planta y de escasa entidad.

La disposición en planta de las edificaciones puede verse en el documento nº 4 “Planos”.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

5.2.5 Resto instalaciones

Para el hipotético caso de una fuga del material dieléctrico del transformador AT-3 del parque de intemperie se instalará un sistema preventivo de recogida del mismo compuesto por: cubeta solidaria con la bancada del transformador, sistema de evacuación desde el transformador y dos (2) receptores de emergencia con una capacidad nominal de 70 m^3 (140 m^3 en total), capaz de almacenar el volumen de dieléctrico equivalente al contenido de la cuba del transformador. Se ejecutarán las arquetas, canalizaciones necesarias para la conducción del dieléctrico desde las bancadas de los transformadores hasta el receptor de emergencia. Ver mayor detalle en Anexo 6 “Obra Civil”.

Se procederá a la ejecución de las galerías, cerramientos, cimentaciones y canalizaciones necesarias para la realización de los trabajos descritos en los aparatados anteriores.

Además de los circuitos y elementos principales descritos en los anteriores apartados, también se ha previsto la instalación de los correspondientes aparatos de medida, mando, control, protección y comunicaciones necesarios para la adecuada explotación de la instalación, y los sistemas de distribución de servicios auxiliares en corriente alterna y corriente continua desde los respectivos equipos rectificadores-batería.

Por sus características, estos aparatos son de instalación interior, y para su control y fácil maniobrabilidad, se han ubicado en cuadros y armarios situados en las salas de control y comunicaciones, habilitadas en el edificio donde se instalan todos aquellos componentes que, por su función, centralizan de alguna manera el control de la subestación.

El alcance de la actuación contempla también la instalación de un nuevo sistema de telecomunicaciones, incluida nueva torre de telecomunicaciones, además de los armarios y correspondientes a la infraestructura de este sistema instalados en interior. Para las telecomunicaciones mediante fibra óptica se ejecutarán canalizaciones desde los pórticos de las líneas aéreas que dispongan de ella hasta los nuevos edificios de control y telecomunicaciones.

Se dotará a la subestación de un nuevo sistema de seguridad contra incendios, perimetral y megafonía de emergencia controlado desde edificio de control.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

5.3 EVOLUCIÓN FUTURA DE LA INSTALACIÓN

De acuerdo con las previsiones de evolución que a medio y largo plazo se contemplan, en función del desarrollo de la zona, el futuro parque 132 kV de la subestación ST Minglanilla contará en su máximo desarrollo con las instalaciones descritas en apartados siguientes por niveles de tensión.

En el esquema unifilar simplificado y planta de la subestación incluidas el documento nº 4 “Planos”, las instalaciones futuras se representan en trazo discontinuo.

5.3.1 SISTEMA DE 400 KV

Para garantizar la debida medida y protección de dos (2) transformadores 400/132 kV, serán precisos los siguientes equipos entre puentes de cable 230/400 kV propiedad de REE y transformadores de potencia:

- Seis (6) transformadores de tensión inductivos.
- Seis (6) transformadores de intensidad.
- Seis (6) pararrayos de intemperie.

5.3.2 SISTEMA DE 132 KV

Configuración en doble barra con capacidad máxima para las siguientes posiciones:

- Doce (12) posiciones de línea blindadas de intemperie con interruptor.
- Dos (2) posiciones de transformador de potencia blindadas de intemperie con interruptor.
- Una (1) posición de enlace de barras blindada de intemperie con interruptor.
- Dos (2) posiciones de medida convencionales de intemperie sin interruptor, instaladas en uno de los extremos de ambos embarrados principales.

El sistema de 132kV además contará con tres (3) transformadores de tensión de servicios auxiliares 132/0,223 kV conectados al embarrado principal a través de un (1) seccionador con accionamiento eléctrico tripolar y protegido contra sobretensiones por tres (3) pararrayos de intemperie.

5.3.3 TRANSFORMADOR DE POTENCIA

En el alcance máximo de la instalación se contemplan:

- Dos (2) transformadores de potencia (AT-3 y AT-4) 400/132 kV de 450 MVA respectivamente, de instalación en exterior, aislados en aceite mineral, conexión YNa0d11, con regulación en carga.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

5.3.4 EDIFICIOS

En el alcance máximo de la instalación se contemplan los siguientes edificios, indicándose también su funcionalidad:

- Control y comunicaciones – 158,4 m^2 correspondientes a un (1) edificio prefabricado de tipo panelable con dos estancias separadas mediante puerta y destinadas a:
  - Control – 124,30 m^2 útiles correspondientes a una (1) sala.
  - Comunicaciones – 21,76 m^2 útiles correspondientes a una (1) sala.
- CT- SSAA – 4,41 m^2 correspondientes a una (1) caseta monobloque prefabricada.

La disposición en planta de las edificaciones puede verse en el documento nº 4 “Planos”.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

6. SISTEMAS DE ALTA TENSIÓN

6.1 SISTEMA DE 400 KV

Los elementos del sistema de 400 kV que se instalarán en el nuevo parque 132 kV, se limitan a la aparamenta de medida, control y protección de los puentes de conexión entre el parque 400 kV REE y el lado de bornas del autotransformador AT-3 del mismo nivel de tensión.

6.1.1 Transformadores de tensión

Para alimentar los diversos aparatos de medida y protección de circuitos de 400 kV se ha previsto la instalación de los siguientes transformadores de tensión.

Transformadores de tensión inductivos:

En la posición del AT-3, del lado de los puentes de 400 kV, se instalarán tres (3) transformadores de tensión inductivos, uno por fase, cuyas características eléctricas más esenciales son:

- Frecuencia .....50 Hz
- Tensión de aislamiento asignada .....420 kV
- Tensión de servicio nominal .....400 kV
- Relación de transformación:
  - Primer arrollamiento 396/√3 : 0,110/√3 kV
  - Segundo arrollamiento 396 /√3 : 0,110/√3 kV
  - Tercer arrollamiento 396/√3 : 0,110 kV
- Potencias y clase de precisión (no simultáneas):
  - Primer arrollamiento 25 VA, Cl.0,5 - 3P
  - Segundo arrollamiento 130 VA, Cl.0,5 - 3 P
  - Tercer arrollamiento 150 VA, Cl 3P
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 μs .....1425 kV

6.1.2 Transformadores de intensidad

Montados junto a las bornas de AT-3 del lado de 400 kV, se instalarán tres (3) transformadores de intensidad, que alimentarán los circuitos de medida y protección.

Las características principales de estos transformadores de intensidad son las siguientes:

- Tensión de aislamiento asignada ..... 420 kV
- Tensión de servicio nominal..... 400 kV
- Relación de transformación:
- Posición de autotrafo..... 1000-1500-2000-3000/5-5-5-5-5 A
- Potencias y clases de precisión:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Arrollamiento de medida..... 50 VA Cl. 0,5
- Arrollamientos de protección (x3) ..... 75 VA 5P20
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 ms ..... 1425 kV cresta
- Sobreintensidad admisible en permanencia ..... 1,2 x In primaria

6.1.3 Pararrayos

Para proteger la instalación contra las sobretensiones de origen atmosférico, o las que por cualquier otra causa pudieran producirse, se instalarán pararrayos en la posición de transformador conectados en derivación de la conexión de 400 kV al transformador, lo más cerca posible a las bornas del equipo:

Las características principales de estos equipos son las siguientes:

- Tensión asignada .....400 kV
- Tensión máxima de servicio continuo .....288 kV
- Intensidad nominal de descarga (onda 8/20 µs) .....20 kA
- Clase de descarga.....3
- Tensión residual a impulsos tipo rayo (20 kA 8/20 µs) .....≤ 928 kV
- Tensión residual a impulsos tipo maniobra .....≤ 730 kV

Los pararrayos a utilizar serán de óxidos metálicos sin explosores con envolvente polimérica.

6.2 SISTEMA DE 132 KV

6.2.1 Equipos Híbridos compactos MTS

Para este alcance se instalarán un total de cuatro (4) equipos híbridos MTS en el parque de 132 kV: uno (1) en cada posición de línea blindada, uno (1) de posición de transformador AT-3 y uno (1) de posición de enlace de barras.

Cada equipo híbrido MTS, con aislamiento en gas (natural o sintético), será de tipo encapsulado de exterior para conexión en simple barra. Todos ellos estarán formados por elementos unipolares y tripolares, en los que la aparamenta de corte será siempre de acción tripolar y estarán provistos de aisladores pasatapas gas (natural o sintético)para la conexión de barras a las posiciones. Estos elementos aglutinarán las funciones de los seccionadores de barras y puesta a tierra, del interruptor y del transformador de intensidad.

Particularizando los elementos que conforman los Equipos Híbridos MTS´s, para las distintas posiciones donde se proyecta su instalación.

• Posición de línea, transformador (elementos por cada unidad MTS):

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Un (1) seccionador tripolar, para conexión a barras, de tres posiciones con cuchillas de puesta a tierra.
- Un (1) interruptor automático tripolar de corte en vacío o gas sintético.
- Tres (3) transformadores de intensidad.
- Seis (6) bushings gas (natural o sintético) con aislamiento polimérico.

• Posición de enlace de barras (elementos por cada unidad MTS):

- Dos (2) seccionadores tripolares, para conexión a barras, de dos posiciones.
- Un (1) interruptor automático tripolar de corte en vacío o gas sintético.
- Tres (3) transformadores de intensidad.
- Seis (6) bushings gas (natural o sintético) con aislamiento polimérico.

Las características principales de estos equipos son las siguiente:

- Tipo de equipo Blindada, ...gas (natural o sintético)
- Servicio Continuo, ...exterior.
- Temperatura ambiente .....-30 ºC a +40 ºC
- Tensión de aislamiento asignada .....145 kV
- Tensión de servicio nominal .....132 kV
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz .....275 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 µs .....650 kV
- Frecuencia nominal .....50 Hz
- Intensidad asignada de servicio continuo..... 2.500 A
- Intensidad de cortocircuito asignada (3s) .....40 kA
- Intensidad de cortocircuito (valor de cresta) .....100 kA

Las características más esenciales de los elementos que lo componen son:

Seccionadores de aislamiento/seccionador de Puesta a Tierra

- Tensión de aislamiento asignada.....145 kV
- Tensión de servicio nominal .....132 kV
- Nivel de aislamiento a tierra y entre polos:
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto 275 kV
  - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 µs .....650 kV (val. cresta)
- Nivel de aislamiento sobre la distancia de seccionamiento:
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto 315 kV
  - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 µs .....750 kV (val. cresta)
- Intensidad de servicio continuo .....2.500 A

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Intensidad admisible de corta duración (1 s) ..... 40 kA (val. eficaz)
- Intensidad admisible (valor de cresta) ..... 100 kA
- Tipo de mando ..... Motorizado

Interruptor

- Tensión de aislamiento asignada ..... 145 kV
- Tensión de servicio nominal ..... 132 kV
- Frecuencia ..... 50 Hz
- Intensidad asignada de servicio continuo ..... 2.500 A
- Intensidad de cortocircuito asignada. ..... 40 kA
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz ..... 275 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 μs ..... 650 kV
- Duración nominal de la corriente de cortocircuito ..... 3 s
- Ciclo nominal de maniobra asignado O-0,3s-CO-15s-CO
- Tipo de reenganche ..... Trifásico
- Clase ..... M2 y C2

Transformadores de intensidad

- Tensión de aislamiento asignada ..... 145 kV
- Tensión de servicio nominal ..... 132 kV
- Relación de transformación:
  - Posiciones de línea 400-800/5-5-5 A
  - Posición de enlace 1200-1400/5-5-5 A
  - Posición de transformador 1200-1400/5-5-5 A
- Potencias y clases de precisión:
  - Arrollamiento de medida 30 VA Cl. 0,5
  - Arrollamiento de protección 2 x 50VA 5P20
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 1 minuto, sobre el arrollamiento primario ..... 275 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 μs ..... 650 kV cresta

6.2.2 Seccionadores de barra pantógrafo 132 kV

Los seccionadores de barras a instalar en las posiciones de línea y transformador alimentadas por las barras principales de 132 kV serán de tipo pantógrafo de intemperie, formado por tres polos independientes montados sobre estructuras independientes.

En cada una de las posiciones de línea, así como en la de transformador AT-3, se instalarán seis (6) seccionadores pantógrafos monofásicos, tres (3) por cada barra.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Este proyecto incluye por tanto la instalación de deiciocho (18) seccionadores pantógrafos monofásicos, de accionamiento motorizado.

Las características técnicas principales de estos seccionadores son las siguientes:

- Tensión de aislamiento .....145 kV
- Tensión de servicio .....132 kV
- Nivel de aislamiento a tierra y entre polos:
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto .....275 kV
  - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50 μs .....650 kV (val. cresta)
- Nivel de aislamiento sobre la distancia de seccionamiento:
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto .....315 kV
  - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo, onda 1,2/50 μs .....750 kV (val. cresta)
- Intensidad nominal .....2.500 A
- Intensidad admisible de corta duración (1 s).....40 kA (val. eficaz)
- Intensidad admisible (valor de cresta) .....100 kA

6.2.3 Seccionador de 132 kV

En la posición dedicada a los transformadores de tensión 132 kV para alimentación de los servicios auxiliares se instalará un (1) seccionador de barras para conexión a barras A.

Será del tipo tres columnas, doble apertura lateral y accionamiento eléctrico.

El seccionador es tripolar de intemperie y está formado por tres polos independientes, montados sobre una estructura común.

Cada fase consta de tres columnas de aisladores. Las dos columnas laterales son fijas y en su extremo superior llevan el contacto fijo y toma de corriente, mientras que, la columna central es giratoria, y en ella va montada la cuchilla realizando dos rupturas por fase.

El accionamiento en las tres columnas rotativas se hace simultáneo con un mando único, mediante un sistema articulado de tirantes de tubo, ajustados, que permiten que la maniobra de cierre y apertura en las tres fases esté sincronizada.

El accionamiento del seccionador del sistema de 132 kV será eléctrico y se instalará telemandado y telecontrolado.

Las características técnicas principales de estos equipos son las siguientes:

- Tensión de aislamiento asignada.....145 kV
- Tensión de servicio nominal .....132 kV

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Nivel de aislamiento a tierra y entre polos:
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto 275 kV
  - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 μs .....650 kV (val. cresta)
- Nivel de aislamiento sobre la distancia de seccionamiento:
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 minuto 315 kV
  - Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 μs .....750 kV (val. cresta)
- Intensidad asignada de servicio continuo:
  - Posición de transformador de tensión de SSAA .....1.600 A
- Intensidad admisible de corta duración (1 s).....40 kA (val. eficaz)
- Intensidad admisible (valor de cresta).....100 kA

6.2.4 Transformadores de tensión

Para alimentar los diversos aparatos de medida y protección de circuitos de 132 kV se ha previsto la instalación de transformadores de tensión inductivos en las posiciones de línea y en los extremos del embarrado principal.

Las características principales de estos equipos son las siguientes:

- Frecuencia .....50 Hz
- Tensión de aislamiento asignada .....145 kV
- Tensión de servicio nominal .....132 kV
- Relación de transformación:
  - Primer arrollamiento 132/√3: 0,110/√3 kV
  - Segundo arrollamiento 132 /√3: 0,110/√3 kV
  - Tercer arrollamiento 132/√3: 0,110 kV
- Potencias y clase de precisión (no simultáneas):
  - Primer arrollamiento 25 VA, Cl.0,2
  - Segundo arrollamiento 180 VA, Cl.0,5 - 3 P
  - Tercer arrollamiento 150 VA, Cl 3P
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 1 min. .....275 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 μs .....650 kV
- Intensidad admisible (valor de cresta).....100 kA

Por tanto, serán necesarios doce (12) unidades para cubrir las necesidades del nuevo parque 132 kV.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

6.2.5 Transformadores de tensión para servicios auxiliares

Para alimentar los servicios auxiliares del nuevo parque de 132 kV en baja tensión se ha previsto la instalación de tres (3) transformadores de tensión unipolares encapsulados en gas (natural o sintético) alimentados desde barras A.

Las características principales de estos equipos son las siguientes:

- Frecuencia ..... 50 Hz
- Tensión de aislamiento asignada ..... 145 kV
- Tensión de servicio nominal ..... 132 kV
- Potencia nominal ..... 100 kVA
- Relación de transformación ..... 132/0.223 kV
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial durante 1 min. ..... 275 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 μs ..... 650 kV

6.2.6 Pararrayos

Para proteger la instalación contra las sobretensiones de origen atmosférico, o las que por cualquier otra causa pudieran producirse, se instalarán pararrayos en las siguientes ubicaciones:

- Posiciones de transformador conectados en derivación de la conexión de 132 kV al transformador, lo más cerca posible a las bornas del equipo.
- Posiciones de línea equipadas con equipos compactos híbridos.
- Transformadores de servicios auxiliares 132/0,223kV.

Las características principales de estos equipos son las siguientes:

- Tensión asignada ..... 132 kV
- Tensión máxima de servicio continuo ..... 106 kV
- Intensidad nominal de descarga (onda 8/20 μs) ..... 10 kA
- Clase de descarga 3
- Tensión residual a impulsos tipo rayo (10 kA 8/20 μs) ..... ≤ 320 kV
- Tensión residual a impulsos tipo maniobra ..... ≤ 290 kV

Los pararrayos a utilizar serán de óxidos metálicos sin explosores con envolvente polimérica.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

7. TRANSFORMACIÓN

Para la transformación de 400/132 kV se ha previsto el montaje de un (1) autotransformador de potencia AT-3, trifásico en baño de aceite, tipo intemperie.

Las características técnicas y constructivas esenciales de cada uno de los transformadores son:

- Tipo transformador ..... Trifásico intemperie
- Relación de transformación ..... 400.000 / 132.000 V
- Grupo de conexión YNa0d11
- Refrigeración ..... ONAN / ONAF1 / ONAF2
- Potencia nominal ..... 180 / 240 /300 MVA
- Tipo de servicio ..... Continuo exterior
- Frecuencia ..... 50 Hz
- Tensión de cortocircuito para relación 400/132 kV ..... 10 %

Los bobinados de los transformadores serán calculados para los siguientes niveles de aislamiento:

- Tensión de ensayo soportada a onda plena 1,2/50 μs (valor cresta):
  - Primario 1425 kV
  - Secundario 650 kV
  - Terciario 170 kV
  - Neutro del primario 325 kV
- Tensión de ensayo soportada de corta duración a frecuencia industrial:
  - Primario 630 kV
  - Secundario 275 kV
  - Terciario 70 kV
  - Neutro del primario 140 kV

El autotransformador va provisto de regulación de tensión en carga accionada por motor mediante varias tomas situadas en el devanado primario (400 kV). Características regulación de tensión:

- Relación en vacío MAT/MT ..... 400 ±10% / 138 / 33 kV
- Número de posiciones en servicio 21

La refrigeración del autotransformador es ONAN/ONAF1/ONAF2 mediante radiadores adosados a la cuba, con independización mediante válvulas, y motoventiladores accionados por termostato.

En bornas de 400 kV y 132 kV van incorporados transformadores de intensidad toroidales, tipo “Bushing”, de las siguientes características:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Transformador 400/132 kV de 300 MVA:

- En bornas de A.T:
  - 3 T/i tipo BM relación 1500/5 A, 20 VA., CL. 0,5
  - 3 T/i tipo BR relación 1500/5 A, 30 VA., 5P20
  - 1 T/i tipo BM relación 1255/5,8 A, 30 VA., 5P20
- En bornas de B.T:
  - 3 T/i tipo BM relación 600/5 A, 20 VA. CL 0.5
  - 3 T/i tipo BR relación 600/5 A, 30 VA., 5P20
  - 1 T/i tipo BM relación 481/2,2 A, 30 VA., 5P20
- En bornas de Neutro:
  - 3 T/i tipo BR relación 3000/5 A, 30 VA. 5P20

Las protecciones propias de cada transformador constan del siguiente equipamiento:

- Relé Buchholz (63B) de dos flotadores con contactos de alarma y disparo.
- Relé Buchholz Jansen (63RS) con contacto de disparo.
- Liberador de presión en el transformador (63L) con contactos de alarma.
- Nivel de aceite del transformador (63NT) con dos contactos de alarma, máximo y mínimo.
- Nivel de aceite del regulador (63NR) con dos contactos de alarma, máximo y mínimo.
- Termostato con contacto de alarma de temperatura 1º nivel.
- Termómetro de contacto (26) indicador de temperatura del aceite del transformador con cuatro contactos ajustables, dos destinados al control de la refrigeración y otro a la alarma de temperatura 2º nivel.
- Sonda indicadora de temperatura del transformador tipo PT-100.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

8. CARACTERÍSTICAS GENERALES

8.1 AISLAMIENTO

Los materiales que se emplearán en la ejecución de esta instalación serán adecuados y tendrán las características de aislamiento más apropiadas a su función.

Los niveles de aislamiento que se han adoptado para los aparatos se detallan en el apartado 1 del documento Anexo 1 “Cálculos Eléctricos”, excepto el transformador.

Para los aislamientos no regenerativos del transformador se han reducido los valores máximos según los valores indicados en el apartado 7.1.

8.2 DISTANCIAS MÍNIMAS

Las distancias mínimas que se adoptarán se detallan en el apartado 2 del documento Anexo 1 “Cálculos Eléctricos”.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

9. ESTRUCTURA METÁLICA, EMBARRADOS Y AISLADORES

9.1 ESTRUCTURA METÁLICA

9.1.1 Características generales estructura metálica

Los embarrados principales y auxiliares serán elegidos de forma que las temperaturas máximas previstas no provoquen calentamientos por encima de 40º C sobre la temperatura ambiente. Asimismo, soportarán los esfuerzos electrodinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito previstas, sin que se produzcan deformaciones permanentes.

Para el desarrollo y ejecución de la instalación proyectada es necesario el montaje de una estructura metálica que sirva de apoyo y soporte de la aparamenta y los embarrados de intemperie, así como para el amarre de las líneas.

Tanto la estructura del pórtico como los soportes de la aparamenta se realizarán en base a estructuras tubulares de acero.

Toda la estructura metálica prevista será sometida a un proceso de galvanizado en caliente, una vez construida, con objeto de asegurar una eficaz protección contra la corrosión.

Estas estructuras se completan con herrajes y tornillería auxiliares para fijación de cajas de centralización, sujeción de cables y otros elementos accesorios.

Las cimentaciones necesarias para el anclaje de las estructuras se proyectarán teniendo en cuenta los esfuerzos aplicados, para asegurar la estabilidad al vuelco en las peores condiciones.

Los tipos de acero empleados para la construcción de estructuras metálicas, se establecen en función de sus características mecánicas y se identifican mediante un número que indica el valor mínimo garantizado del límite elástico expresado en N/mm^2.

En nuestro caso la estructura metálica empleada estará constituida por perfiles tubulares y en alma llena del tipo S-275-JR.

La designación de los aceros laminados en caliente para perfiles estructurales de uso general se indica en la Norma UNE-EN 10025.

En la tabla siguiente se recogen las designaciones aplicables a los aceros, utilizados para la fabricación de los perfiles estructurales de uso general, certificados y su correspondencia con normas anteriores, ya fuera de uso.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Designación		Estado de desoxi-dación	Sub-grupo[2)]	Límite elástico mínimo, R_{eH}, en N/mm² [1)]							
				Espesor nominal, en milímetros							
Según EN 10027-1 y ECISSIC-10	Según EN 10027-2			≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250
S275JR	1.0044	FN	BS	275	265	255	245	235	225	215	205

1) Los valores dados en la tabla se aplican a probetas longitudinales, "l", del ensayo de tracción. Para chapas bandas, planos ancho y bandas de anchura ≥ 600mm, se utiliza probeta transversal, "t". 2) BS = Aceros de base; QS = Aceros de calidad. 3) Sólo se fabrica en espesores normales ≤ 25mm. 4) No se aplica a: los perfiles U, los angulares y los perfiles comerciales. * A elección del fabricante

En todo caso, debe tenerse en cuenta que las únicas designaciones en vigor son las recogidas en la Norma UNE-EN 10025, según las especificaciones dadas en la Norma UNE-EN 10027 Parte 1 y en la Circular Informativa ECISS IC 10 (CR 10260). Las designaciones actualmente en vigor figuran en la última columna de la tabla siguiente.

Designaciones			
Anteriores (fuera de uso)			Actual (en vigor)
UNE 36080:1973	UNE 36080:1985	UNE 36080:1990	UNE-EN 10025:1994
A 37 b	AE 235 B	Fe 360 B	S 235 JR
-	AE 235 B FN	Fe 360 B FN	S 235 JRG2
A 37 c	AE 235 C	Fe 360 C	S 235 J0
A 44 b	AE 275 B	Fe 430 B	S 275 JR
A 44 c	AE 275 C	Fe 430 C	S 275 JO
A 52 b	AE 355 B	Fe 510 B	S 355 JR
A 52 c	AE 355 C	Fe 510 C	S 355 JO
A 52 d	AE 355 D	Fe 510 D	S 355 J2G3

Mediante la certificación se verifica el cumplimiento de las características siguientes:

- Composición química, conforme a la Norma UNE-EN 10025.
- Características mecánicas (límite elástico, resistencia a tracción y alargamiento de rotura), conforme a la Norma UNE-EN 10025.
- Resiliencia, conforme a la Norma UNE-EN 10025.
- Características geométricas, dimensionales, de forma y peso, conforme a la norma de producto correspondiente en cada caso.

El fabricante de perfiles estructurales de uso general licenciatario de la Marca AENOR de producto certificado, garantiza que los perfiles suministrados cumplen todas las condiciones que, para la

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

correspondiente clase de acero, se especifican en la Norma UNE-EN 10025 y en la pertinente norma de producto. Esta garantía se materializa mediante el marcado de los productos.

9.1.2 Estructura metálica necesaria en la instalación

En concreto la estructura metálica necesaria para el sistema de 400 kV para la transición aéreo-subterránea de los puentes de alimentación del AT-3 son:

- Tres (3) soportes para montaje de transformadores de tensión.
- Tres (3) soportes para montaje de transformadores de intensidad.
- Tres (3) soportes para montaje de autoválvulas.
- Tres (3) soportes para montaje de aislador de apoyo.

Para el sistema de 132 kV, la estructura metálica necesaria será:

- Tres (3) columnas con forma de “V” destinadas a formar los pórticos de amarre de la línea de 132 kV.
- Dos (2) vigas para amarre de dichas líneas.
- Seis (6) soportes para montaje de transformadores de tensión de línea.
- Dos (2) soportes para montaje transformadores de tensión de barras.
- Nueve (9) soportes para montaje conjunto aislador y pararrayos.
- Un (1) soporte para montaje seccionadores de tres columnas.
- Dieciséis (16) soportes para montaje conjunto aisladores de apoyo del embarrado principal.
- Veintidos (22) soportes para montaje aisladores de apoyo del embarrado bajo.
- Un (1) soporte para montaje aisladores de apoyo del embarrado a la salida del AT-3.
- Tres (3) soportes para montaje transformadores de servicios auxiliares.

Las columnas del pórtico de amarre de la línea podrán soportar el tiro total previsto de los conductores y cables de tierra, sin que el desplazamiento en sus extremos exceda de 1/150 de su altura.

La viga del pórtico se calculará para soportar los tiros longitudinales de los conductores, sin que la flecha horizontal exceda de 1/200 de su luz, y las cargas verticales sin que la flecha en el plano vertical exceda de 1/300 de la luz.

Adicionalmente se contará con:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Una torre con estructura metálica de celosía para la fijación de la antena de comunicaciones.
- Estructura metálica necesaria para alumbrado, valla informativa etc.

En el documento nº 4 “Planos”, se acompañan los planos de implantación, planta y secciones generales de 400 y 132 kV, en los que se refleja la disposición que se ha dado al conjunto de la instalación.

9.2 EMBARRADOS

9.2.1 Descripción general y características de diseño

Los embarrados principales y auxiliares serán elegidos de forma que las temperaturas máximas previstas no provoquen calentamientos por encima de 40º C sobre la temperatura ambiente. Asimismo, soportarán los esfuerzos electrodinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito previstas, sin que se produzcan deformaciones permanentes.

Los diseños han sido realizados en base a:

- Embarrados tubulares apoyados para las barras principales.
- Embarrado con cable para la conexión de los seccionadores de aislamiento a las barras principales y de las líneas, así como para el resto de conexiones entre aparamenta, lo que evita el doblado y el conformado de tubos, además de la utilización de conexiones elásticas para estos casos.

A continuación, se reflejan las intensidades nominales y de diseño, tanto en régimen permanente como en condiciones de cortocircuito, apreciándose que se han elegido unos valores para el diseño de embarrados superiores a los nominales con un margen de seguridad suficiente:

- Sistema de 400 kV:
  - Intensidad nominal de la instalación: 433,01 A por autotransformador de 300 MVA.
  - Intensidad nominal de diseño: 2.580 A (determinada por el cable desnudo Gladiolus dúplex utilizado según características indicadas en apartado 10.2.2).
- Sistema de 132 kV:
  - Intensidad nominal de la instalación: 1.312,16 A por autotransformador de 300 MVA y 581 A como intensidad máxima de diseño de las líneas de alimentación típicas en 132 kV con conductor LA-280 HAWK (242-AL1/39-ST1A).
  - Intensidad nominal de diseño: 2580 A (determinada por el cable desnudo Gladiolus dúplex utilizado según características indicadas en apartado 10.2.3).
  - Intensidad de cortocircuito existente (Icc): 23,83 kA.
  - Intensidad de cortocircuito de diseño: 40 kA.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

9.2.2 Embarrados de 400 kV

Los puentes entre la aparamenta de la posición de autotransformador desde la botella terminal para cable aislado de 400kV hasta las bornas AT del autotransformador se realizarán con cable desnudo de aluminio homogéneo, tipo Gladiolus, de 35,91 mm de diámetro, equivalente a 765,4 mm^2 de sección nominal, que en configuración dúplex admite un paso de corriente permanente de 2580 A.

La distancia mínima adoptada entre ejes de fase es de 5,0 m.

9.2.3 Embarrados de 132 kV

Las barras principales de 132 kV estarán constituidas por tubo de aleación de aluminio, de 150/134 mm de diámetro, equivalente a 3.567 mm^2 de sección nominal, que admite un paso de corriente permanente de 3.890 A.

Estas barras tubulares irán soportadas por un juego de tres aisladores rígidos en cada uno de los extremos que forman los tramos de las barras principales 132 kV, soportados por una única estructura. Se instalará cable antivibratorio en el interior de los tubos de longitud igual o superior a 6 m.

Los puentes entre la aparamenta de las posiciones de línea, autotransformador y partición de barras, y sus conexiones con su correspondiente barra se realizarán con cable desnudo de aluminio homogéneo, tipo Gladiolus, de 35,91 mm de diámetro, equivalente a 765,4 mm^2 de sección nominal, admitiendo un paso de corriente permanente de 1.290 A en su configuración simple para el caso de posición de línea y de 2580 A para la configuración dúplex de las posiciones de autotransformador y enlace de barras.

La distancia mínima adoptada entre ejes de fase es de 2,5 m.

9.2.4 Aisladores soporte para 400 kV

Los embarrados de 400 kV en la salida de bornas del transformador de potencia, se sustentan sobre aisladores de apoyo de las siguientes características:

- Tipo C8-1550
- Tensión de aislamiento asignada .....420 kV
- Tensión de servicio nominal .....400 kV
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz .....680 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 µs .....1550 kV cresta
- Carga de rotura a flexión .....8.000 N

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Carga de rotura a torsión .....4000 Nm

El número de aisladores soporte a instalar es de tres (3).

9.2.5 Aisladores soporte para 132 kV

Los embarrados rígidos, principales y secundarios, se sustentan sobre aisladores soporte del tipo columna, de las siguientes características:

- Tipo C10-650
- Tensión de aislamiento asignada .....145 kV
- Tensión de servicio nominal .....132 kV
- Tensión de ensayo 1 minuto 50 Hz .....275 kV
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo onda 1,2/50 µs .....650 kV cresta
- Carga de rotura a flexión .....10.000 N
- Carga de rotura a torsión .....4.000 Nm

El número de aisladores soporte a instalar es de ochenta y dos (82).

9.2.6 Piezas de conexión

Las uniones entre bornas de la aparamenta y conductores, así como las derivaciones de los embarrados, se realizarán mediante piezas de aleación de aluminio, de geometría adecuada y diseñadas para soportar las intensidades permanentes y de corta duración previstas sin que existan calentamientos localizados. Su tornillería será de acero inoxidable y quedará embutida en la pieza para evitar altos gradientes de tensión.

Con el fin de absorber las variaciones de longitud que se produzcan en los embarrados por efecto de cambio de temperaturas, se instalarán piezas de conexión elásticas, en los puntos más convenientes, que permitan la dilatación de los tubos sin producir esfuerzos perjudiciales en las bornas de la aparamenta.

También se instalarán en barras y salidas de líneas donde el conductor este en vertical puntos (estribos) para la conexión de tierras portátiles.

En el sistema de baja tensión de los transformadores de potencia, en las zonas en las que se utilice conductor desnudo, se utilizarán uniones de aleación de cobre con tornillería de acero inoxidable sin embutir y que cumplan las características indicadas anteriormente.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

10. RED DE TIERRAS

Para el estudio del sistema de puesta a tierra en la instalación se dispone de los datos de partida suministrados por el análisis de la red. Estos datos se obtienen a partir de los modelos, tratados informáticamente, de la red en las condiciones más desfavorables.

Se realizará el dimensionamiento de la red de tierras desde el punto de vista térmico con el fin de determinar la sección de los conductores y desde el punto de vista de la elevación de tensión en el terreno, tensiones que deben ser inferiores a las que marca el "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión" y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Para la instalación de puesta a tierra se ha diseñado una malla de tierra inferior enterrada a 0,60 m de profundidad sobre la cota de explanación, o lo que es lo mismo a la cota -0,75 m sobre la cota cero puesto que la cota explanación es la -0,15 m. La malla de tierra está compuesta por conductor de cobre de 150 mm^2 y con una separación media entre los conductores que la forman calculada de forma que se garantice que, en caso de intensidad drenada en el terreno por el hecho de una falta, no se supere en ningún punto de la instalación las tensiones de paso y de contacto admitidas por el Reglamento (ITC - RAT 13), reduciéndolas a niveles que anulen el peligro de electrocución del personal que transite tanto por el interior como por el exterior de la instalación.

Además, se instalarán picas de puesta a tierra de 18,3 mm de diámetro y 2 m de profundidad, conectadas todas ellas a la malla, en todos aquellos puntos en los que se considere necesario mejorar la efectividad de la puesta a tierra, como por ejemplo en los bordes y las esquinas de la malla. En particular cada conjunto de pararrayos montado en la instalación irá directamente conectado a tierra a través de una pica de puesta a tierra.

Cumplimentando la Instrucción Técnica Complementaria ITC – RAT 13, se conectarán a la tierra de protección todas las partes metálicas no sometidas a tensión normalmente, pero que pudieran estarlo como consecuencia de averías, sobretensiones por descarga atmosféricas o tensiones inductivas. Por este motivo, se unen a la malla: estructuras metálicas, bases de aparamenta, neutros de transformadores de potencia, reactancias, puertas metálicas de edificios, cerramientos metálicos, etc.

Estas conexiones se fijarán a la estructura y carcasas de la aparamenta mediante tornillos y grapas especiales de aleación de cobre, que permitan no superar la temperatura de 200 ºC en las uniones y que aseguren la permanencia de la unión.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Se hará uso de soldaduras aluminotérmicas Cadweld de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

En el Anexo 1 “Cálculos Eléctricos” se adjunta el cálculo de la malla de puesta a tierra.

En el documento nº 4 “Planos” del presente proyecto puede verse un plano con la red de tierras.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

11. CUADROS DE CONTROL Y ARMARIOS DE PROTECCIONES

11.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Se ha previsto la instalación de un sistema integrado de protecciones y control (SIPCO), que englobará las siguientes funciones:

- Control local de la instalación.
- Registro de alarmas y oscilografía.
- Adquisición de datos para el telemando (alarmas, estados, órdenes).
- Remota de telemando.

El mando y control de la subestación transformadora, así como los equipos de protección y automatismo, se instalarán en armarios ubicados en la sala de control del edificio.

11.2 UNIDADES DE CONTROL

El Sistema Integrado de Protecciones y Control (SIPCO), será de tipo digital y de configuración distribuida, estando formador por los siguientes elementos:

- Armario Central de Subestación (ACS) dispuesto en un armario de chapa de acero, en el que se ubicarán, además de la unidad de control propiamente dicha, una pantalla y un teclado en el frente, un reloj de sincronización GPS, una unidad de control para la adquisición de las señales de los servicios auxiliares y una bandeja para la instalación de los módem de comunicación tanto con el Telemando como con las consolas remotas y puesto de adquisición de protecciones a través de RTC (Red Telefónica Conmutada).
- Una Unidad de Control de Posición (UCP) para la posición de transformador de 400 kV. Esta UCP tendrán funciones de control y medida, está constituida por un rack de 19” y va alojada en un armario de la sala de control del edificio.
- Una Unidad de Control de Posición (UCP) por cada posición de 132 kV: línea, transformador y partición de barras. Estas UCPs tendrán funciones de control y medida, están constituidas por un rack de 19” y van alojadas en armarios en la sala de control del edificio.
- Una Unidad de Control de Servicios Generales (UCP) incorporada en la UCS en la que se centralizan y recogen las señales de tipo general de la subestación y las asociadas a los cuadros de servicios auxiliares y equipos rectificador-batería.
- Las posiciones de transformador precisarán de un armario adicional para puntos propios de la máquina en el nivel de tensión, equipada con sus correspondientes protecciones.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Las comunicaciones entre las diferentes UCP´s y el ACS correspondiente se realizará a través de una estrella óptica con fibra de cristal multimodo de 62,5/125 μm. Para una mejor optimización y organización del conexionado de ethernet, se dispondrá de un armario de switches junto al ACS.

Desde cada UCP se podrá controlar y actuar localmente sobre la posición asociada, y desde el ACS se podrá controlar cualquiera de las posiciones, así como disponer de información relativa a medidas, alarmas y estado del sistema en general.

11.3 PROTECCIONES

11.3.1 Sistema de 132kV

Posición de línea:

- Protección principal configurada como protección diferencial de línea con enlace de comunicaciones con la protección o protecciones remotas y protección de distancia escalonada de apoyo con esquema de teleprotección. Incluye además funcionalidad de localizador de falta.
- Protección secundaria configurada como protección de distancia (21) funcionando en esquema de distancia escalonada con teleprotección, con función adicional de sobreintensidad direccional fase y neutro (67-67N) de reserva integrada
- Teleprotección de dos órdenes para la comunicación de la protección secundaria con el extremo o extremos remotos.
- Equipo de control, protección y medida UCP, con funciones de imagen térmica, reenganche, vigilancia de bobinas y comprobación de sincronismo incorporadas. Así mismo incorporará funcionalidad de protección diferencial de barras y fallo interruptor.

Posición de enlace barras:

- Equipo de control, protección y medida UCP con funciones de protección de sobreintensidad direccional de fases y neutro (51-50-51N-50N), reenganche, vigilancia de bobinas, comprobación de sincronismo incorporadas. Así mismo incorporará funcionalidad de protección diferencial de barras y fallo interruptor.

Posición de autotransformador:

- Protección de sobreintensidad de fases y neutro (50-51) con reenganche y vigilancia de bobinas incorporados.
- Relé de vigilancia de bobinas.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Posición de barras:

- Unidad Central de Protección Diferencial de Barras y Fallo Interruptor (PDB). Será de tipo distribuida.
- Equipo analizador de calidad de red, uno por barra.

11.3.2 Autotransformador

- Dos protecciones diferenciales de transformador (87) de dos devanados, con frenado porcentual por armónicos, filtrado para corriente de neutro y función de imagen térmica incorporada.
- Protección de máxima y mínima frecuencia (81) de dos devanados.
- Relé para regulación automática de tensión (90/70) en carga del transformador con supervisión de las tomas del conmutador de tomas del transformador.

11.4 ARMARIOS DE CONTROL Y PROTECCIONES

En total se instalarán nueve (9) armarios de control y protecciones, ubicados todos ellos en la sala de control:

- Un (1) Armario de control de subestación ACS y mesa para consolas de control.
- Un (1) Armario de protección, control y medida, para la posición de 400 kV de intemperie.
- Dos (2) Armarios de protecciones, control y medida, uno para cada posición de línea de 132 kV de intemperie.
- Un (1) Armario de puntos propios del autotransformador donde se ubicarán las protecciones de la máquina.
- Un (1) Armario de protecciones, control y medida, para la posición de 132 kV del autotransformador (400/132 kV).
- Un (1) Armario para la posición de Enlace de Barras, con la Protección Diferencial de Barras.
- Un (1) Armario de Switches.
- Un (1) Armario de medida punto frontera REE.

Los armarios de control y protección estarán compuestos por chasis construidos con perfiles metálicos, cerrados por paneles laterales fijos, acceso anterior con chasis pivotante y puerta frontal de cristal o policarbonato ignífugo, lo cual permite una gran visibilidad, protección contra polvo y suciedad, y fácil manejo y acceso a los aparatos instalados.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Las interconexiones entre la aparamenta y los armarios de protección, control y medida que componen la instalación, se realizarán con cables aislados de control sin halógenos.

En el documento nº4 “Planos” puede verse la disposición de armarios prevista en la sala de control.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

12. MEDIDA

12.1 MEDIDA DE ENERGIA

Los requerimientos en cuanto a medida de energía para facturación habrán de ser acordados con la Compañía Distribuidora. Considerando el punto de entrega en el lado de alta de cada transformador se prevé el siguiente equipamiento:

- Para la medida principal, en el lado de alta del autotransformador, se dispondrá de un contador trifásico combinado de activa/reactiva a cuatro hilos clase 0,2s en activa y 0,5 en reactiva, bidireccional, con emisor de impulsos, 3x110√3 V y 3x5 A, simple tarifa y montaje empotrado.
- Para la medida comprobante, en el lado de baja del autotransformador, se dispondrá de un contador trifásico combinado de activa/reactiva a cuatro hilos clase 0,2s en activa y 0,5 en reactiva, bidireccional, con emisor de impulsos, 3x110√3 V y 3x5 A, simple tarifa y montaje empotrado.
- Dos módulos tarificadores, uno para la medida principal y otro para la medida comprobante, de cuatro entradas con reloj interno incorporado y salida serie de comunicaciones.

En función de la evolución del Reglamento de Puntos de Medida elaborado por la CSEN, es posible integrar el contador combinado y el tarificador en un único equipo contador-registrador.

12.2 RESTO DE MEDIDAS

La medida de las posiciones del parque de 132 kV y el autotransformador se recibirá en los equipos de control (UCPs) desde los transformadores de medida, bien de forma directa o a través de convertidores de medida. La necesidad de utilizar o no convertidores de medida, viene dada por las características del equipo de control.

Se utilizarán contadores externos al sistema de control para las lecturas de energía activa y reactiva en la parte de baja tensión del transformador. Posteriormente esta información se recogerá mediante pulsos en el equipo de control de la posición de baja del transformador.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

En la tabla adjunta se indican las variables que se medirán en función de la posición:

Posición	VLin	VBarr	A	P	Q	Wh	Varh
Línea 132 kV	X		X	X	X		
Transformador 400 kV		X	X	X	X		
Transformador 132 kV			X	X	X	X	X
Barras 132 kV		X					

13. TELECONTROL

La instalación se explotará en régimen abandonado, por lo que se dotará a la subestación de un sistema de Telecontrol y Telemando, el cual se encargará de recoger las señales, alarmas y medidas de la instalación para su transmisión a los centros remotos de operación.

La información a transmitir será tratada y preparada por el sistema de control integrado y la transmisión se realizará por fibra óptica, instalada en la línea eléctrica.

A través de esta vía de comunicación se podrán transmitir señales de teledisparo y realizar telemedida.

14. SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares de la subestación estarán atendidos necesariamente por los dos sistemas de tensión de corriente alterna (c.a.) y de corriente continua (c.c.).

El esquema unifilar de servicios auxiliares puede verse en el documento nº4 “Planos”.

14.1 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE ALTERNA

Se van a instalar dos sistemas independientes para la alimentación de los servicios auxiliares de la subestación:

- Centro de transformación compacto de intemperie tipo caseta, provisto con un transformador de 20/0,420-0,242 kV – 250 kVA, alimentado del lado de alta por línea subterránea de 20 kV; alcance completo que será objeto de proyecto independiente.
- Transformadores de tensión monofásicos para servicios auxiliares alimentados desde barras A, con relación de transformación 132/0,223 kV y 100 kVA de tipo intemperie,

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

montados sobre soporte metálico, cuyas características se detallan en el apartado 6.2.5 del presente documento.

Estos dos sistemas de servicios auxiliares alimentan en baja tensión y a través de cables de sección adecuada al armario de distribución de servicios auxiliares de c.a. situado en la sala de control del edificio, donde se alojan los interruptores automáticos de las diversas salidas para servicios de corriente alterna a la subestación. Este armario de servicios auxiliares de c.a. dispondrá de un contador-registrador de energía activa para la medida de los consumos propios de la instalación.

La protección del transformador trifásico de servicios auxiliares queda garantizada en el lado de alta tensión mediante fusible de alto poder de ruptura y en baja tensión por interruptor automático.

14.2 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE CONTINUA

Para los servicios auxiliares de c.c. se ha proyectado la instalación de dos equipos compactos rectificador - batería de 125 Vcc. En condiciones normales ambos equipos funcionarán de forma separada alimentando cada uno, una parte de los servicios de control, fuerza y protecciones según reparto de cargas establecido.

Los equipos rectificadores – batería de 125 Vcc. funcionan ininterrumpidamente e individualmente. Ambos equipos estarán diseñados y calculados para que en el caso de que uno de ellos este fuera de servicio, el otro sea capaz de suministrar la totalidad de los consumos de la instalación. Durante el proceso de carga y flotación su funcionamiento responde a un sistema prefijado que actúa automáticamente sin necesitar de ningún tipo de vigilancia o control, lo cual da mayor seguridad en el mantenimiento de un servicio permanente.

Desde estos equipos se alimentarán las barras del armario de distribución de servicios auxiliares de c.c. situado en la sala de control del edificio, donde se alojan los interruptores automáticos de las diversas salidas para servicios auxiliares de corriente continua a la subestación.

Adicionalmente la instalación incorpora la siguiente infraestructura de alimentaciones para los servicios y equipos de telecomunicaciones:

- Batería de Ion/Litio 48 Vcc.
- Convertidores 125/48 Vcc y 220/48 Vcc.
- Dos cuadros eléctricos de tipo mural independientes para distribución de las tensiones 400-230 V_{ca} y 48 V_{cc} necesarias en la instalación para servicios de telecomunicaciones.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

15. RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

En consecuencia con lo dispuesto en la Ley 24/2013, de 26 de Diciembre, del Sector Eléctrico, y 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, se describen en la relación anexa los bienes y derechos afectados por la subestación eléctrica del objeto del presente proyecto, al objeto sea reconocida la utilidad pública, en concreto, de la citada instalación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Comunidad Autónoma Castilla La Mancha **Término Municipal de Minglanilla (Cuenca)**

Finca Proyecto	Catastro		Referencia Catastral	Titular	Superficie Catastral (m^2)	Afección			Calificación / Uso / Naturaleza
	Polígono	Parcela				Afección pleno dominio ST(m^2)	Servidumbre de Paso (m^2)	Ocupación Temporal (m^2)	
1	13	14	16133A013000140000ZL		20.662	858			Rústico / Agrario
2	13	15	16133A013000150000ZT		9.949	2.819	66		Rústico / Agrario
3	13	16	16133A013000160000ZF		7.292		68		Rústico / Agrario
4	13	17	16133A013000170000ZM		4.401		44		Rústico / Agrario
5	13	18	16133A013000180000ZO		2.064		40		Rústico / Agrario
6	13	20	16133A013000200000ZM		8.148		102		Rústico / Agrario
7	13	21	16133A013000210000ZO		4.253		185		Rústico / Agrario
8	13	23	16133A013000230000ZR		3.160	1.396			Rústico / Agrario
9	13	24	16133A013000240000ZD		21.607	9.568			Rústico / Agrario
10	13	25	16133A013000250000ZX		16.355	15.306			Rústico / Agrario
11	13	114	16133A013001140000ZM		4.879	1.446			Rústico / Agrario

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verification. Cod.Ver: 5406720B.

Comunidad Autónoma Castilla La Mancha **Término Municipal de Minglanilla (Cuenca)**

Finca Proyecto	Catastro		Referencia Catastral	Titular	Superficie Catastral (m^2)	Afección			Calificación / Uso / Naturaleza
	Polígono	Parcela				Afección pleno dominio ST(m^2)	Servidumbre de Paso (m^2)	Ocupación Temporal (m^2)	
12	13	115	16133A013001150000ZO		8.433	3.469			Rústico / Agrario
13	13	116	16133A013001160000ZK		3.902	2.653			Rústico / Agrario
14	13	117	16133A013001170000ZR		1.741	933			Rústico / Agrario
15	13	435	16133A013004350000ZO		5.337		578		Rústico / Agrario
16	13	9002	16133A013090020000ZY		2.182		45		Rústico / Agrario

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verification. Cod.Ver: 54067208.

16. PLANIFICACIÓN

Se incluye a continuación una planificación del Proyecto con las principales etapas del mismo.

ETAPAS PROYECTO	Planificación ST MINGLANILLA *Subestación Transformadora 400/132 kV* — MESES																																			
	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20	M 21	M 22	M 23	M 24	M 25	M 26	M 27	M 28	M 29	M 30	M 31	M 32	M 33	M 34	M 35	M 36
I. Ingeniería (Básica y Desarrollo)																																				
II. Equipos principales (Compra+Fabricación+Entrega)																																				
III. Construcción: Obra Civil																																				
IV. Construcción: Montaje y Pruebas																																				
V. Puesta en Servicio																																				

17. PLAZO DE EJECUCIÓN

La ejecución de la obra a realizar se estima en un plazo de 24 meses a partir del comienzo de la misma.

El Ingeniero Industrial
D. Javier Zaballos Nieto
Colegiado 16.023 COIIM

Madrid, febrero de 2026

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVO PARQUE 132 kV
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
400/132 kV

ST MINGLANILLA

(CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA LA MANCHA)

ANEXO - 1

CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ÍNDICE

1. NIVELES DE AISLAMIENTO 4
2. DISTANCIAS MINIMAS 5
3. CÁLCULO EMBARRADOS 8
3.1 EMBARRADOS RÍGIDOS 8
3.1.1 Cálculos eléctricos 8
3.1.2 Cálculos electromecánicos del embarrado principal 8
3.1.2.1 Hipótesis de diseño. 8
3.1.2.2 Condiciones de la instalación 9
3.1.2.3 Normativa aplicable 9
3.1.2.4 Características de los materiales / equipos a instalar 10
3.1.2.5 Cálculo mecánico del embarrado principal 11
3.1.2.5.1 Corriente de cortocircuito 11
3.1.2.5.2 Cargas sobre la estructura del tubo 11
3.1.2.5.3 Flecha en el tubo 16
3.1.2.5.4 Cargas sobre el aislador 17
3.1.2.5.5 Elongación del embarrado 19
3.1.2.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito 19
3.1.3 Cálculos electromecánicos del embarrado secundario 20
3.1.3.1 Hipótesis de diseño. 21
3.1.3.2 Condiciones de la instalación 21
3.1.3.3 Normativa aplicable 21
3.1.3.4 Características de los materiales / equipos a instalar 22
3.1.3.5 Cálculo mecánico del embarrado principal 23
3.1.3.5.1 Corriente de cortocircuito 23
3.1.3.5.2 Cargas sobre la estructura del tubo 23
3.1.3.5.3 Flecha en el tubo 28
3.1.3.5.4 Cargas sobre el aislador 29
3.1.3.5.5 Elongación del embarrado 31
3.1.3.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito 31
3.2 EMBARRADOS FLEXIBLES 32

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

3.2.1 Cálculos eléctricos 32
4. CÁLCULO DE TIERRAS INFERIORES 34
4.1 OBJETO 34
4.2 DATOS DE ENTRADA E HIPÓTESIS DE CÁLCULO 34
4.2.1 Datos del sistema eléctrico 34
4.2.2 Datos del terreno y de los conductores de tierra 34
4.2.3 Resistividad del terreno 35
4.2.4 Datos geométricos 35
4.2.5 Dato intensidad de cortocircuito 37
4.3 METODOLOGÍA Y HERRAMIENTA UTILIZADA 37
4.4 DATOS DE SALIDA: RESULTADOS 38
4.4.1 Conductor de tierra 38
4.4.2 Análisis intensidades aportadas por las líneas de Alta Tensión 39
4.4.3 Cálculo de tensiones de paso y contacto admisibles (ITC – RAT 13) 42
4.4.4 Cálculo de tensiones de paso y contacto trasmitidas al terreno 44
4.5 CONCLUSIÓN 47
4. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS 48
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL 48
4.2 NORMATIVA APLICADA 48
4.3 MATERIALES UTILIZADOS 48
4.4 ACCIONES CONSIDERADAS 49
4.4.1 Acciones permanentes (G) 49
4.4.2 Acciones variables (Q) 49
4.4.3 Acciones accidentales (A) 50
4.5 COMBINACIONES DE CARGA 51
4.6 PÓRTICOS AMARRE DE LÍNEA 51
4.6.1 Cargas 51
4.6.2 Datos de salida (resultados) 52
4.7 SOPORTES DE LA APARAMENTA 53
4.7.1 Cargas 53
4.7.2 Datos de salida (resultados) 54
5. CÁLCULO DE LAS CIMENTACIONES DE LA APARAMENTA 56

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

1. NIVELES DE AISLAMIENTO

Los materiales que se emplearán en esta instalación tendrán las características de aislamiento más apropiadas a su función.

Los niveles de aislamiento que se han adoptado, tanto para aparatos como para las distancias en el aire, según viene especificados en el "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión" en su ITC – RAT 12, son los siguientes:

- En 400 kV, que corresponde a un valor normalizado de tensión más elevada para el material de 420 kV, se adopta el nivel de aislamiento nominal máximo, que soporta 1425 kV de cresta a impulso tipo rayo, 1050 kV de cresta a impulso tipo maniobra de fase a tierra y 1575 kV de cresta a impulso tipo maniobra entre fases.
- En 132 kV, que corresponde a un valor normalizado de tensión más elevada para el material de 145 kV, se adopta el nivel de aislamiento nominal máximo, que soporta 650 kV de cresta a impulso tipo rayo y 275 kV eficaces a frecuencia industrial durante un minuto.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

2. DISTANCIAS MINIMAS

El vigente "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión" en su ITC - RAT 12, especifica las normas a seguir para la fijación de las distancias mínimas a puntos en tensión.

Las distancias, en todo caso, serán siempre superiores a las especificadas en dicha norma las cuales se recogen en las siguientes tablas:

Tensión nominal. (kV)	*Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo.* (kV cresta)	*Distancia mínima fase-tierra en el aire.* (cm)	*Distancia mínima fase-tierra en el aire.* (cm)	*Distancia mínima entre fases en el aire.* (cm)	*Distancia mínima entre fases en el aire.* (cm)
400	1425	Conductor/ Estructura	Punta/ Estructura	Conductor/ Conductor	Punta/ Estructura
		260	340	360	420

Tensión nominal. (kV)	*Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo.* (kV cresta)	*Distancia mínima fase-tierra en el aire.* (cm)	*Distancia mínima entre fases en el aire.* (cm)
132	650	130	130

La altitud de la instalación es inferior de 1.000 m (cota 770 m sobre el nivel del mar), por lo tanto, las distancias mínimas no tendrán el factor de corrección por altura.

Distancias fase – tierra y entre fases:

- Sistema de 400 kV
  - Las distancias adoptadas entre ejes de fases y entre ejes y tierra son de 500 cm para la tensión de 400 kV, superiores por tanto a las mínimas exigidas.
- Sistema de 132 kV
  - Las distancias adoptadas entre ejes de fases y entre ejes y tierra son de 250 cm para la tensión de 132 kV, superiores por tanto a las mínimas exigidas.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado Nº 20260125. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16823. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verification. Cod.Ver: 54067208.

Distancias en pasillos de servicios y zonas de protección:

Según la instrucción ITC – RAT 15, punto 4.1.2., los elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos deberán estar a una altura mínima H sobre el suelo, medida en centímetros, igual a H = 250 + d, siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC – RAT 12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo para la instalación.

- Para el parque de 400 kV, de la tabla 3, d = 420 cm. Por lo tanto:

  H = 250 + 420 = 670 cm.

  El embarrado de interconexión entre aparatos se situará a una altura de 750 cm sobre el suelo, cumpliéndose, por tanto, la exigencia mencionada anteriormente.

- Para el parque de 132 kV, de la tabla 2, d = 130 cm. Por lo tanto:

  H = 250 + 130 = 380 cm.

  El embarrado de interconexión entre aparatos se situará a una altura de 450 cm sobre el suelo, cumpliéndose, por tanto, la exigencia mencionada anteriormente.

- Por otra parte, todos los elementos en tensión en las zonas accesibles, están situados a una altura sobre el suelo superior a 230 cm, considerando en tensión la línea de contacto del aislador con su zócalo o soporte, si éste se encuentra puesto a tierra, cumpliendo de esta forma lo indicado en la instrucción ITC – RAT 15, punto 4.1.5.

Según la instrucción ITC – RAT 14 punto 6.1.1 e ITC – RAT 15 punto 4.1.1, tanto en instalaciones de interior como de exterior, la anchura de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos.

Esta anchura no será inferior a la que a continuación se indica:

- Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado 1,0 m.
- Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados 1,2 m.
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado 0,8 m.
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados 1,0 m.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación:

Según la instrucción ITC – RAT 15 punto 4.3.1, para cierres de enrejado de altura K $\geq$ 220 cm, en este caso, la distancia en horizontal entre el cerramiento y las zonas en tensión debe ser superior a:

- Para el sistema de 400 kV:

  G= d + 150 = 420 + 150 = 570 cm

- Para el sistema de 132 kV:

  G= d + 150 = 130 + 150 = 280 cm

  Distancias que se cumple ampliamente según puede verse en el plano de Implantación y Secciones incluido en el documento nº 4 “Planos”.

Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico RD 612/2001:

- Según la Tabla 1, “Distancias límites de las zonas de trabajo del R.D. 614/2001”, los valores de D_{PEL-1} (distancia en cm hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobretensión por rayo) para niveles de tensión de 400 kV y 132 kV serán de 390 y 180 cm respectivamente. Los elementos en tensión no protegidos, que se encuentren sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima sobre el suelo:

  Para el sistema de 400 kV:

  $$H= 250 + D_{PEL-1} + 10 \text{ (Margen de Seguridad)} = 250 + 390 + 10 = 650 \text{ cm}$$

  Para el sistema de 132 kV:

  $$H= 250 + D_{PEL-1} + 10 \text{ (Margen de Seguridad)} = 250 + 180 + 10 = 440 \text{ cm}$$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

3. CÁLCULO EMBARRADOS

3.1 EMBARRADOS RÍGIDOS

3.1.1 Cálculos eléctricos

- Sistema de 132 kV.

Las barras principales de 132 kV estarán constituidas por tubo de aleación de aluminio, de 150/134 mm de diámetro, equivalente a 3.567 mm² de sección nominal, que admite un paso de corriente permanente de 3.890 A, que equivale a una potencia nominal en el embarrado de 889,4 MVA.

Las barras secundarias de 132 kV estarán constituidas por tubo de aleación de aluminio, de 100/90 mm de diámetro, equivalente a 1.495 mm² de sección nominal, que admite un paso de corriente permanente de 2.320 A, que equivale a una potencia nominal en el embarrado de 530,4 MVA.

3.1.2 Cálculos electromecánicos del embarrado principal

A continuación, se presentan los cálculos justificativos del embarrado principal rígido utilizado en el sistema de 132 kV, así como los cálculos que justifican la elección de los aisladores.

Los cálculos se basan en el procedimiento de cálculo expuesto en la IEC 60865-1:2011/Ed 3 e IEC TR 60865-2:2015/Ed2.

Para los cálculos se considerará la barra correspondiente a la fase central, por ser esta la más afectada desde el punto de vista de esfuerzos de cortocircuito.

En cada tramo el embarrado se encuentra apoyado en un extremo y empotrado en el otro. Es decir, en uno de los extremos se permite el desplazamiento según el eje del embarrado y en el otro se encuentra rígidamente unido a la aparamenta.

3.1.2.1 Hipótesis de diseño.

Para permitir evoluciones futuras del sistema eléctrico sin impacto en la nueva subestación, se adoptan los siguientes valores de escenario de máxima potencia de cortocircuito y de diseño, facilitado por la compañía para un horizonte de 40 años con la hipótesis más desfavorable de dos autotransformadores 400/132kV de 450MVA:

ESCENARIO DE MÁXIMA POTENCIA DE CORTOCIRCUITO	
I_{cc} simétrica o trifásica (horizonte 40 años) [kA]	31,64
X/R (132 kV) [Ω/m]:	10,37

No obstante, la compañía establece para nuevas obras un límite de diseño de intensidad de falta (LDIF), con nivel de tensión 132 kV de 40 kA. Si el valor horizonte superase el 90% del LDIF, la

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

instalación será objeto de acciones para reducir la intensidad de falta.

HIPÓTESIS DE DISEÑO	
Zona Tipo (500m ≤ altitud < 1000m)	B
I_{ccd} simétrica diseño = I_{cc} (LDIF 132 kV) [kA]:	**40**
R/X (sistema) [Ω/m]:	0,096
Frecuencia de Red (f) [Hz]:	50
Duración del cortocircuito (T_k) [seg]:	1
Temperatura montaje (T_f) [ºC]	25
Temperatura en servicio (T_i) [ºC]	80
Tipo Exposición:	D

Tabla 1. Hipótesis de diseño

Siendo las condiciones del vano las siguientes:

CONDICIONES DEL VANO	
Longitud de vano [m]:	10
Distancia entre fases [m]:	2,50
Anclajes:	Fijo - Deslizante
Altura del embarrado (m):	7,20

Tabla 2. Condiciones del vano

Nota: Se calcula el vano más desfavorable que se corresponde con las barras principales.

3.1.2.2 Condiciones de la instalación

La subestación se encuentra en una parcela ubicada dentro del término municipal de Minglanilla, municipio de la provincia de Cuenca. La plataforma de la subestación se proyecta a una altura de 792 msnm, es decir a una altitud comprendida entre los 500 y 1000 m sobre el nivel del mar (Zona B según RAT).

3.1.2.3 Normativa aplicable

Los cálculos que se realizan a continuación cumplen con la normativa vigente en España referente a este tipo de instalaciones y está basado en las siguientes Normas y Reglamentos:

- 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 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

- Norma UNE EN 60865-1, Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- Norma UNE EN 60909-0, Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna.
- IEEE Std 605-2008. Guide for Bus Design in Air Insulated Subestations.
- Norma VDE 0102.
- Norma DIN 43670.

3.1.2.4 Características de los materiales / equipos a instalar

Las características del embarrado rígido son las siguientes:

CONDUCTOR RÍGIDO	
Tubo:	150/134
Aleación:	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior (D) [mm]:	150
Diámetro interior (d) [mm]:	134
Espesor de la pared (e) [mm]:	8
Peso propio unitario (P_{pt}) [kg/m]:	9,631
Peso específico del conductor (W_c) [N/m³]:	26500
Sección Equivalente (S) [mm2]:	3568,85
Momento de inercia (J) [cm4]:	902,38
Momento resistente (W) [cm3]:	95,12
Módulo de elasticidad (Young) (E) [N/mm^2]:	69000
Límite de fluencia mínimo del material (f_y) [N/mm^2]:	160
Coeficiente de dilatación lineal (α) [mm/mºC]:	0,023
Intensidad máxima [A]:	3890
Capacidad térmica (S_{thr}) [A/mm^2]:	80,68

Tabla 3. Características conductor rígido

Las características de los aisladores soporte son las siguientes:

CARACERÍSTICAS AISLADORES	
Tipo de Aislador:	C10-650
Carga de rotura a flexión [N]:	10.000
Carga de rotura a torsión [N]:	4.000
Altura del aislador (H_t) [mm]:	1.500
Altura de la pieza soporte (H_f) [mm]:	105

Tabla 4. Características aisladores soporte

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Las características del cable antivibratorio son las siguientes:

CARACERÍSTICAS CABLE ANTIVIBRATORIO	
Tipo de cable antivibratorio:	ARBUTUS
Peso propio unitario (P_{pa}) [kg/m]:	1,111
Diámetro conductor (D_c) [mm]:	26,040
Sección Equivalente (S_a) [mm^2]:	402,800

Tabla 5. Características aisladores soporte

3.1.2.5 Cálculo mecánico del embarrado principal

3.1.2.5.1 Corriente de cortocircuito

La intensidad de cresta (según UNE EN 60909-0) tiene un valor de:

$$I_P = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_k''$$

Dónde:

- *χ= factor de la intensidad pico definido por la siguiente expresión:*

$$\chi = 1{,}02 + 0{,}98 \cdot e^{-3R/X}$$

- *R/X= relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito, en este caso se tomará el valor facilitado por la compañía de 0,096, obtenido mediante el software de simulación PSS, donde se contempla el alcance objeto de este proyecto.*

Con lo que obtenemos los siguientes resultados:

CORRIENTE CORTOCIRCUITO	
Intensidad de cortocircuito simétrica (I_k'') [kA]:	40,000
Intensidad de Cresta (I_p) [kA]:	99,211
Factor X:	1,754

Tabla 6. Resultados corrientes de cortocircuito

[1] Calculada s/fabricante (DIN 43670) a $T_{ambiente}$ = 25ºC y $T_{conductor}$ = 80ºC.

3.1.2.5.2 Cargas sobre la estructura del tubo

- Esfuerzos por peso propio:

$$F_c = P_{pt} \cdot g$$

Donde:

- *P_{pt} = peso propio unitario del conductor rígido.*
- *g = 9,81 m/s².*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Esfuerzos por peso propio del cable anti vibratorio:

$$F_{pa} = \frac{2}{3} P_{pa} \cdot g$$

Donde:

- *P_{pa}= peso propio unitario del cable anti vibratorio (tipo de cable "Arbutus", donde el P_{pa}= 1,111 kg/m obtenido de catálogo de fabricante).*
- *g= 9,81 m/s².*

- Esfuerzos por hielo:

El peso unitario del hielo sobre los conductores de barras circulares se puede calcular con la siguiente expresión:

$$F_h = \pi \cdot w_1 \cdot r_1 \cdot (D + r_1)$$

Donde:

- *F_h = peso del hielo unitario sobre el conductor.*
- *w_1 = peso específico del hielo (según Reglamento Líneas Aéreas Alta Tensión, apartado 3.1.2.1).*
- *D = diámetro externo del conductor.*
- *r_1 = espesor radial del hielo (según Reglamento Líneas Aéreas Alta Tensión, apartado 3.1.3).*

- Esfuerzos por viento:

La fuerza uniforme por viento se puede calcular con la siguiente expresión:

$$F_W = C \cdot V^2 \cdot (D + 2r_1) \cdot C_f \cdot K_Z \cdot G_f \cdot I$$

Donde:

- *F_w = fuerza del viento sobre el conductor.*
- *C = constante (Ver 11.2, IEEE-605).*
- *C_f = coeficiente de fuerza conductor tubular (Ver 11.2.3, IEEE-605).*
- *K_Z = factor de exposición y altura (Ver punto 11.2.4, IEEE-605).*
- *G_f = factor de ráfaga (Ver punto 11.2.5, IEEE-605).*
- *V = velocidad del viento.*
- *D = diámetro externo del conductor.*
- *r_1 = espesor radial del hielo.*
- *I = factor de importancia (Ver punto 11.2.6, IEEE-605).*

- Esfuerzos por cortocircuito:

La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

intensidad se obtiene de la expresión dada por la norma "UNE EN 60865-1":

$$F_{sc} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi \cdot a} (I_p)^2$$

Donde:

- μ_0 = *permeabilidad magnética del vacío.*
- *a = distancia media entre fases.*
- I_p = *intensidad de cresta.*

Sustituyendo y operando:

ESFUERZOS EN EL TUBO	
Esfuerzo peso propio (F_c) [N/m]:	94,480
Esfuerzo peso propio C. Antivibratorio (F_{pa}) [N/m]:	7,266
Esfuerzo hielo (F_h) [N/m]:	18,000
W_1 [N/m³]:	7.500
r_1 [N/m³]:	5,998
Esfuerzo viento (F_w) [N/m]:	162,861
C:	0,613
C_f:	1,000
K_z:	1,109
G_f:	0,850
V [m/s]:	38,89
I:	1,15
Esfuerzo cortocircuito (F_{sc}) [N/m]:	681,927
μ_0[N/A²]:	4π * 10^-7
Γ:	N.A.

Tabla 7. Resultados esfuerzos en tubo

Los esfuerzos dinámicos dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, el vano y los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan el esfuerzo dinámico en cortocircuito sobre el tubo:

- V_σ = *factor que tiene en cuenta el efecto dinámico*
- V_r = *factor que tiene en cuenta el reenganche*

La frecuencia de vibración de un tubo está definida como:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{m}}$$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Donde:

- *J= inercia de la sección del tubo.*
- *M= masa unitaria del tubo.*
- *E= Módulo de Young del material.*
- *L= longitud del vano.*
- γ *= coeficiente del tubo y los apoyos.*

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal ($\frac{f_c}{50\ Hz}$) del sistema establece los valores de Vσ (UNE EN 60865-1 Fig. 4) y Vr (UNE EN 60865-1 Fig. 5)

La tensión de trabajo en el tubo por esfuerzo dinámico de cortocircuito, vale:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{sc} \cdot l^2}{8 \cdot W}$$

Donde:

- β*: Coeficiente dependiente del tipo y número de soportes (UNE EN 60865-1 Tabla 3).*
- *W: módulo resistente de la sección del tubo.*

La tensión de trabajo total en el tubo vendrá dada por la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las cargas uniformemente repartidas:

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \times \frac{P \times l^2}{W}$$

Donde:

- *l = longitud del vano.*
- *W = módulo resistente de la sección del tubo.*
- *P = carga repartida que produce el esfuerzo.*

Entonces:

Por viento:

$$\sigma_v = \frac{1}{8} \times \frac{F_w \times l^2}{W}$$

Por peso propio:

$$\sigma_p = \frac{1}{8} \times \frac{(F_p + F_{pa}) \times l^2}{W}$$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Por hielo:

$$\sigma_h = \frac{1}{8} \times \frac{F_h \times l^2}{W}$$

La tensión máxima tendrá un valor de:

$$\sigma_{to} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_m)^2 + (\sigma_p + \sigma_h)^2}$$

El coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia está expresado como:

$$Coef.Seguridad = \frac{f_y}{\sigma_{to}}$$

Con lo que obtenemos los siguientes resultados:

TENSIONES EN EL TUBO	
Frecuencia vibración tubo (f_c) [Hz]:	3,992
Y:	1,570
Relación Frecuencia oscilación y Frecuencia nominal:	0,080
Tensión de trabajo dinámica (σ_m) [N/mm²]:	70,343
β:	1,000
V_σ:	0,469
V_r:	1,675
Tensión de trabajo de viento (σ_v) [N/mm²]:	21,402
Tensión de trabajo de peso propio (σ_p) [N/mm²]:	13,371
Tensión de trabajo de hielo (σ_h) [N/mm²]:	2,365
Tensión de trabajo máxima (σ_{to}) [N/mm²]:	93,085
Coeficiente de Seguridad	2,31

Tabla 8. Resultados tensiones en tubo

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma "UNE EN 60865-1" establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumplen las siguientes condiciones:

Condición 1:

$$\sigma_{to} \leq q \cdot f_y$$

Donde:

- *f_y = límite de fluencia del material.*
- *q = factor de resistencia del conductor, se calcula de la siguiente forma según la norma:*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

$$q = 1{,}7 \cdot \frac{1 - (1 - \frac{2 \cdot t}{D})^3}{1 - (1 - \frac{2 \cdot t}{D})^4}$$

Donde:

- *t = espesor del tubo según UNE EN 60865-1 Tabla 4).*

Con lo cual se tendrán los siguientes resultados:

CONDICIÓN 1	
Tensión de trabajo máxima (σ_{to}) [N/mm²]:	93,085
Factor de resistencia del conductor (q):	1,344
Límite de fluencia mínimo del material (f_y) [N/mm2]:	160
Verificación condición 1:	**Cumple**

Tabla 9. Verificación condición 1

Condición 2:

$$\sigma_v + \sigma_m \leq f_y$$

Se tienen los siguientes resultados:

CONDICIÓN 2	
Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm²]:	91,745
Límite de fluencia mínimo del material (f_y) [N/mm2]:	160
Verificación condición 2:	**Cumple**

Tabla 10. Verificación condición 2

3.1.2.5.3 Flecha en el tubo

La flecha para un vano se obtiene de la expresión:

$$f_{max} = \frac{P \cdot l^4}{185 \cdot E \cdot J}$$

Donde:

- *P= fuerza vertical por unidad de longitud (resultante de la suma del esfuerzo del peso propio (Fc), del esfuerzo del peso propio del cable antivibratorio (Fpa) y del esfuerzo del hielo (Fh) de la Tabla 6 del presente documento).*
- *L= Longitud del vano.*
- *E= Módulo de elasticidad del material.*
- *J= Momento de inercia de la sección.*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Se debe verificar:

$$fmáx \leq \frac{l}{300}$$

La carga a considerar en este caso es el peso propio del tubo, más el cable anti vibratorio y el manguito de hielo. Sustituyendo:

FLECHA EN EL TUBO	
Flecha máxima (fmáx) [cm]:	1,04
Longitud/300 [cm]:	3,33
Verificación:	**Cumple**

Tabla 11. Resultados flecha en el tubo

3.1.2.5.4 Cargas sobre el aislador

La carga total sobre un aislador montado verticalmente y que soporta barras horizontales, es la suma de las fuerzas en cantilever actuando sobre el aislador, multiplicadas por los factores de sobrecarga.

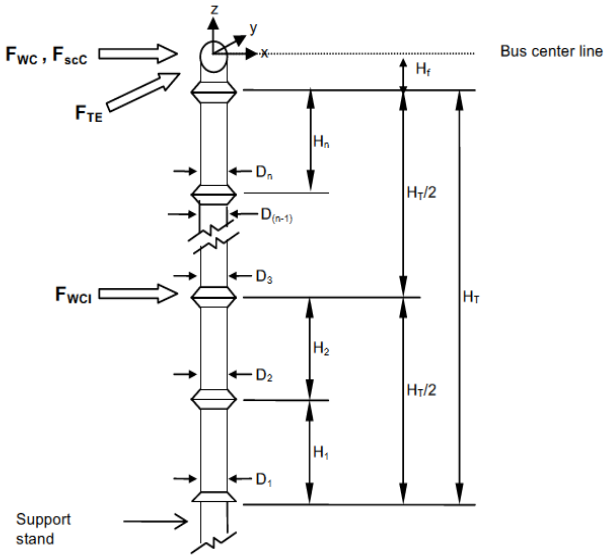


Figura 1. Cargas sobre un aislador montado verticalmente (IEEE Std 605-2008)

La carga total sobre el aislador montado verticalmente viene dada por la expresión:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_{WCI}}{2} + \frac{(H_T + H_f)F_{WC}}{HT} + \frac{(H_T + H_F)F_{ScC}}{H_T}\right)^2 + \left(F_{TE}\left(\frac{H_T + H_f}{H_T}\right)\right)^2}$$

Donde:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- *F_C = Carga del aislador montado verticalmente*
- *H_T = Altura total del aislador soporte*
- *H_f = Altura sobre el aislador al centro de barra*
- *F_{WCI} = Fuerza en Cantiliver del viento sobre el aislador (IEEE Std 605-2008):*

$$F_{WCI} = F_w \cdot H_T$$

- *F_{WC} = Fuerza transmitida en las barras por el viento (IEEE Std 605-2008):*

$$F_{WC} = F_W \cdot L_E$$

Donde:

- *L_E= 5/8·Longitud Vano (ver Tabla 18 del IEEE Std 605-2008. Guide for Bus Design in Air Insulated Subestations).*
- *F_{ScC} = Fuerza transmitida en las barras por corto circuito (IEEE Std 605-2008):*

$$F_{ScC} = F_{SC} \cdot L_E$$

Donde:

- *L_E= 5/8·Longitud Vano (ver Tabla 18 del IEEE Std 605-2008. Guide for Bus Design in Air Insulated Subestations)*

- *F_{TE} = Fuerza Térmica sin conectores (IEEE Std 605-2008):*

$$F_{TE} = E \cdot \alpha \cdot S \cdot (T_f - T_i)$$

Donde:

- *E= Módulo de elasticidad (Young).*
- *α= Coeficiente de dilatación lineal.*
- *S= sección equivalente.*
- *T_f = temperatura montaje (80ºC).*
- *T_i= temperatura en servicio (25ºC).*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Sustituyendo y operando:

CARGAS SOBRE EL AISLADOR	
Carga del aislador montado verticalmente (F_c) [N]:	5.781,3
F_{wci} [N]:	244,292
H_T [m]:	1,50
H_f [m]:	0,11
F_{wc} [N]:	1.017,884
F_{ScC} [N]:	4.262,045
F_{TE} [N]:	311,507
Coeficiente de seguridad:	1,73
Verificación:	**Cumple**

Tabla 12. Resultados cargas sobre aislador soporte

3.1.2.5.5 Elongación del embarrado

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Donde:

- l_0 = *longitud inicial del tubo*
- α = *coeficiente de dilatación lineal del tubo*
- Δ_θ = *incremento de temperatura entre la de montaje y la de servicio*

Sustituyendo adecuadamente cada variable por el valor correcto resulta:

ELONGACIÓN DEL EMBARRADO	
Elongación del embarrado (Δl) [mm]:	12,65
Δθ (ºC):	55,0

Tabla 13. Resultados elongación del embarrado

Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.

3.1.2.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

La intensidad térmica en cortocircuito viene dada según “UNE EN 60865-1” por la expresión:

$$I_{th} = I''_k \cdot \sqrt{(m+n)}$$

Donde:

- *m = factor de disipación térmica correspondiente a la componente de corriente continua.*
- *n = factor de disipación térmica correspondiente a la componente de corriente alterna.*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- *I''_k = intensidad de cortocircuito.*

Los conductores desnudos tienen una resistencia térmica de cortocircuito suficiente si la densidad de corriente térmica de corta duración, $_{Sth}$, cumple la relación siguiente, para todos los valores de Tk :

$$S_{th} < S_{thr}\sqrt{\frac{Tkr}{Tk}}$$

Donde:

- *S_{th} = Densidad de corriente térmica equivalente de corta duración ($S_{th} = \frac{Ith}{A}$)*
- *S_{thr} = Valor asignado de la densidad de corriente soportada de corta duración durante 1s = 80,68 A/mm²*
- *T_{kr} = Tiempo de corta duración asignado (1s)*
- *T_k = Duración de la corriente de cortocircuito (0,5s)*

Sustituyendo y operando:

ESFUERZO TÉRMICO DE CORTOCIRCUITO	
Intensidad térmica de cortocircuito (Ith) [kA]:	40,70
m:	0,035
n:	1,00
Densidad térmica equivalente (Sth) [A/mm²]:	11,40
Verificación Condición del embarrado:	**Cumple**

Tabla 14. Resultados esfuerzo térmico de cortocircuito

3.1.3 Cálculos electromecánicos del embarrado secundario

A continuación, se presentan los cálculos justificativos del embarrado secundario rígido utilizado en el sistema de 132 kV, así como los cálculos que justifican la elección de los aisladores.

Los cálculos se basan en el procedimiento de cálculo expuesto en la IEC 60865-1:2011/Ed 3 e IEC TR 60865-2:2015/Ed2.

Para los cálculos se considerará la barra correspondiente a la fase central, por ser esta la más afectada desde el punto de vista de esfuerzos de cortocircuito.

En cada tramo el embarrado se encuentra apoyado en un extremo y empotrado en el otro. Es decir, en uno de los extremos se permite el desplazamiento según el eje del embarrado y en el otro se encuentra rígidamente unido a la aparamenta.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

3.1.3.1 Hipótesis de diseño.

Para permitir evoluciones futuras del sistema eléctrico sin impacto en la nueva subestación, se adoptan los siguientes valores de horizonte de máxima potencia de cortocircuito y diseño del apartado 3.1.2.1:

ESCENARIO DE MÁXIMA POTENCIA DE CORTOCIRCUITO	
I_{cc} simétrica o trifásica [kA]	31,64
X/R (132 kV) [Ω/m]:	10,37

HIPÓTESIS DE DISEÑO	
Zona Tipo (500m ≤ altitud < 1000m)	B
I_{ccd} simétrica diseño = I_{cc} (LDIF 132 kV) [kA]:	**40**
R/X (sistema) [Ω/m]:	0,096
Frecuencia de Red (f) [Hz]:	50
Duración del cortocircuito (T_k) [seg]:	1
Temperatura montaje (T_f) [ºC]	25
Temperatura en servicio (T_i) [ºC]	80
Tipo Exposición:	D

Tabla 15. Hipótesis de diseño

Siendo las condiciones del vano las siguientes:

CONDICIONES DEL VANO	
Longitud de vano [m]:	7
Distancia entre fases [m]:	2,50
Anclajes:	Fijo - Deslizante
Altura del embarrado (m):	4,50

Tabla 16. Condiciones del vano

Nota: Se calcula el vano más desfavorable, que en el caso de embarrado rígido de 132kV bajo para interconexión entre los seccionadores pantógrafos de las diferentes posiciones de línea y autotrafo, corresponde al tramo de 7m entre la borna del pantógrafo y el aislador bajo de apoyo.

3.1.3.2 Condiciones de la instalación

Ver punto 3.1.2.2.

3.1.3.3 Normativa aplicable

Ver punto 3.1.2.3.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

3.1.3.4 Características de los materiales / equipos a instalar

Las características del embarrado rígido son las siguientes:

CONDUCTOR RÍGIDO	
Tubo:	100/90
Aleación:	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior (D) [mm]:	100
Diámetro interior (d) [mm]:	90
Espesor de la pared (e) [mm]:	5
Peso propio unitario (P_{pt}) [kg/m]:	4,03
Peso específico del conductor (W_c) [N/m³]:	26500
Sección Equivalente (S) [mm2]:	1492,26
Momento de inercia (J) [cm4]:	168,81
Momento resistente (W) [cm3]:	26,60
Módulo de elasticidad (Young) (E) [N/mm^2]:	69000
Límite de fluencia mínimo del material (f_y) [N/mm^2]:	160
Coeficiente de dilatación lineal (α) [mm/mºC]:	0,023
Intensidad máxima [A]:	2320
Capacidad térmica (S_{thr}) [A/mm^2]:	80,68

Tabla 17. Características conductor rígido

Las características de los aisladores soporte son las siguientes:

CARACERÍSTICAS AISLADORES	
Tipo de Aislador:	C10-650
Carga de rotura a flexión [N]:	10.000
Carga de rotura a torsión [N]:	4.000
Altura del aislador (H_t) [mm]:	1.500
Altura de la pieza soporte (H_f) [mm]:	105

Tabla 18. Características aisladores soporte

Las características del cable antivibratorio son las siguientes:

CARACERÍSTICAS CABLE ANTIVIBRATORIO	
Tipo de cable antivibratorio:	ARBUTUS
Peso propio unitario (P_{pa}) [kg/m]:	1,111
Diámetro conductor (D_c) [mm]:	26,040
Sección Equivalente (S_a) [mm^2]:	402,800

Tabla 19. Características aisladores soporte

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

3.1.3.5 Cálculo mecánico del embarrado principal

3.1.3.5.1 Corriente de cortocircuito

La intensidad de cresta (según UNE EN 60909-0) tiene un valor de:

$$I_P = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_k''$$

Dónde:

- χ= *factor de la intensidad pico definido por la siguiente expresión:*

$$\chi = 1{,}02 + 0{,}98 \cdot e^{-3R/X}$$

- *R/X= relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito, en este caso se tomará el valor facilitado por la compañía de 0,096, obtenido mediante el software de simulación PSS, donde se contempla el alcance de este proyecto.*

Con lo que obtenemos los siguientes resultados:

CORRIENTE CORTOCIRCUITO	
Intensidad de cortocircuito simétrica (I_k'') [kA]:	40,000
Intensidad de Cresta (I_p) [kA]:	99,211
Factor X:	1,754

Tabla 20. Resultados corrientes de cortocircuito

[1] Calculada s/fabricante (DIN 43670) a $T_{ambiente}$ = 25ºC y $T_{conductor}$ = 80ºC.

3.1.3.5.2 Cargas sobre la estructura del tubo

- Esfuerzos por peso propio:

$$F_c = P_{pt} \cdot g$$

Donde:

- P_{pt} = *peso propio unitario del conductor rígido.*
- *g = 9,81 m/s².*

- Esfuerzos por peso propio del cable anti vibratorio:

$$F_{pa} = \frac{2}{3} P_{pa} \cdot g$$

Donde:

- P_{pa}= *peso propio unitario del cable anti vibratorio (tipo de cable "Arbutus", donde el P_{pa}= 1,111 kg/m obtenido de catálogo de fabricante).*
- *g= 9,81 m/s².*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Esfuerzos por hielo:

  El peso unitario del hielo sobre los conductores de barras circulares se puede calcular con la siguiente expresión:

$$F_h = \pi \cdot w_1 \cdot r_1 \cdot (D + r_1)$$

  Donde:

  - *F_h = peso del hielo unitario sobre el conductor.*
  - *w_1 = peso específico del hielo (según Reglamento Líneas Aéreas Alta Tensión, apartado 3.1.2.1).*
  - *D = diámetro externo del conductor.*
  - *r_1 = espesor radial del hielo (según Reglamento Líneas Aéreas Alta Tensión, apartado 3.1.3).*

- Esfuerzos por viento:

  La fuerza uniforme por viento se puede calcular con la siguiente expresión:

$$F_W = C \cdot V^2 \cdot (D + 2r_1) \cdot C_f \cdot K_Z \cdot G_f \cdot I$$

  Donde:

  - *F_w = fuerza del viento sobre el conductor.*
  - *C = constante (Ver 11.2, IEEE-605).*
  - *C_f = coeficiente de fuerza conductor tubular (Ver 11.2.3, IEEE-605).*
  - *K_Z = factor de exposición y altura (Ver punto 11.2.4, IEEE-605).*
  - *G_f = factor de ráfaga (Ver punto 11.2.5, IEEE-605).*
  - *V = velocidad del viento.*
  - *D = diámetro externo del conductor.*
  - *r_1 = espesor radial del hielo.*
  - *I = factor de importancia (Ver punto 11.2.6, IEEE-605).*

- Esfuerzos por cortocircuito:

  La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad se obtiene de la expresión dada por la norma “UNE EN 60865-1”:

$$F_{sc} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi \cdot a} (I_p)^2$$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Donde:

- μ_0 = *permeabilidad magnética del vacío.*
- *a = distancia media entre fases.*
- I_p = *intensidad de cresta.*

Sustituyendo y operando:

ESFUERZOS EN EL TUBO	
Esfuerzo peso propio (F_c) [N/m]:	39,534
Esfuerzo peso propio C. Antivibratorio (F_{pa}) [N/m]:	7,266
Esfuerzo hielo (F_h) [N/m]:	18,000
W_1 [N/m³]:	7.500
r_1 [N/m³]:	7,131
Esfuerzo viento (F_w) [N/m]:	106,658
C:	0,613
C_f:	1,000
K_z:	1,030
G_f:	0,850
V [m/s]:	38,89
I:	1,15
Esfuerzo cortocircuito (F_{sc}) [N/m]:	681,927
μ_0[N/A²]:	4π * 10^-7
Γ:	N.A.

Tabla 21. Resultados esfuerzos en tubo

Los esfuerzos dinámicos dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, el vano y los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan el esfuerzo dinámico en cortocircuito sobre el tubo:

- V_σ = *factor que tiene en cuenta el efecto dinámico*
- V_r = *factor que tiene en cuenta el reenganche*

La frecuencia de vibración de un tubo está definida como:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{m}}$$

Donde:

- *J= inercia de la sección del tubo.*
- *M= masa unitaria del tubo.*
- *E= Módulo de Young del material.*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- *L= longitud del vano.*
- *γ = coeficiente del tubo y los apoyos.*

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal ($\frac{f_c}{50\ Hz}$) del sistema establece los valores de Vσ (UNE EN 60865-1 Fig. 4) y Vr (UNE EN 60865-1 Fig. 5)

La tensión de trabajo en el tubo por esfuerzo dinámico de cortocircuito, vale:

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \frac{F_{sc} \cdot l^2}{8 \cdot W}$$

Donde:

- *β: Coeficiente dependiente del tipo y número de soportes (UNE EN 60865-1 Tabla 3).*
- *W: módulo resistente de la sección del tubo.*

La tensión de trabajo total en el tubo vendrá dada por la suma geométrica de las tensiones producidas por los distintos esfuerzos, que se acumulan, en sus direcciones respectivas, a la calculada de cortocircuito. En este caso, y considerando todas las cargas uniformemente repartidas:

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \times \frac{P \times l^2}{W}$$

Donde:

- *l = longitud del vano.*
- *W = módulo resistente de la sección del tubo.*
- *P = carga repartida que produce el esfuerzo.*

Entonces:

Por viento:

$$\sigma_v = \frac{1}{8} \times \frac{F_w \times l^2}{W}$$

Por peso propio:

$$\sigma_p = \frac{1}{8} \times \frac{(F_p + F_{pa}) \times l^2}{W}$$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Por hielo:

$$\sigma_h = \frac{1}{8} \times \frac{F_h \times l^2}{W}$$

La tensión máxima tendrá un valor de:

$$\sigma_{to} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_m)^2 + (\sigma_p + \sigma_h)^2}$$

El coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia está expresado como:

$$Coef.Seguridad = \frac{f_y}{\sigma_{to}}$$

Con lo que obtenemos los siguientes resultados:

TENSIONES EN EL TUBO	
Frecuencia vibración tubo (f_c) [Hz]:	5,447
Y:	1,570
Relación Frecuencia oscilación y Frecuencia nominal:	0,109
Tensión de trabajo dinámica (σ_m) [N/mm²]:	135,371
β:	1,000
V_σ:	0,541
V_r:	1,592
Tensión de trabajo de viento (σ_v) [N/mm²]:	24,559
Tensión de trabajo de peso propio (σ_p) [N/mm²]:	10,776
Tensión de trabajo de hielo (σ_h) [N/mm²]:	4,145
Tensión de trabajo máxima (σ_{to}) [N/mm²]:	160,625
Coeficiente de Seguridad	1,33

Tabla 22. Resultados tensiones en tubo

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma "UNE EN 60865-1" establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumplen las siguientes condiciones:

Condición 1:

$$\sigma_{to} \leq q \cdot f_y$$

Donde:

- *f_y = límite de fluencia del material.*
- *q = factor de resistencia del conductor, se calcula de la siguiente forma según la norma:*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

$$q = 1{,}7 \cdot \frac{1 - (1 - \frac{2 \cdot t}{D})^3}{1 - (1 - \frac{2 \cdot t}{D})^4}$$

Donde:

- *t = espesor del tubo según UNE EN 60865-1 Tabla 4).*

Con lo cual se tendrán los siguientes resultados:

CONDICIÓN 1	
Tensión de trabajo máxima (σ_{to}) [N/mm²]:	160,625
Factor de resistencia del conductor (q):	1,340
Límite de fluencia mínimo del material (f_y) [N/mm2]:	160
Verificación condición 1:	**Cumple**

Tabla 23. Verificación condición 1

Condición 2:

$$\sigma_v + \sigma_m \leq f_y$$

Se tienen los siguientes resultados:

CONDICIÓN 2	
Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm²]:	159,930
Límite de fluencia mínimo del material (f_y) [N/mm2]:	160
Verificación condición 2:	**Cumple**

Tabla 24. Verificación condición 2

3.1.3.5.3 Flecha en el tubo

La flecha para un vano se obtiene de la expresión:

$$f_{max} = \frac{P \cdot l^4}{185 \cdot E \cdot J}$$

Donde:

- *P= fuerza vertical por unidad de longitud (resultante de la suma del esfuerzo del peso propio (Fc), del esfuerzo del peso propio del cable antivibratorio (Fpa) y del esfuerzo del hielo (Fh) de la Tabla 6 del presente documento).*
- *L= Longitud del vano.*
- *E= Módulo de elasticidad del material.*
- *J= Momento de inercia de la sección.*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Se debe verificar:

$$fmáx \leq \frac{l}{300}$$

La carga a considerar en este caso es el peso propio del tubo, más el cable anti vibratorio y el manguito de hielo. Sustituyendo:

FLECHA EN EL TUBO	
Flecha máxima (fmáx) [cm]:	0,72
Longitud/300 [cm]:	2,33
Verificación:	Cumple

Tabla 25. Resultados flecha en el tubo

3.1.3.5.4 Cargas sobre el aislador

La carga total sobre un aislador montado verticalmente y que soporta barras horizontales, es la suma de las fuerzas en cantilever actuando sobre el aislador, multiplicadas por los factores de sobrecarga.

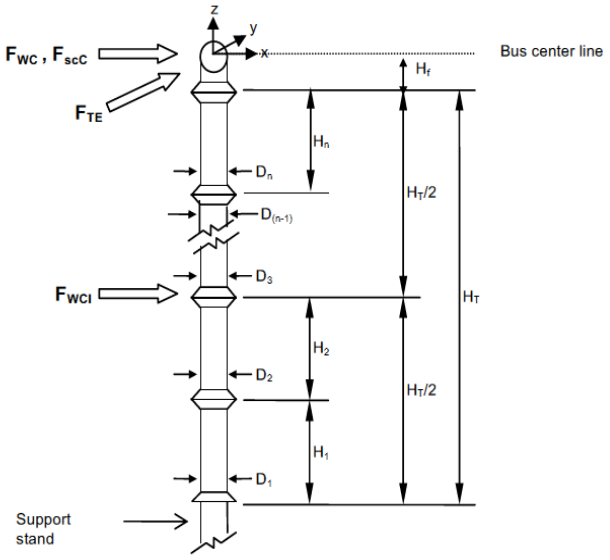


Figura 2. Cargas sobre un aislador montado verticalmente (IEEE Std 605-2008)

La carga total sobre el aislador montado verticalmente viene dada por la expresión:

$$F_c = \sqrt{\left(\frac{F_{WCI}}{2} + \frac{(H_T + H_f)F_{WC}}{HT} + \frac{(H_T + H_F)F_{ScC}}{H_T}\right)^2 + \left(F_{TE}\left(\frac{H_T + H_f}{H_T}\right)\right)^2}$$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Donde:

- *F_C = Carga del aislador montado verticalmente*
- *H_T = Altura total del aislador soporte*
- *H_f = Altura sobre el aislador al centro de barra*
- *F_{WCI} = Fuerza en Cantiliver del viento sobre el aislador (IEEE Std 605-2008):*

$$F_{WCI} = F_w \cdot H_T$$

- *F_{WC} = Fuerza transmitida en las barras por el viento (IEEE Std 605-2008):*

$$F_{WC} = F_W \cdot L_E$$

Donde:

- *L_E= 5/8·Longitud Vano (ver Tabla 18 del IEEE Std 605-2008. Guide for Bus Design in Air Insulated Subestations).*
- *F_{ScC} = Fuerza transmitida en las barras por corto circuito (IEEE Std 605-2008):*

$$F_{ScC} = F_{SC} \cdot L_E$$

Donde:

- *L_E= 5/8·Longitud Vano (ver Tabla 18 del IEEE Std 605-2008. Guide for Bus Design in Air Insulated Subestations)*

- *F_{TE} = Fuerza Térmica sin conectores (IEEE Std 605-2008):*

$$F_{TE} = E \cdot \alpha \cdot S \cdot (T_f - T_i)$$

Donde:

- *E= Módulo de elasticidad (Young).*
- *α= Coeficiente de dilatación lineal.*
- *S= sección equivalente.*
- *T_f = temperatura montaje (80ºC).*
- *T_i= temperatura en servicio (25ºC).*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Sustituyendo y operando:

CARGAS SOBRE EL AISLADOR	
Carga del aislador montado verticalmente (F_c) [N]:	3.774,1
F_{wci} [N]:	159,986
H_T [m]:	1,50
H_f [m]:	0,11
F_{wc} [N]:	466,627
F_{ScC} [N]:	2.983,431
F_{TE} [N]:	130,252
Coeficiente de seguridad:	2,65
Verificación:	3.774,1

Tabla 26. Resultados cargas sobre aislador soporte

3.1.3.5.5 Elongación del embarrado

El tubo que forma el embarrado, por efectos térmicos se dilatará, de acuerdo con la expresión:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

Donde:

- l_0 = *longitud inicial del tubo*
- α = *coeficiente de dilatación lineal del tubo*
- Δ_θ = *incremento de temperatura entre la de montaje y la de servicio*

Sustituyendo adecuadamente cada variable por el valor correcto resulta:

ELONGACIÓN DEL EMBARRADO	
Elongación del embarrado (Δl) [mm]:	8,86
Δθ (ºC):	55,0

Tabla 27. Resultados elongación del embarrado

Dada la elongación del vano se instalarán piezas especiales que permitan absorber esta dilatación.

3.1.3.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

La intensidad térmica en cortocircuito viene dada según “UNE EN 60865-1” por la expresión:

$$I_{th} = I''_k \cdot \sqrt{(m+n)}$$

Donde:

- *m = factor de disipación térmica correspondiente a la componente de corriente continua.*
- *n = factor de disipación térmica correspondiente a la componente de corriente alterna.*

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- *I''_k = intensidad de cortocircuito.*

Los conductores desnudos tienen una resistencia térmica de cortocircuito suficiente si la densidad de corriente térmica de corta duración, $_{Sth}$, cumple la relación siguiente, para todos los valores de Tk :

$$S_{th} < S_{thr}\sqrt{\frac{Tkr}{Tk}}$$

Donde:

- *S_{th} = Densidad de corriente térmica equivalente de corta duración ($S_{th} = \frac{Ith}{A}$)*
- *S_{thr} = Valor asignado de la densidad de corriente soportada de corta duración durante 1s = 80,68 A/mm²*
- *T_{kr} = Tiempo de corta duración asignado (1s)*
- *T_k = Duración de la corriente de cortocircuito (0,5s)*

Sustituyendo y operando:

ESFUERZO TÉRMICO DE CORTOCIRCUITO	
Intensidad térmica de cortocircuito (Ith) [kA]:	40,70
m:	0,035
n:	1,00
Densidad térmica equivalente (Sth) [A/mm²]:	27,28
Verificación Condición del embarrado:	**Cumple**

Tabla 28. Resultados esfuerzo térmico de cortocircuito

3.2 EMBARRADOS FLEXIBLES

3.2.1 Cálculos eléctricos

- Sistema de 400 kV.

Para el autotransformador de potencia de AT-3 400/132 kV de 300 MVA, en la entrada de bornas del devanado primario de 400 kV hasta su conexión con el puente de interconexión procedente del parque de 400 kV, el embarrado estará constituido con cable desnudo dúplex de aluminio homogéneo, tipo Gladiolus, de 35,91 mm de diámetro, equivalente a 765,4 mm² de sección nominal, admitiendo un paso de corriente permanente de 2.580 A (1.290 A por cable simple), que equivale a una potencia nominal en el embarrado de 1787,5 MVA.

- Sistema de 132 kV.

El resto de embarrados de 132 kV (puentes entre la aparamenta, salvo en las posiciones de enlace de barras y autotransformador) se realizarán con cable desnudo de aluminio homogéneo, tipo Arbutus, de 26,04 mm de diámetro, equivalente a 402,8 mm^2 de sección nominal, que admite un

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

paso de corriente permanente de 800 A, que equivale a una potencia nominal en el embarrado de 182,90 MVA.

Tanto para la posición de enlace de barras, así como para el autotransformador de potencia de AT-3 400/132 kV de 300 MVA, en la salida de bornas del devanado secundario de 132 kV hasta su conexión con las barras secundarias, sus conexiones se realizarán con cable dúplex desnudo de aluminio homogéneo, tipo Gladiolus, de 35,91 mm de diámetro, equivalente a 765,4 mm² de sección nominal, admitiendo un paso de corriente permanente de 2.580 A (1.290 A por cable simple), que equivale a una potencia nominal en el embarrado de 589,9 MVA.

Como se puede observar, los valores obtenidos son muy superiores a las potencias previstas.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4. CÁLCULO DE TIERRAS INFERIORES

4.1 OBJETO

Toda instalación eléctrica debe disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la instalación eléctrica donde las personas puedan circular o permanecer, y exista el riesgo de que puedan estar sometidas a una tensión peligrosa durante cualquier defecto en la instalación eléctrica o en la red unida a ella, estas queden protegidas.

El presente cálculo tiene verificar la malla del nuevo parque de intemperie 132 kV de la ST Minglanilla 400/132 kV para un horizonte constructivo de seis posiciones de línea (6L) y una (1) posición de transformador (1T). Se tiene en consideración la ITC – RAT 13 del "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión".

4.2 DATOS DE ENTRADA E HIPÓTESIS DE CÁLCULO

4.2.1 Datos del sistema eléctrico

- Frecuencia ..... 50 Hz
- Relación impedancias (X/R) 10,37
- Tiempo despeje falta (t_f)..... 0,5 s
- Relación de tensiones ..... 400/132 kV

4.2.2 Datos del terreno y de los conductores de tierra

- Profundidad a la que está enterrada la malla (h) ..... 0,6 m
- Espesor capa superficial de grava ..... 0,1 m
- Resistividad capa superficial (ρs) ..... 3000 Ohm·m [1]
- Resistividad media del terreno (ρ) ..... 150 Ohm·m [2]
- Cable de tierra del conductor..... Cu 150 mm^2

Datos de cable de cobre:

- Coef. térmico resistividad (20ºC) ..... $\alpha r = 0{,}00393\ ºC^{-1}$
- Coeficiente ($1/\alpha_0$ a 0ºC) ..... $K_0 = 234$ ºC
- Resistividad 20ºC ..... $\rho_r = 1{,}72\ \mu\Omega/cm$
- Factor Capacidad Térmica..... TCAP=3,42 $J/cm^3/ºC$
- Temperatura máxima admisible..... Tm=300ºC

[1] Resistividad estimado acorde a ITC - RAT 13

[2] Se ha considerado el valor medio típico de 300 para terrenos arena arcillosa (50-500).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4.2.3 Resistividad del terreno

Al no disponer de estudio de resistividad del terreno, realizaremos el estudio en base a la resistividad típica según la naturaleza del terreno. Para ello nos apoyaremos en los valores de la figura 2, tabla extraída de la ICT-RAT-13, donde en este caso en concreto, al tratarse de suelo areno arcilloso, y cuya resistividad oscila entre los 50 y 500 Ω, adoptaremos un valor medio de 150 Ω.

Naturaleza del terreno	Resistividad en ohmios.m.
Terrenos pantanosos.	de algunas unidades a 30
Limo.	20 a 100
Humus.	10 a 150
Turba húmeda.	5 a 100
Arcilla plástica.	50
Margas y arcillas compactas.	100 a 200
Margas del jurásico.	30 a 40
Arena arcillosa.	50 a 500
Arena silícea.	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped.	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo.	1500 a 3000
Calizas blandas.	100 a 300
Calizas compactas.	1000 a 5000
Calizas agrietadas.	500 a 1000
Pizarras.	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo.	800
Granitos y gres procedentes de alteración.	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados.	100 a 600
Hormigón.	2000 a 3000
Basalto o grava.	3000 a 5000

Figura 2: Resistividad del terreno (ITC-RAT-13)

Visto lo anteriormente expuesto, el valor estimado de Resistividad Superficial del Terreno es:

ρ resistividad media del terreno	150 Ω·m

4.2.4 Datos geométricos

La malla de tierras del nuevo parque 132 kV de la ST Minglanilla tiene la tipología que se indica a continuación:

- Longitud del lado mayor de la malla (Lx) ..... 108,2 m
- Longitud del lado menor de la malla (Ly) ..... 91,75 m
- Número de picas (e) 48
- Longitud de las picas (L_e) ..... 2 m

El cerramiento de la subestación se encuentra conectado a la malla de tierras.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

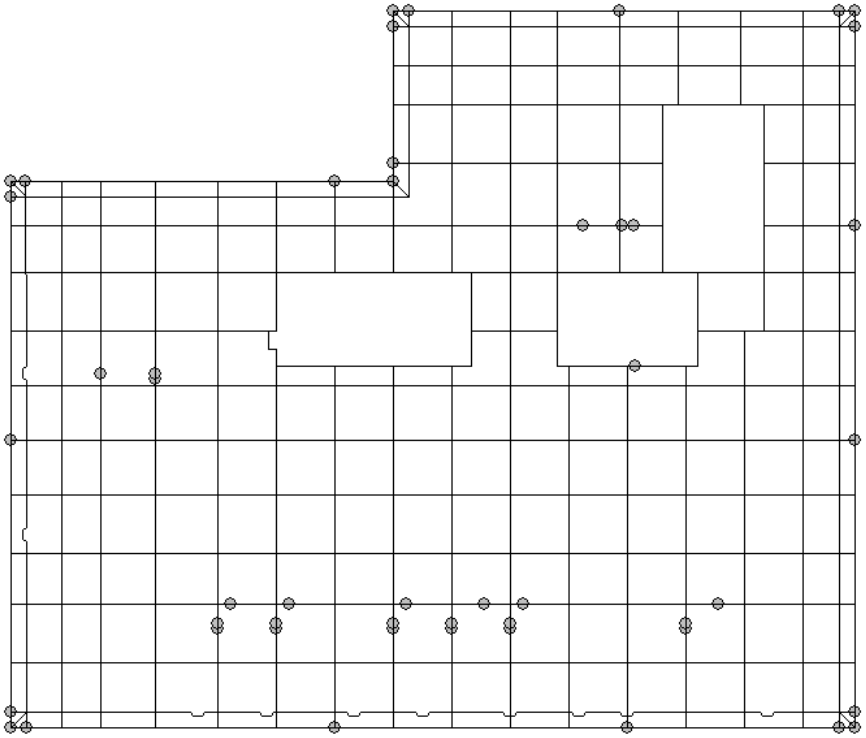


Figura 3: Detalle de la malla de tierra de la subestación (Escenario 6L+1T)

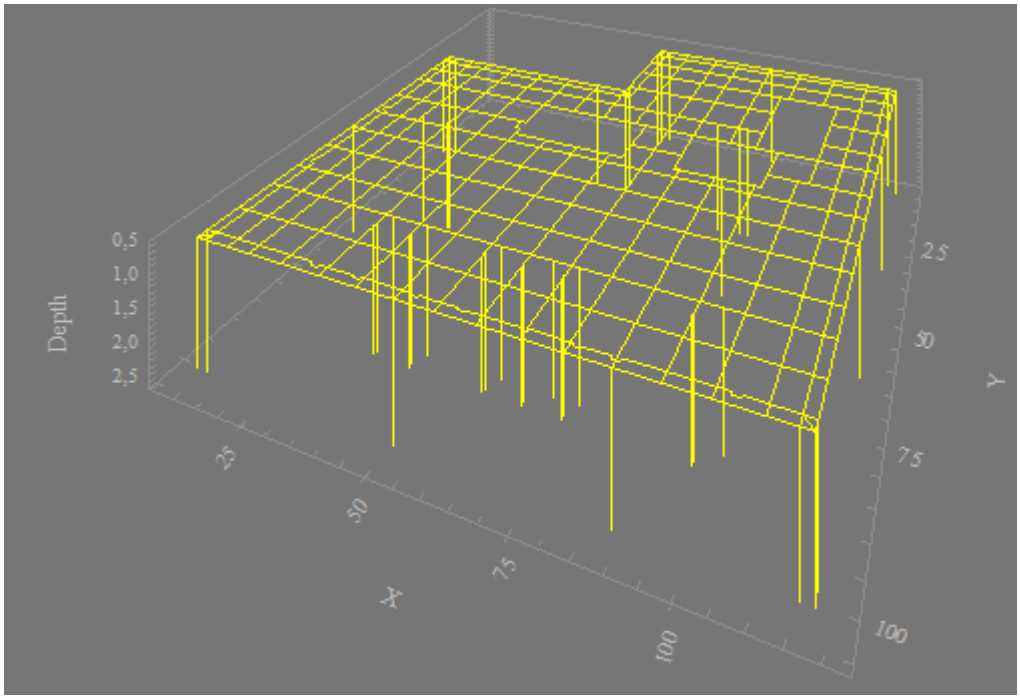


Figura 4: Detalle de la malla de tierra de la subestación

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4.2.5 Dato intensidad de cortocircuito

Para obtener la intensidad de cortocircuito en un punto de la subestación se utilizan programas capaces de realizar el análisis de la red de alta tensión bajo distintas hipótesis de fallo.

La intensidad de cortocircuito considerada para la malla de tierras del nuevo parque 132 kV de la ST Minglanilla tiene en cuenta un horizonte temporal amplio para contemplar la evolución futura de la red, así como las aportaciones de las líneas que puede albergar en su desarrollo final.

A tal efecto de acuerdo a los datos disponibles, los cortocircuitos monofásicos ($3 \cdot I_0$) más perjudiciales en cada nivel de tensión son los siguientes:

I_{cc} intensidad de cortocircuito monofásica	23,83 kA
I_{ccd} intensidad de cortocircuito monofásica de diseño = I_{cc} x 1.2	28,59 kA

No obstante, el diseño de la malla de tierras se realizará con una intensidad I_{ccd}, resultante de un sobredimensionado del 20% de I_{cc} estimada, en previsión de un posible aumento, y en todo caso, inferior al límite térmico del conductor de cobre establecido en 28,8 kA.

4.3 METODOLOGÍA Y HERRAMIENTA UTILIZADA

El método a emplear está basado en el programa ETAP versión 24.0.0C de la empresa Operation Tecnology, INC.

El Software emplea diferentes módulos de cálculo basados en leyes físicas universalmente reconocidas. La base de cálculo principal es la resolución de las Ecuaciones de Maxwell empleando el método de las imágenes. Estas ecuaciones son simplificadas (por ejemplo, no consideran la inductancia mutua entre conductores dado que son fenómenos de baja frecuencia).

Los datos obtenidos se contrastarán con la Instrucción Técnica Complementaria ITC - RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión (Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo).

El proceso desarrollado se ajusta al siguiente esquema:

a) Determinación de la resistividad del terreno → Modulo RESAP. Cálculo por el método Wenner.
b) Estudio de la intensidad de cortocircuito y su distribución dentro del sistema de puesta tierra, es decir, los porcentajes de la misma que se derivan por los cables de guarda de las líneas eléctricas aéreas conectadas a la subestación y por la tierra de referencia a través de las puestas a tierra remotas. Así mismo, se estudiará el porcentaje de la corriente por

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

defecto que fluye entre la malla enterrada de la subestación y el terreno circundante, provocando la elevación del potencial del mismo (GPR).

Todo ello según las normas:

- UNE-EN 50522
- UNE-EN 60909
- IEEE Std80-2013

c) Obtención de las tensiones de paso y contacto presentes en la subestación según el diseño de la malla de puesta a tierra mediante el software seleccionado.

d) Verificación del diseño seguro de la malla de puesta a tierra diseñada, según el contraste de tensiones de paso y contacto obtenidas con ETAP y sus valores admisibles.

e) En el caso de que la malla diseñada para el nuevo parque 132 kV de la ST Minglanilla 400/132 kV no cumpla con las tensiones de paso y contacto mínimas admisibles en el ITC-RAT-13, se realizarán las modificaciones pertinentes de la red de tierras planteada de forma que el diseño sea seguro.

4.4 DATOS DE SALIDA: RESULTADOS

4.4.1 Conductor de tierra

- $3 \cdot I_{0\ total}$= 28,59 kA ..... Suma fasorial total de Intensidad de falta
- t_f=0,5 s ..... tiempo defecto
- Ta = 40 ºC ..... Temperatura ambiente

Según el ITC RAT 13, a efectos de dimensionado de las secciones, el tiempo mínimo a considerar para duración del defecto, a la frecuencia de la red será de un segundo, no pudiéndose superar una densidad de corriente para el cobre de 160 A/mm^2 (considerando que se admite un aumento de la temperatura final del cable de 300º, sin suponer riesgo de incendio) se obtiene, para el cobre:

$$S_{min} = \frac{3 \cdot I_{0\,total}}{160\ \left(\frac{A}{mm^2}\right) \cdot 1{,}2} = \frac{28590}{160\ \left(\frac{A}{mm^2}\right) \cdot 1{,}2} = 148{,}91\ mm^2$$

Por lo tanto, se elige como **sección** para los conductores de puesta a tierra de estructuras, bajantes y aparatos, así como de malla de puesta a tierra:

S	**150 mm^2**

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4.4.2 Análisis intensidades aportadas por las líneas de Alta Tensión

De acuerdo a la norma UNE-EN 50522 y a la ITC-RAT 13 Instalaciones de Puesta a Tierra, para el cálculo de las corrientes de defecto y pueta a tierra, se ha de tener en cuenta la forma de conexión del neutro a tierra, así como la configuración y características de la red durante el periodo subtransitorio.

En el caso de una red con el neutro a tierra, bien rígido o a través de una impedancia, se considerará a efectos de cálculo de la tensión aplicada de contacto o paso, el valor de la intensidad de la corriente de puesta tierra (I_E) que provoca la elevación del potencial de la instalación de tierra.

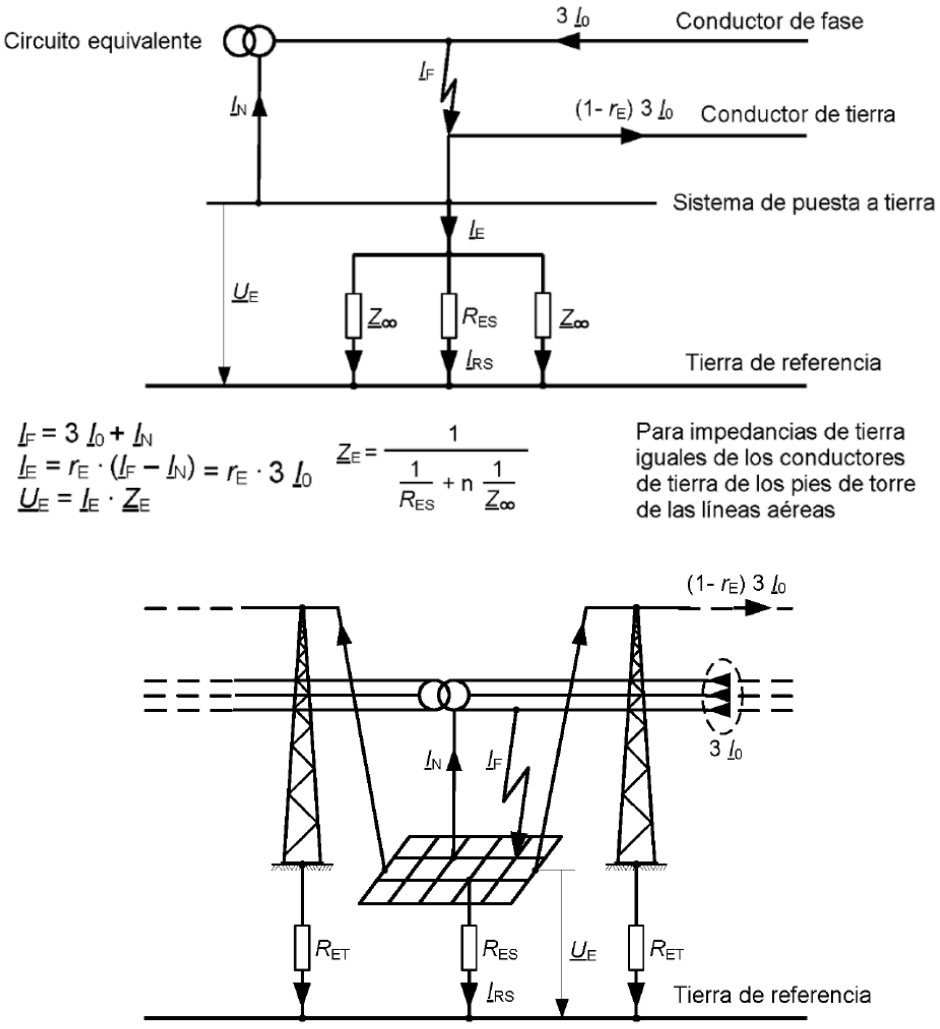


Figura 5: Esquema ejemplo de diseño de red de puesta a tierra

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

La corriente que se considera para el cálculo de la tensión aplicada de contacto o paso será la corriente de puesta a tierra I_E, que depende de la corriente de defecto a tierra (I_F) y de un factor de reducción r_E. En la figura 9 se muestra el esquema eléctrico equivalente de una instalación eléctrica para determinar las corrientes de puesta a tierra, I_E y de defecto a tierra I_F.

$3I_0$	Tres veces la corriente de secuencia cero (homopolar) de la línea.
I_N	Corriente a través de la puesta a tierra del neutro del transformador.
I_F	Corriente de defecto a tierra.
I_E	Corriente a tierra.
I_{RS}	Corriente a través de la puesta a tierra del neutro del transformador
r_E	Factor de reducción de la línea aérea
R_{ES}	Resistencia a tierra del electrodo de tierra mallado.
R_{ES}	Resistencia a tierra del electrodo de tierra mallado.
R_{ET}	Resistencia de la torre.
Z_∞	La impedancia del conductor de tierra/pie de torre de la línea aérea se supone infinita.
Z_E	Impedancia de tierra.
U_E	Subida de potencial de tierra.
n	Número de líneas aéreas que salen de la subestación.

Para estimar el porcentaje de la intensidad de corriente de defecto a tierra (I_F) que se deriva hacia tierra en la subestación (I_E) y contribuye al incremento del potencial de tierra U_E, se recurre a la información facilitada en el Anexo C de la norma IEEE-80-2013, en donde se dispone de diferentes tablas para determinación del factor de reducción (r_E) a aplicar a la corriente de defecto I_F.

Se selecciona la gráfica correspondiente a la figura C.13 del Anexo C suponiendo:

- El 100% de la corriente de falta proviene de instalaciones remotas.
- No parten de la ST líneas de distribución, se consideran todas las líneas que llegan como de transmisión.
- La resistencia de puesta a tierra de los apoyos de las líneas de transmisión se establece en 15Ω.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- En cuanto al número de líneas de transmisión que llegan a la subestación eléctrica se consideran 7 líneas, correspondientes a 6 líneas 132kV y el puente de interconexión con la actual ST 400 kV.
- La resistencia de puesta a tierra de la malla del parque intemperie 132 kV de ST Minglanilla 400/132 kV se ha calculado con el software ETAP V.24.0.0C, siendo su valor de 0.701 Ω.

Para este escenario planteado, en la gráfica C.13 no se dispone de curvas relativas a 7 Líneas de transporte / 0 líneas de distribución (7/0), seleccionado valores sobre las curvas (4/0) y (8/0) e interpolando valores posteriormente.

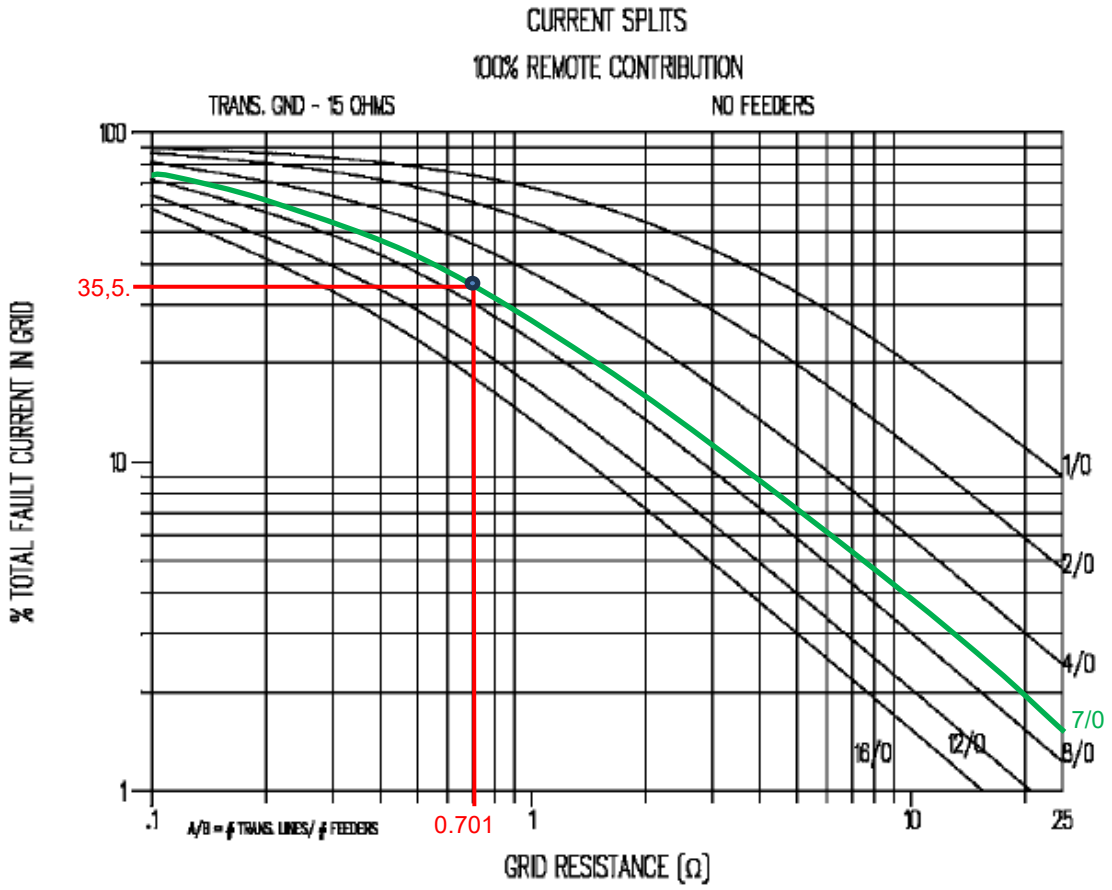


Figure C.13—Curves to approximate split factor S_f

Figura 3. Curvas para cálculo factor r_E - Escenario 2

- S_f sobre curva 4/0 = 46%
- Sf sobre curva 8/0 = 32%
- Sf interpolado - curva 7/0 = 35,5%

Corriente a tierra del Escenario: $I_E = r_E * 3I_0 = 0,355 * 28,58$ kA	10,15 kA

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

El reparto de la corriente de falta se presenta en la siguiente tabla:

	Magnitud
Intensidad total de falta real ($3I_o´$)	28,59 kA
Intensidad por cables de guarda y pantallas de cables subterráneos	18,44 kA
Intensidad puesta a tierra (I_E)	10,15 kA
Rg	0,701 Ω
GPR=$I_E \cdot R_g$	7,12 kV

4.4.3 Cálculo de tensiones de paso y contacto admisibles (ITC – RAT 13)

Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_f:

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, Uca (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

A efectos de los cálculos para el proyecto, para determinar las máximas tensiones de contacto y paso admisibles se podrán emplear las expresiones siguientes:

$$U_c = U_{ca}\left[1+\frac{R_{a1}+R_{a2}}{2\,Z_B}\right] = U_{ca}\left[1+\frac{\frac{R_{a1}}{2}+1{,}5\rho_S}{1000}\right] \qquad (1)$$

$$U_p = U_{pa}\left[1+\frac{2R_{a1}+2R_{a2}}{Z_B}\right] = 10\,U_{ca}\left[1+\frac{2R_{a1}+6\rho_S}{1000}\right] \qquad (2)$$

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Dónde:

Ra Resistencia adicional total suma de las resistencias adicionales individuales.

Ra1 Es, por ejemplo, la resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante. Se puede emplear como valor 2000 Ω. Se considerará nula esta resistencia cuando las personas puedan estar descalzas, en instalaciones situadas en lugares tales como jardines, piscinas, campings, y áreas recreativas.

Ra2 Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno de un pie. Ra2=3ρs, donde ρs es la resistividad del suelo cerca de la superficie.

Uca Tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies.

Upa Tensión de paso aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre los dos pies. (Upa=10 Uca).

Uc Tensión de contacto máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales (por ejemplo, resistencia a tierra del punto de contacto, calzado, presencia de superficies de material aislante).

Up Tensión de paso máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales (por ejemplo, resistencia a tierra del punto de contacto, calzado, presencia de superficies de material aislante).

Para calcular la resistividad superficial aparente del terreno en los casos en que el terreno se recubra de una capa adicional de elevada resistividad (grava, hormigón, etc.) se multiplicará el valor de la resistividad de la capa de terreno adicional, por un coeficiente reductor. El coeficiente reductor se obtendrá de la expresión siguiente:

$$C_S = 1 - 0{,}106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_S + 0{,}106} \right) \qquad (3)$$

CS Coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial.

h_S Espesor de la capa superficial, en metros.

ρ Resistividad del terreno natural.

ρ* Resistividad de la capa superficial.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Resultados obtenidos:

Cs Coeficiente reductor	0,671
E contacto admisible (UC)(grava)	1023,90 V
E *paso admisible (UP)*	34836,00 V

4.4.4 Cálculo de tensiones de paso y contacto trasmitidas al terreno

Resultados obtenidos:

E contacto máxima transferida (U_C)	867,0 V
E paso máxima transferida (U_P)	811,5 V

Representación gráfica de los resultados:

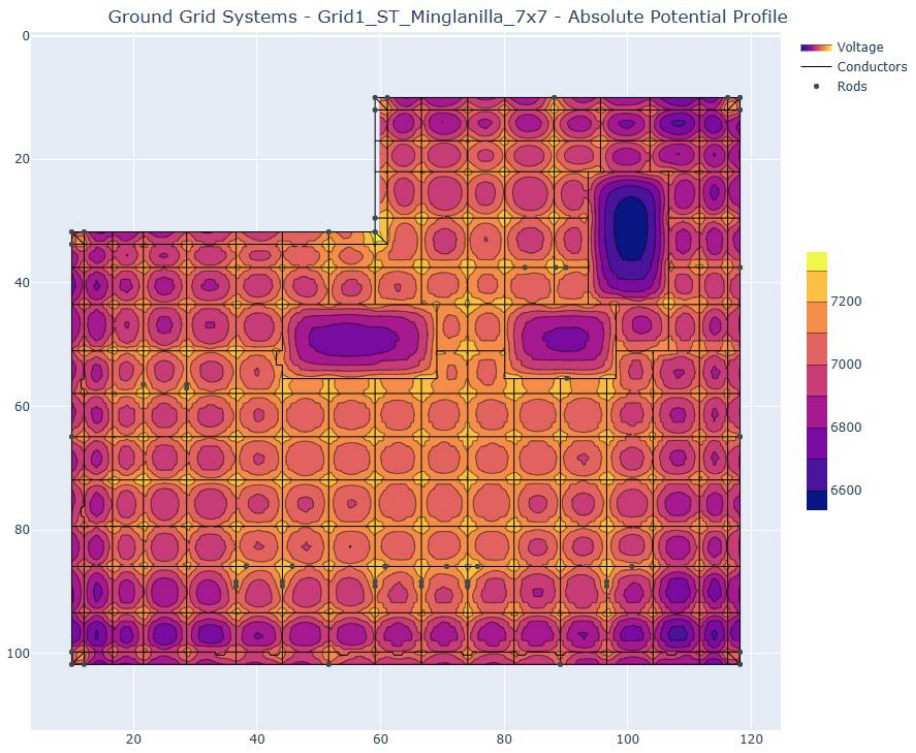


Figura 4: Gráfico de distribución de tensiones en la instalación

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

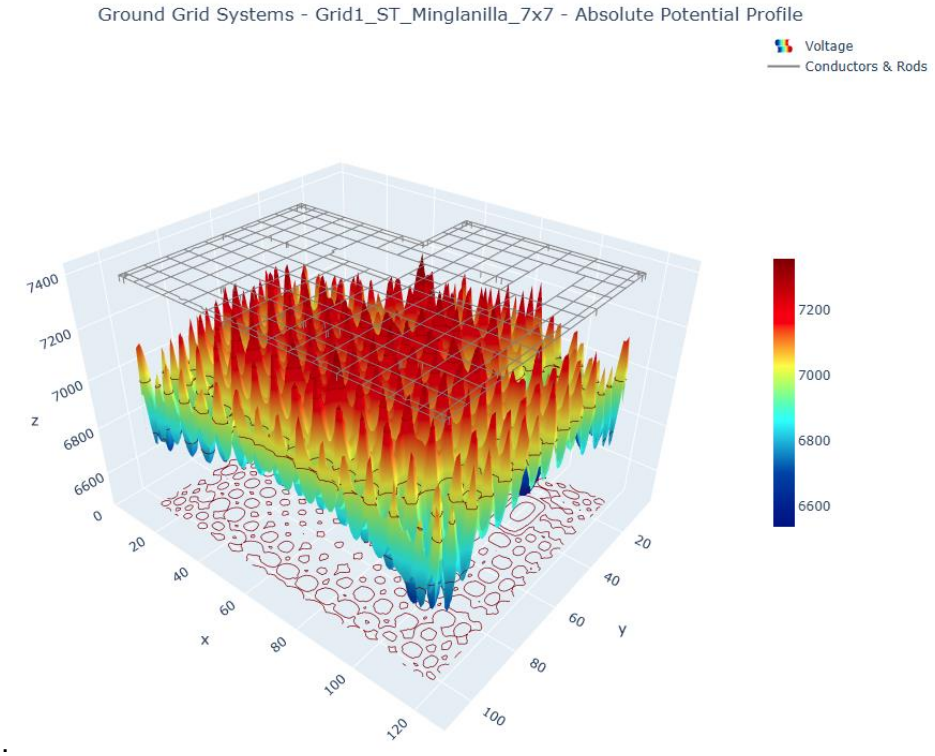


Figura 5: Mapa 3D de distribución de tensiones de cortocircuito en la instalación

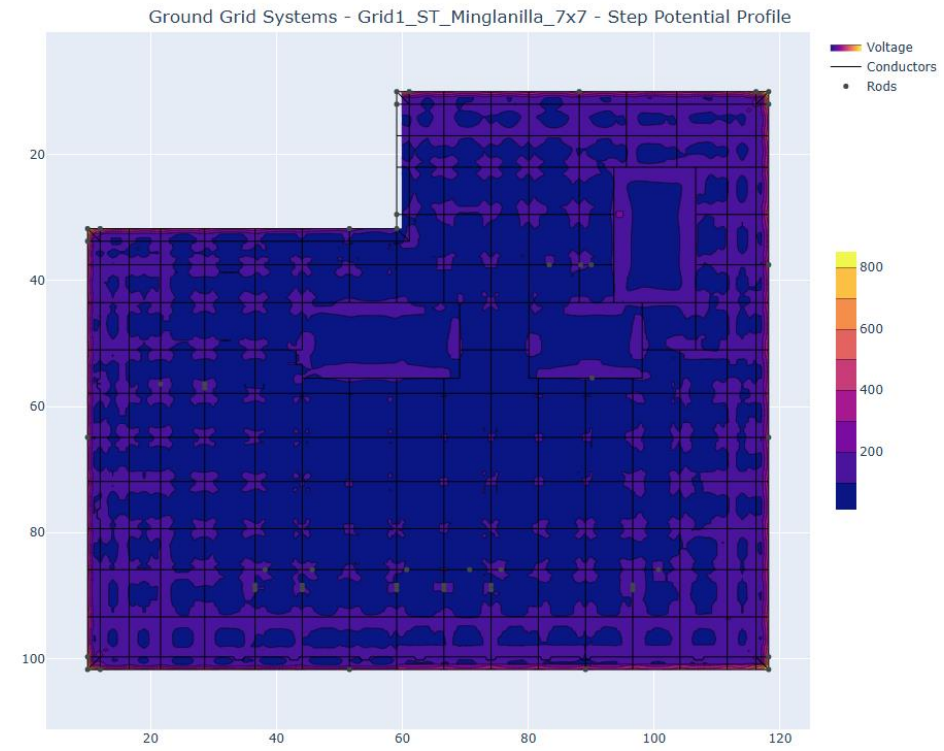


Figura 6: Mapa de tensiones de paso en la instalación

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20261250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

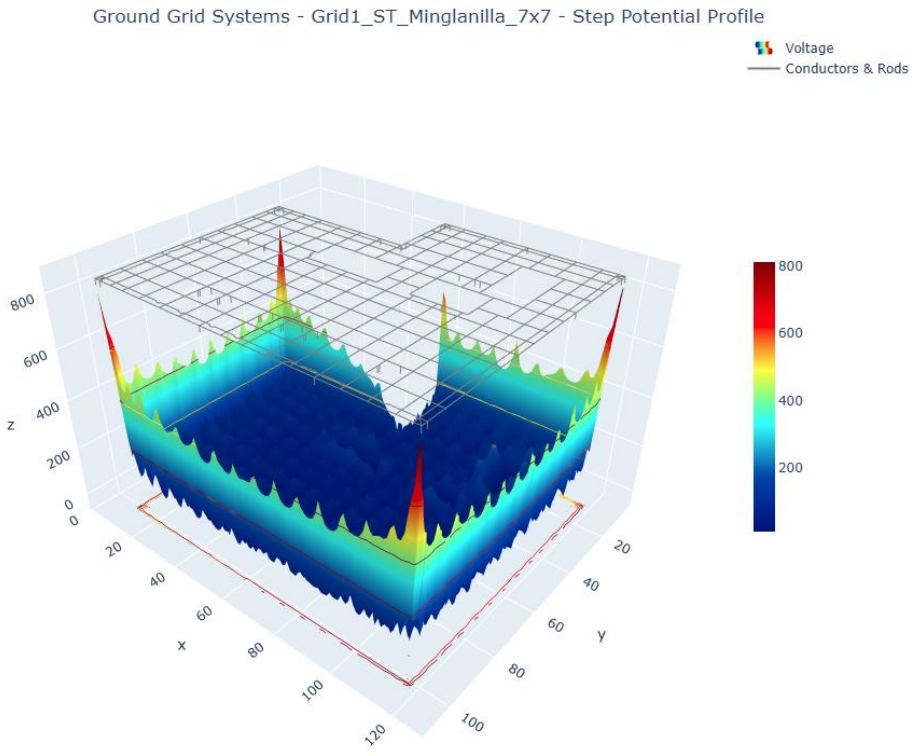


Figura 7: Mapa 3D de tensiones de paso en la instalación

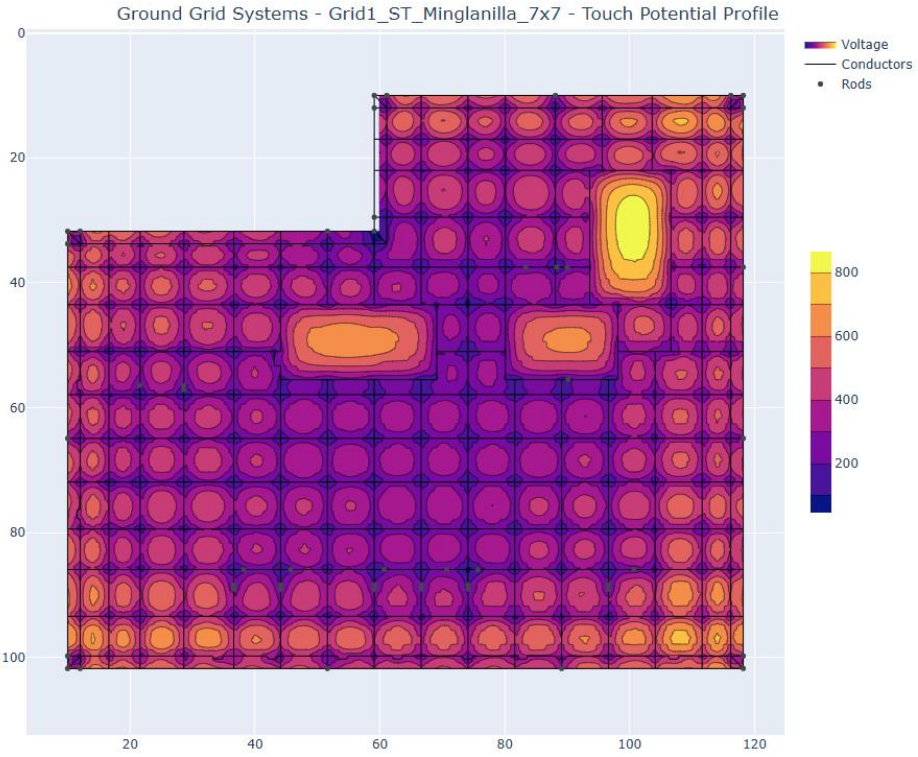


Figura 8: Mapa de tensiones de contacto en la instalación

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20261250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

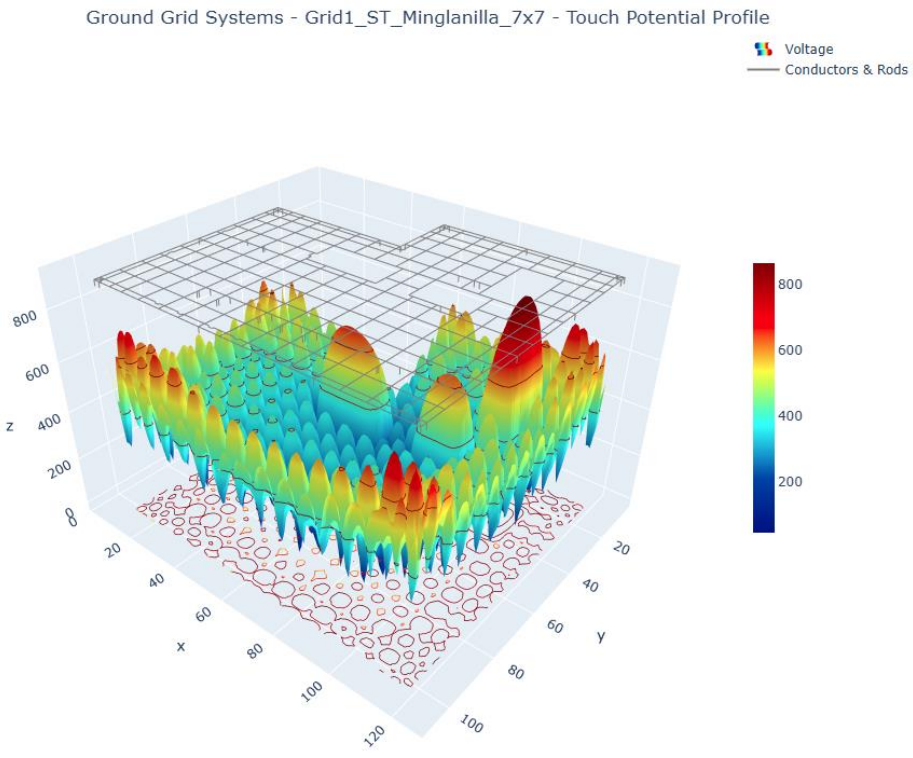


Figura 9: Mapa 3D de tensiones de contacto en la instalación

4.5 CONCLUSIÓN

El criterio a seguir: $E_C < E_{CA}$ y $E_P < E_{PA}$ → CUMPLE

	CRITERIO	RESULTADOS	
E contacto	$U_C < U_{CMAX}$	867,0 V < 1023,9 V	CUMPLE REGLAMENTO
E paso	$U_P < U_{PMAX}$	811,5 V < 34836,0 V	CUMPLE REGLAMENTO

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Todas las estructuras metálicas a emplear en la instalación corresponden a diseños normalizados de i-DE Redes Eléctricas Inteligentes.

La estructura metálica a construir y montar en la instalación, corresponderá a los pórticos de las líneas de 132 kV, así como los soportes de la aparamenta de los sistemas de tensión de 400 kV y 132 kV.

Estas estructuras estarán formadas por perfiles tubulares de acero en los pilares coronados en su parte superior por perfiles metálicos para sujeción de la aparamenta. Se complementan con herrajes y tortillería auxiliares para fijación de cajas de centralización, sujeción de cables y otros elementos accesorios.

4.2 NORMATIVA APLICADA

Códigos:

- EC-21 Código Estructural
- RLAT: Reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión

Normas:

- Acciones: UNE-EN 1990
- Viento: RLAT, IAP-11
- Sismo: NCSE-02
- Otras: CTE DB SE-A, CTE DB SE-AE

4.3 MATERIALES UTILIZADOS

El material utilizado para la ejecución de la estructura es el acero laminado y posteriormente galvanizado para conferirle así una capa de protección frente a las agresiones externas.

Sus características se detallan a continuación:

- Tipo acero..... Acero laminado S 275 JR
- Límite elástico..... 2.804 kg/cm^2
- Tensión de rotura..... 4.027 kg/cm^2
- Peso específico ..... 7,85 kg/dm^3
- Coeficiente de Poisson υ_s 0,3

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Coeficiente de dilatación..... 1.2·10-5 m/mºC
- Coeficiente de minoración 1,10; 1,10; 1,25

4.4 ACCIONES CONSIDERADAS

4.4.1 Acciones permanentes (G)

Contempla el peso propio de la estructura (se consideran las dimensiones de la sección transversal de los perfiles multiplicadas por su peso específico 7,85 kg/dm^3) y de los cables y cadenas (según catálogo), así como del tiro de los mencionados conductores (valor dado por los cálculos del Personal de Líneas de la Compañía).

4.4.2 Acciones variables (Q)

Las acciones variables (Q) son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura, como son:

- Las debidas al uso o carga operacional por mantenimiento: se considera una carga de 100 kg vertical y hacia abajo, simulando el peso de un operario.
- Las acciones climáticas, como la carga de viento.
- La acción del viento se asimila a una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto a la presión estática. El reparto se distribuye de manera continua en cada barra y en dos direcciones perpendiculares “x” y “z”.
- Según el Reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión, se ha considerado una velocidad del viento de v=140km/h ya que se trata de líneas de categoría especial.

De este modo:

Fuerza del viento sobre superficies planas:

- $\mathrm{Fc} = \mathrm{Ap} \cdot \mathrm{q} = \mathrm{Ap} \cdot \left[100 \cdot \left(\frac{\mathrm{v}}{120}\right)^2\right] = \mathrm{Ap} \cdot \left[100 \cdot \left(\frac{140}{120}\right)^2\right] = (\mathrm{Ap} \cdot 136{,}11)\ \mathrm{daN} = (\mathrm{Ap} \cdot 138{,}83)\ \mathrm{kg}$

  Siendo: Ap el área proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m^2.

Fuerza del viento sobre superficies curvas:

- $\mathrm{Fc} = \mathrm{Ap} \cdot \mathrm{q} = \mathrm{Ap} \cdot \left[70 \cdot \left(\frac{\mathrm{v}}{120}\right)^2\right] = \mathrm{Ap} \cdot \left[70 \cdot \left(\frac{140}{120}\right)^2\right] = (\mathrm{Ap} \cdot 97{,}28)\ \mathrm{daN} = (\mathrm{Ap} \cdot 97{,}18)\ \mathrm{kg}$

  Siendo: Ap el área proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m^2.

Adicionalmente, las cargas de viento en elementos cercanos no se proyectan en su totalidad, sino que se aplicará un coeficiente de resguardo o apantallamiento en función de la separación a la que se encuentre y de la altura de los mismos, según lo indicado en la normativa española IAP-11 como se detalla a continuación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

$$\lambda = A_n / A_{tot}$$

siendo:

λ relación de solidez correspondiente al elemento de barlovento más próximo
A_n área sólida neta o real (descontando los huecos) que el elemento de barlovento presenta al viento
A_{tot} área bruta o total (sin descontar huecos) del elemento de barlovento delimitada por su contorno externo

Y donde s_r es el espaciamiento relativo, definido como:

$$s_r = s / h_p$$

siendo:

s_r espaciamiento relativo entre el elemento de barlovento y el de sotavento
s distancia horizontal entre las superficies de ambos elementos, proyectadas sobre un plano perpendicular a la dirección del viento
h_p altura protegida u ocultada por el elemento de barlovento

ESPACIAMIENTO RELATIVO s_r	RELACIÓN DE SOLIDEZ λ					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	≥0,6
0,5	0,75	0,40	0,31	0,22	0,13	0,06
1	1,00	0,82	0,64	0,46	0,28	0,10
2	1,00	0,84	0,68	0,52	0,36	0,20
3	1,00	0,86	0,72	0,59	0,45	0,31
4	1,00	0,89	0,78	0,68	0,57	0,46
5	1,00	1,00	0,92	0,85	0,77	0,69
6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

4.4.3 Acciones accidentales (A)

Las acciones accidentales (A) son aquellas que pueden actuar con una pequeña probabilidad de ocurrencia, generalmente de corta duración y con efectos importantes.

- **Sismo**: se realiza un estudio dinámico a través de cargas sísmicas debido a que el coeficiente de aceleración sísmica básico es superior a 0,04·g, siendo g la aceleración de la gravedad. En concreto, se toma el valor de 0,22·g ya que es el más desfavorable para España.

  Aplicando la normativa sismorresistente NCSE-02, la aceleración sísmica de cálculo es de 0,23·g.

  El valor de la fuerza sísmica es el producto de la aceleración sísmica de cálculo por la masa del elemento, aplicado en el centro de gravedad.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Según la mencionada NCSE-02, las cargas sísmicas aplican la regla del 30%, es decir, que en la dirección horizontal y perpendicular a la dominante se aplica un 30% de la fuerza total de la dominante. Además, se desprecia la componente vertical de la carga sísmica debido a las cortas luces que hay entre los soportes y a la flexibilidad relativa de los conductores.

- **Hipótesis de Ruptura de Cable** (aplicable en pórticos): se trata de una situación accidental que se produce, como el propio nombre indica, por la ruptura de uno de los cables del pórtico.
- **Fuerza de cortocircuito** (aplicable en aparamenta): Se empleará la resistencia máxima de los aisladores para el embarrado cálculado.

4.5 COMBINACIONES DE CARGA

Tomando como base los coeficientes de combinación de Eurocódigo los valores a utilizar para la mayoración y combinación de las acciones serán los siguientes:

Coeficientes de mayoración:

Tipo de carga	Coeficiente de mayoración
Cargas permanentes	1,35
Cargas variables	1,50
Cargas de viento no simultáneas	1,50
Cargas de sismo no simultáneas	1,00
Cargas accidentales	1,00

Coeficientes de combinación o concomitancia:

Tipo de carga	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Cargas gravitatorias	0,70	0,50	0,30
Cargas de viento	0,60	0,50	0,00

4.6 PÓRTICOS AMARRE DE LÍNEA

4.6.1 Cargas

- Peso propio de la estructura: Densidad = 7.850 kg/m³
- Peso propio del cable y cadenas: En dirección descendente en el eje Y 105 kg - dispuesto sobre la viga en cada una de las fases.
- Tiro de los cables de fase (132 kV):
  - Total por fase (ángulo de 15º entre fuerzas): 1.069,5 kg
  - Desglosado por fase en las tres direcciones del espacio:
    - Dirección eje X: 268 kg
    - Dirección eje Y: 268 kg
    - Dirección eje Z: 1.000 kg

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Tiro de los cables de tierra (132 kV):
  - Total por fase (ángulo de 15º entre fuerzas): 855,5 kg
  - Desglosado por fase en las tres direcciones del espacio:
    - Dirección eje X: 214,5 kg
    - Dirección eje Y: 214,5 kg
    - Dirección eje Z: 800 kg
- Sobrecarga por mantenimiento: En dirección descendente en el eje Y 100 kg - dispuesto en el centro de vano de la viga.
- Viento aplicado de forma continua en las caras, con un valor de q = 138,83 kg/m^2 sobre superficies planas y q = 97,18 kg/m^2 sobre superficies curvas (según indicado en el apartado anterior)
- Sismo: Se considera sismo según NCSE-02, con un valor de aceleración sísmica básica de 0,22 y una K de 1,1, que es el máximo nivel que nos podemos encontrar en España. Se aplica la regla del 30%.
- Ruptura de cable: Se trata de una hipótesis cuyo valor es del mismo valor y dirección, pero de sentido contrario a uno de los tiros del cable (que se supone roto).

4.6.2 Datos de salida (resultados)

En el cálculo se analizan los siguientes aspectos:

- Se realiza un cálculo de primer orden.
- Vigas:
  - Yp: Pandeo se comprueba como intraslacional (ß=1,00)
  - Zp: Pandeo se comprueba como intraslacional
- Pilares:
  - Yp: Pandeo se comprueba como intraslacional (ß=1,00)
  - Zp: Pandeo se comprueba como intraslacional
- Diagonales:
  - Yp: Pandeo se comprueba como intraslacional (ß=1,00)
  - Zp: Pandeo se comprueba como intraslacional
- Esbeltez reducida máxima a compresión 2,50.
- Esbeltez reducida máxima a tracción 2,50.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Se comprueba pandeo Lateral (intervalos de comprobación cada 30 cm).
- Se comprueba abolladura del alma (intervalos de comprobación cada 30 cm).
- Se considera deformación por cortante.
- Comprobación tensiones del acero: Se comprueba que todas las ratios, correspondientes a cada una de las barras que conforman el pórtico son menores de la unidad (100%).
- Comprobación de las flechas: Se comprueban los valores de los elementos más desfavorables, es decir, aquellos donde la flecha y la contraflecha son de mayor valor.

  Para ello las flechas y contraflechas instantáneas por sobrecarga, correspondientes al soporte metálico, deben ser menores a L / 350, y las totales menores a L / 150.

  Cuando se trata de un nodo que no está apoyado, sino en voladizo, la longitud se multiplica por dos.
- Comprobación de los desplazamientos: Del mismo modo se analizan los elementos que están sometidos a mayor desplazamiento y giro en cada una de las tres direcciones del espacio. La comprobación consiste en confirmar que los desplazamientos horizontales, correspondientes al soporte metálico, son menores a H/250; y los verticales a 2·L/300.

4.7 SOPORTES DE LA APARAMENTA

4.7.1 Cargas

- Peso propio de la estructura: Densidad = 7.850 kg/m³
- Peso propio del cable y cadenas: En dirección descendente en el eje Y peso propio del equipo.
- Sobrecarga por mantenimiento: En dirección descendente en el eje Y 100 kg.
- Viento aplicado de forma continua en las caras, con un valor de q = 138,83 kg/m^2 sobre superficies planas y q = 97,18 kg/m^2 sobre superficies curvas (según indicado en el apartado anterior)
- Sismo: Se considera sismo según NCSE-02, con un valor de aceleración sísmica básica de 0,22 y una K de 1,1, que es el máximo nivel que nos podemos encontrar en España. Se aplica la regla del 30%.
- Carga electromecánica: En dirección positiva y negativa en el eje Z máxima resistencia de los aisladores en el embarrado.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4.7.2 Datos de salida (resultados)

En el cálculo se analizan los siguientes aspectos:

- Se realiza un cálculo de primer orden.
- Vigas:
  - Yp: Pandeo se comprueba como intraslacional (ß=1,00)
  - Zp: Pandeo se comprueba como intraslacional
- Pilares:
  - Yp: Pandeo se comprueba como intraslacional (ß=1,00)
  - Zp: Pandeo se comprueba como intraslacional
- Diagonales:
  - Yp: Pandeo se comprueba como intraslacional (ß=1,00)
  - Zp: Pandeo se comprueba como intraslacional
- Esbeltez reducida máxima a compresión 2,50.
- Esbeltez reducida máxima a tracción 2,50.
- Se comprueba pandeo lateral (intervalos de comprobación cada 30 cm).
- Se comprueba abolladura del alma (intervalos de comprobación cada 30 cm).
- Vanos y voladizos:
- Comprobación de flecha instantánea por sobrecarga: flecha relativa L / 350.
- Comprobación de flecha total: flecha relativa L / 150.
- Se considera deformación por cortante.
- Se comprueban desplazamientos horizontales máximos: H / 250.
- Se comprueban desplazamientos horizontales máximos: H / 250
- Comprobación tensiones del acero: Se comprueba que todos los ratios, correspondientes a cada una de las barras que conforman el pórtico son menores de la unidad (100%).
- Comprobación de las flechas: Se comprueban los valores de los elementos más desfavorables, es decir, aquellos donde la flecha y la contraflecha son de mayor valor.

  Para ello las flechas y contraflechas instantáneas por sobrecarga, correspondientes al soporte metálico, deben ser menores a L / 350, y las totales menores a L / 150.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Cuando se trata de un nodo que no está apoyado, sino en voladizo, la longitud se multiplica por dos.

- Comprobación de los desplazamientos: Del mismo modo se analizan los elementos que están sometidos a mayor desplazamiento y giro en cada una de las tres direcciones del espacio. La comprobación consiste en confirmar que los desplazamientos horizontales, correspondientes al soporte metálico, son menores a H/250; y los verticales a 2·L/300.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

5. CÁLCULO DE LAS CIMENTACIONES DE LA APARAMENTA

Por tratarse de una subestación normalizada por i-DE Redes Eléctricas Inteligentes las cimentaciones de la aparamenta están tabuladas, por lo que no se considera necesario incluir sus cálculos de forma específica en el presente proyecto.

Para su cálculo se tuvieron en cuenta las siguientes hipótesis de cálculo:

- Velocidad del viento
- Presión del viento sobre las superficies curvas
- Presión del viento sobre las superficies planas
- Peso del equipo
- Esfuerzos electrodinámicos sobre soportes unipolares.

Teniendo en cuenta estos esfuerzos, se asegura la estabilidad al vuelco en las peores condiciones y el coeficiente de seguridad mínimo obtenido es superior a 1,5.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVO PARQUE 132 kV
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
400/132 kV

ST MINGLANILLA

(CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA LA MANCHA)

ANEXO - 2

CAMPOS MAGNÉTICOS

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ÍNDICE

1. OBJETO 3
2. NORMATIVA VIGENTE 3
3. CRITERIOS DE APLICACIÓN 4
4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN 5
5. ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS 5
5.1 CRITERIOS Y CONSIDERACIONES 5
5.2 APLICACIÓN DE SUPERPOSICIÓN 6
6. RESULTADOS OBTENIDOS 6
6.1 Acometida 400 kV en subterráneo (1 líneas). 7
6.2 Pórtico 132 kV en aéreo (Entrada – Salida). 7
6.3 Acometida 132 kV simple circuito en aéreo. 8
7. CONCLUSIONES 8
8. PLANOS 9

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

1. OBJETO

El objeto de este anexo es el análisis de las emisiones magnéticas en el entorno exterior inmediato del nuevo parque 132 kV de la subestación eléctrica ST MINGLANILLA 400/132 kV.

El estudio comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que, por razón de la actividad de la subestación, puedan alcanzarse en dicho entorno, y su evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente en términos de límites técnicos en relación a las condiciones de protección a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria establecidas en dicha normativa.

Por otro lado, en el RD 337/2014 (Reglamento de Subestaciones) se indica que se deberá realzar cálculos para comprobar que no se supera el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001

2. NORMATIVA VIGENTE

- Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas (Aprobado por Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, B.O.E. núm. 234 de 29/09/2001).
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC - RAT 01 a 23 (Aprobado por Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, B.O.E. núm. 139 de 09/06/2014).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

3. CRITERIOS DE APLICACIÓN

En el RD 1066/2001, se han establecido en el punto 3.1 Niveles de Campo, los niveles de referencia para campos eléctricos y magnéticos, según cuadro adjunto.

3.1 Niveles de campo.

CUADRO 2

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

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m²)
0-1 Hz	–	$3{,}2 \times 10^4$	4×10^4	
1-8 Hz	10.000	$3{,}2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	4.000/f	5.000/f	
0,025-0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	–
0,8-3 kHz	250/f	5	6,25	–
3-150 kHz	87	5	6,25	–
0,15-1 MHz	87	0,73/f	0,92/f	–
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	0,73/f	0,92/f	–
10-400 MHz	28	0,73/f	0,092	2
400-2.000 MHz	$1{,}375\, f^{1/2}$	$0{,}0037\, f^{1/2}$	$0{,}0046\, f^{1/2}$	f/200
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

RD 1066/2001

Niveles de Referencia:

Rango de Frecuencia	Campo B
0,025-0,8 kHz	5/f (μT)

Por lo tanto, $\frac{5}{f} = \frac{5}{0{,}05kHz} = 100\,\mu T$ (Nivel de Referencia)

Para el campo magnético generado a la frecuencia industrial de 50 Hz, el nivel de referencia establecido es 100 microteslas (100 μT).

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

El nuevo parque 132 kV y su transformación de la ST MINGLANILLA 400/132 kV tiene todos los equipos eléctricos relativos a todos los sistemas instalados en intemperie.

De acuerdo con el Real Decreto 1066/2001 en el que se aconseja tomar medidas que limitan las radiaciones de campo eléctrico y magnético, describimos aquellos criterios que i-DE Redes Eléctricas Inteligentes ha tomado para minimizar la emisión de campos electromagnéticos y poder así cumplir los límites establecidos en el mismo.

- Los cables subterráneos que poseen una pantalla metálica atenúan el campo eléctrico. Además, si son distribuidos en ternas, de tal forma que se compensa el campo magnético que genera cada cable, lo que supone un eficaz método de reducir las emisiones magnéticas.
- Los transformadores de potencia se encuentran en intemperie separados una distancia prudencial del cerramiento minimizando de esta forma las emisiones al exterior.
- Zanjas y atarjeas de cables se diseñan retranqueadas del cerramiento para minimizar las emisiones de campo magnéticos de las mismas.
- Las acometidas de cables de MAT se encuentran distribuidas en diferentes puntos como medida de limitar el valor máximo de campo magnético.

5. ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Se ha realizado un análisis y estudio de la emisión magnética producida por cada uno de los equipos eléctricos que constituyen el nuevo parque de intemperie de ST MINGLANILLA a través del programa simulación de campos magnéticos Oersted Versión 9.2 (de la empresa Integrated Engineering Software).

Los resultados obtenidos a través de la simulación informática son corroborados por las mediciones y muestras de campo magnético realizadas en otras instalaciones de características similares o en funcionamiento por todo el territorio nacional.

5.1 CRITERIOS Y CONSIDERACIONES

El estudio se realiza para los requerimientos de campos fuera de los límites de la subestación, por lo que no se darán valores de campo interiores, por ser zona privada e inaccesible al público.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Únicamente se consideran como fuentes de campo magnéticos los equipos y cables eléctricos existentes en el interior del cerramiento, no así los tramos de cable que pudiera haber en el exterior del cerramiento y otros equipos eléctricos ajenos a la subestación que pudiera haber en el exterior.

Para realizar el estudio, se ha considerado con un grado de carga del 100% en cada uno de los principales equipos (transformadores, líneas,..), para considerar una situación en la que se presentaría el mayor grado de emisión de campos.

Una vez conocidos los valores genéricos de campo magnético de cada uno de los elementos potencialmente generadores del mismo, mediante estudios realizados para el fin, se estipula los valores reales teniendo en cuenta la superposición de los mismos. Los valores obtenidos se representan en el plano incluido en el documento nº 4 “Planos” que muestra en planta el contorno exterior de la parcela de la subestación.

5.2 APLICACIÓN DE SUPERPOSICIÓN

Con la finalidad de conocer el valor real del campo magnético generado por el conjunto de dos o más elementos, hay que aplicar la superposición, es decir, aplicar el concepto de que el campo magnético existente en un punto, es la suma del campo magnético generado por cada una de las fuentes de campo magnético en ese preciso punto.

Hay que considerar que el campo magnético es una magnitud vectorial, por lo que la suma a realizar en citados puntos es vectorial.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se muestran los resultados del campo magnético generado por las principales fuentes de campo magnético de la subestación transformadora:

Las simulaciones y mediciones manifiestan un máximo nivel de campo magnético de 28 µT en el contorno de la subestación originados por la línea subterránea de 400 kV. Estos niveles de campo disminuyen a medida que nos alejamos de la subestación, de tal forma que a 20 metros de la instalación estos niveles descienden a 2 µT, a 35 metros desciende a 1 µT y a 70 metros los valores de campo magnético son inferiores a 0,3 µT, todos ellos originados por las líneas 132 kV que hacen entrada en aéreo hasta sus respectivos pórticos de llegada.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

6.1 Acometida 400 kV en subterráneo (1 líneas).

Tenemos un pico de **28 µT** sobre la línea y a 1m de altura sobre el suelo:

- A 11 m separado de la proyección en planta de la línea..... **1 µT**
- A 21 m separado de la proyección en planta de la línea..... **0,3 µT**
- A 36 m separado de la proyección en planta de la línea..... **0,1 µT**

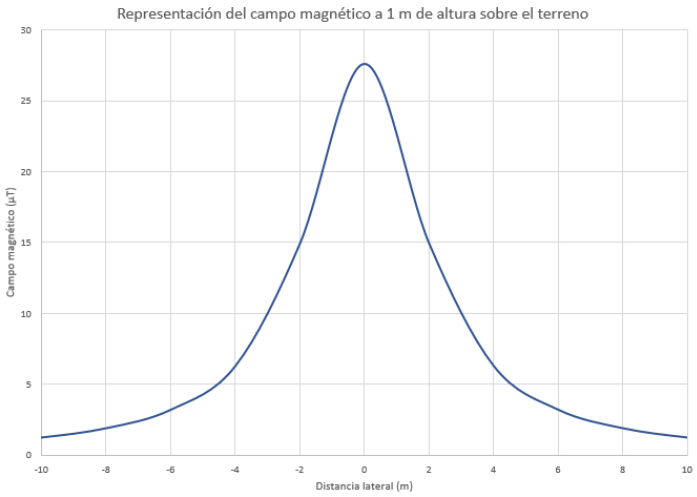


Ilustración 1. Acometida 400 kV en subterráneo

6.2 Pórtico 132 kV en aéreo (Entrada – Salida).

Tenemos un pico de **17 µT** bajo el pórtico y a 1m de altura sobre el suelo:

- A 15 m separado de la proyección en planta de la línea..... **3 µT**
- A 22 m separado de la proyección en planta de la línea..... **1 µT**
- A 33 m separado de la proyección en planta de la línea..... **0,3 µT**

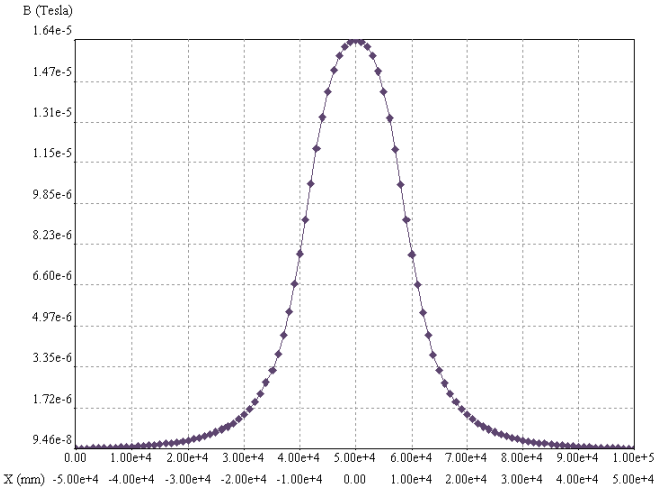


Ilustración 2. Pórtico 132 kV en aéreo (entrada – salida)

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

6.3 Acometida 132 kV simple circuito en aéreo.

Para acometidas de una línea de flujo de carga entrante (o saliente si es una ST), nos da un valor como el siguiente:

Tenemos un pico de **3,5 µT** bajo la línea y a 1m de altura sobre el suelo:

- A 20 m separado de la proyección en planta de la línea…… **2 µT**
- A 35 m separado de la proyección en planta de la línea…… **1 µT**
- A 70 m separado de la proyección en planta de la línea…… **0,3 µT**

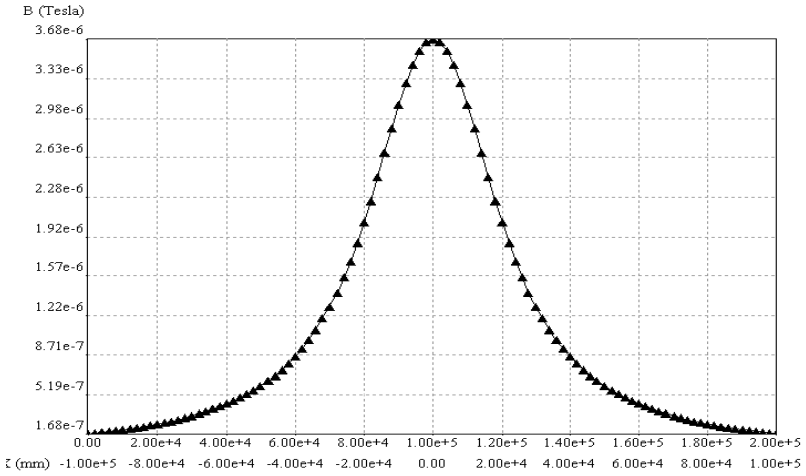


Ilustración 3. Acometida 132 kV en aéreo

El resto de fuentes de campo magnético como el aparellaje, no es simulado dado que los valores de emisión en el exterior son despreciables. En cuanto a los edificios de control y centro de transformación compacto: alberga en sus distintas dependencias equipos de baja tensión de control, y las celdas, por lo que las intensidades existentes por estos equipos son bajas, luego igualmente son bajos los campos magnéticos generados y se consideran despreciables frente a los descritos en el apartado anterior.

7. CONCLUSIONES

Como conclusión sobre los análisis realizados en cuanto a la actividad del nuevo parque de intemperie de la ST MINGLANILLA en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, los límites de radiación emitidos están muy por debajo de los límites técnicos establecidos en la normativa vigente, documentación enumerada en el apartado 2 “Normativa Vigente”.

Por consecuencia, se puede decir que las medidas correctoras tomadas en el diseño de la instalación y enumeradas en el apartado 4 “Características de la instalación” son suficientes para cumplir la normativa nacional e internacional de emisiones magnéticas.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

8. PLANOS

En el documento nº 4 “Planos”, de este proyecto, se incluye un plano con la representación de las líneas de campo magnético originadas en las proximidades de la subestación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVO PARQUE 132 kV
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
400/132 kV

ST MINGLANILLA

(CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA LA MANCHA)

ANEXO - 3

SISTEMA DE ALUMBRADO Y FUERZA

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ÍNDICE

1. OBJETO 3
2. ALUMBRADO Y FUERZA INTERIOR EDIFICIOS 3
2.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO 3
2.2 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO 3
2.3 INSTALACIÓN DE FUERZA 4
2.4 CABLES Y CONEXIONADO 4
3. ALUMBRADO EXTERIOR 4
4. PLANOS 5

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

1. OBJETO

El presente anexo tiene como objeto describir el sistema de alumbrado y fuerza proyectado para el nuevo parque 132 kV de la ST MINGLANILLA 400/132 kV.

La tensión de alimentación será de (3∅ + N) 400/230 Vca. y 50 Hz.

2. ALUMBRADO Y FUERZA INTERIOR EDIFICIOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La instalación cuenta con los siguientes edificios:

- Un (1) Edificio de Control y Comunicaciones conformado por las siguientes estancias:
  - Sala de control.
  - Sala de comunicaciones (dependencia integrada en la sala de control).
- Un (1) Edificio de Centro de Transformación Compacto de Superficie y maniobra exterior, objeto de proyecto independiente.

En la sala de control se instalarán los cuadros de alumbrado y fuerza, desde donde se distribuirán las conexiones eléctricas para las distintas zonas del edificio.

2.2 INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

Con el fin de definir el sistema adecuado de alumbrado, se establecen los siguientes niveles lumínicos en función de cada una de las salas:

- Sala de control y comunicaciones: 500 lux.
- Salas de celdas: 200 lux.

El sistema de iluminación de interior para el edificio se compone de:

- Alumbrado general mediante pantallas o proyectores tipo LED, en función de las necesidades de cada sala. Su ubicación y número será el resultante del cálculo luminotécnico.
- Alumbrado de emergencia de identificación de puertas de salida y vías de escape mediante equipos autónomos. Estos elementos, ante la falta de alimentación, se encenderán automáticamente.

La alimentación se realizará mediante c.a., procedente del cuadro de distribución de alumbrado y fuerza, por medio de circuitos protegidos con interruptores magnetotérmicos y relé diferencial.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

2.3 INSTALACIÓN DE FUERZA

Se van a instalar los siguientes elementos:

El sistema de fuerza en el interior del edificio de control se compone de:

- En la sala control: dos (2) cuadro protegido IP-44 conteniendo una toma de corriente de 2P+T-16 A 230 V, una toma de corriente de 3P+T-16 A 400 V con protecciones magnetotérmicas 2P-16 A y 3P-16 A curva C de 6 kA.
- En sala de comunicaciones: un (1) cuadro protegido IP-44 conteniendo una toma de corriente de 2P+T-16 A 230 V, una toma de corriente de 3P+T-16 400 V con protecciones magnetotérmicas 2P-16 A y 3P-16 A curva C de 6 kA.
- En falso suelo de la sala de control se instalará un (1) punto ofimático con dos enchufes tipo schuko, toma de teléfono y de datos.

2.4 CABLES Y CONEXIONADO

Las instalaciones de alumbrado y fuerza se completan con el cableado, conexionado, cajas de derivación incluyendo bornas, molduras o canalizaciones para cuatro canales con tabiques separadores y molduras simples de derivación.

El cableado responderá a las siguientes características:

- Tensión máxima de servicio .....750 V
- Sección mínima .....2,5 mm^2

y garantizará una caída de tensión inferior al 3% en los circuitos de alumbrado y del 5 % en los circuitos de fuerza, según establece el R.E.B.T, Real Decreto 842/2002.

3. ALUMBRADO EXTERIOR

El recinto correspondiente al parque de intemperie, acceso y exteriores del edificio, irán dotados de iluminación normal adoptando criterios de uniformidad y evitando los deslumbramientos hacia el exterior, habiéndose adoptado los tipos de proyectores y farolas considerados más idóneos.

Con el fin de definir el sistema adecuado de alumbrado, se establecen los siguientes niveles lumínicos en función de la zona de la instalación:

- Parque: 20 lux.
- Vial principal de acceso: 50 lux.
- Perímetro: 5 lux.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

El sistema de iluminación de exterior se compone de:

- Alumbrado general del parque de intemperie, mediante proyectores de aluminio anodizado, cerrados, que alojarán lámparas tipo LED de 120 W, colocados sobre columnas telescópicas de acero galvanizado a 3 m de altura.
- Alumbrado del vial principal de acceso y perimetral mediante luminarias tipo Led de 45,50 W, colocados sobre columnas telescópicas de acero galvanizado a 3,3 m de altura. Las columnas se dispondrán junto al cerramiento cada 15 - 25 m. Este alumbrado se considera de tipo ornamental.
- Alumbrado exterior del edificio sobre la puerta de acceso y cartel, mediante plafones de aplique con lámparas tipo Led de 31 W para la iluminación de la puerta, zona de plataforma y valla informativa. Este alumbrado se considera de tipo ornamental.
- Alumbrado de la puerta de acceso de la subestación mediante dos luminarias tipo Led de 45,50 W. Este alumbrado se considera de tipo ornamental.
- Alumbrado de emergencia compuesto por luminarias adicionales que se instalarán en el mismo báculo o soporte del alumbrado general.

El encendido del alumbrado definido como de tipo ornamental funcionará en manual o en automático, incorporándose un reloj astronómico que controlará el encendido – apagado en automático. Este es el alumbrado que se considera necesario para el acceso a la instalación.

El alumbrado del parque de intemperie permanecerá en condiciones normales apagado a efectos de reducir la contaminación lumínica. Se encenderá con la acción voluntaria de un operador actuando en el cuadro de distribución de alumbrado ubicado en la sala de control.

El alumbrado de emergencia, compuesto por unidades autónomas que se incorporan en los soportes, se encenderá de forma automática ante falta de c.a. a efectos de señalizar vías de escape y tendrá una autonomía mínima de una hora.

La alimentación se realizará mediante c.a., procedente del cuadro de distribución de alumbrado y fuerza, por medio de circuitos protegidos con interruptores magnetotérmicos y relé diferencial.

4. PLANOS

Los planos de las instalaciones de alumbrado y fuerza se encuentran en el documento nº 4 “Planos”.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVO PARQUE 132 kV
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
400/132 kV

ST MINGLANILLA

(CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA LA MANCHA)

ANEXO - 4

VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ÍNDICE

1. OBJETO 3
2. EDIFICIOS 3
3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN 3
3.1 EDIFICIO DE CONTROL Y COMUNICACIONES 3
4. PLANOS 4

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

1. OBJETO

El presente anexo tiene como objeto definir los requisitos técnicos y realizar la descripción del sistema de ventilación y climatización, así como de los equipos a instalar en los edificios del parque exterior 132 kV de la ST MINGLANILLA, con el fin de mantener unas condiciones ambientales óptimas para el correcto funcionamiento de los equipos instalados.

2. EDIFICIOS

La instalación cuenta con los siguientes edificios:

- Un (1) Edificio de Control conformado por las siguientes estancias:
  - Sala de control.
  - Sala de comunicaciones (dependencia integrada en la sala de control).
- Un (1) CT-SSAA (no transitable, de maniobra exterior), objeto de proyecto independiente.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

A continuación, se definen las características generales de cada sistema de ventilación y climatización instalado en cada una de las salas del edificio.

3.1 EDIFICIO DE CONTROL Y COMUNICACIONES

Dado que el edificio de control y comunicaciones aloja equipos electrónicos y así mismo actúa como edificio central de la subestación para el personal, por motivos de su trabajo normal de operación local y mantenimiento, es necesario climatizarlo para mantener en ella una temperatura adecuada.

Para la climatización de la sala de control se instalarán dos (2) unidades de aire acondicionado mural, sistema Split, tipo partido, con bomba de calor aire-aire, gama súper inverter con refrigerante R410A, con capacidad de refrigeración de 5,0 kW y capacidad de calefacción de 7,0 kW.

Para la climatización de la sala de comunicaciones se instalará una (1) unidad de aire acondicionado mural, sistema Split, tipo partido, con bomba de calor aire-aire, gama súper inverter con refrigerante R410A, con capacidad de refrigeración de 5,0 kW y capacidad de calefacción de 7,0 kW.

Las unidades compensarán las pérdidas térmicas de los equipos de la sala de control y sala de

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

telecomunicaciones enfriando en verano y calentando en invierno, con funcionamiento regulado por termostato.

Así mismo se incorporará en la sala de control, próximo a la ubicación a los equipos cargador – batería, una ventilación forzada mediante un extractor de arranque manual para la extracción de los gases producidos durante operaciones de carga excepcional de estos equipos en fase de mantenimiento. Durante el funcionamiento normal de los equipos cargador – batería en régimen de flotación se considera la ventilación natural que también incorpora la sala.

4. PLANOS

Los planos de las instalaciones de ventilación y climatización del edificio se encuentran en el documento nº 4 “Planos”.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVO PARQUE 132 kV
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
400/132 kV

ST MINGLANILLA

(CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA LA MANCHA)

ANEXO - 5

SISTEMA CONTRAINCENDIOS

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ÍNDICE

1. REGLAMENTACIÓN 3
2. MEDIDAS ADOPTADAS 4
2.1 SECTORIZACIÓN 4
2.2 EXIGENCIA DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE LOS MATERIALES 4
2.3 EXIGENCIA DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE ELEMENTOS PORTANTES 4
2.4 RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CERRAMIENTO 5
2.5 EVACUACIÓN 5
2.6 VENTILACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HUMOS Y GASES 5
2.7 INSTALACIONES TÉCNICAS DE SERVICIOS 6
3. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES 6
4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS 6
4.1 GENERALES 6
4.2 DESCRIPCIÓN SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS 7
4.3 RED ELECTRICA DE CONEXIÓN 8
4.4 MEDIOS COMPLEMENTARIOS DE EXTINCIÓN 8
5. SISTEMA ALUMBRADO DE EMERGENCIA 9
6. SEÑALIZACIÓN 9
7. PLANOS 9

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

1. REGLAMENTACIÓN

La instalación del sistema contraincendios adoptado para el nuevo parque 132 kV de la ST MINGLANILLA es diseñado y construido de acuerdo con todas las normas, reglas técnicas y reglamentos (aplicados en su última edición) que son de obligado cumplimiento:

- Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI) (Aprobado por Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, B.O.E. núm. 139 de 12/06/2017).
- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI) (Aprobado por Real Decreto 164/2025 de 4 de marzo, B.O.E. núm. 87 de 10/04/2025).
- Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias (Aprobado por Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, B.O.E. núm. 243 de 11/10/2021).
- Código Técnico de la Edificación (CTE) (Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, B.O.E. núm. 74 de 28/03/2006).
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC - RAT 01 a 23 (Aprobado por Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, B.O.E. núm. 139 de 09/06/2014).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51 (Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, B.O.E. núm. 224 de 18/09/2002).
- Disposiciones de aplicación de la Directiva 2014/68/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre la comercialización de equipos a presión.
- Normas UNE que sean de aplicación.
- Reglas Técnicas CEPREVEN que se citan.

En particular se debe tener en cuenta los reglamentos o normativa que sean de aplicación emitidos por la Comunidad de Castilla-La Mancha y el Ayuntamiento de Minglanilla.

En cualquier caso, el cumplimiento con las reglamentaciones nacionales o locales será siempre una condición obligatoria.

Las instalaciones eléctricas asociadas al sistema deberán diseñarse y construirse de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de BT y los materiales y equipos deberán responder a las normas UNE, o en su defecto, CEI aplicables.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Este sistema contra Incendios será objeto de un Proyecto Parcial Específico debidamente visado, a desarrollar por el adjudicatario del mismo.

2. MEDIDAS ADOPTADAS

2.1 SECTORIZACIÓN

Según el Anexo II del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, se permite establecer la superficie total del edificio como sector de incendio, pero en cumplimiento de la Instrucción Técnica Complementaria ITC - RAT 14 del "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión" se va a realizar una sectorización que aísle cada sala de forma independiente, evitando la propagación de la llama entre sectores.

De esta forma se obtienen sectores de incendio diferentes: sala de control / sala de comunicaciones, sectores que se caracterizan por un riesgo de incendio bajo dado el tipo de materiales que contienen y su ocupación.

2.2 EXIGENCIA DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE LOS MATERIALES

El grado de reacción al fuego de los revestimientos del techo y paredes y suelos cumplirá con lo establecido en la normativa, BFL-s2 o más favorable en suelos y clase C-s3d0, o más favorable, en paredes y techos. De todos modos, los productos de construcción pétreos cerámicos y metálicos, así como los morteros, hormigones o yesos empleados están considerados de clase A1.

Respecto a los productos situados en falsos suelos, todos los cables utilizados son no propagadores de incendio y con emisión de humo y opacidad reducida.

2.3 EXIGENCIA DE COMPORTAMIENTO AL FUEGO DE ELEMENTOS PORTANTES

Para una instalación de las características del nuevo parque 132 kV de la ST MINGLANILLA, la reglamentación vigente establece una estabilidad al fuego R 30 (EF-30) para plantas sobre rasante.

I-DE Redes Eléctricas Inteligentes exige para la estructura de sus edificios una estabilidad al fuego R 120 (EF-120), muy superior a la exigida por la norma.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

2.4 RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CERRAMIENTO

Para todos los cerramientos o delimitadores la norma exige un comportamiento ante el fuego no inferior a la estabilidad al fuego de la estructura de su zona de incendio. Esto supone exigir R 60 (EF-60) en sótanos y R 30 (EF-30) en plantas sobre rasante.

Para todas las salas anteriormente descritas, los elementos compartimentadores de estas salas deben alcanzar una resistencia al fuego de 120 minutos.

Los huecos de paso de cables entre salas quedarán sellados adecuadamente mediante una barrera para alcanzar un grado de resistencia de 120 minutos.

Todas las puertas peatonales de paso entre sectores tendrán una resistencia al fuego EI2 90 (RF-90) muy superior a la exigida en la norma. Todos los huecos que comuniquen sectores de incendio con otros sectores estarán obturados para mantener la misma resistencia al fuego del sector de incendio.

2.5 EVACUACIÓN

No son exigibles medidas de evacuación especiales por cuanto que la subestación transformadora se opera por telemando desde el Centro Regional de Operación correspondiente y la presencia de personal de forma continuada es nula.

De todos modos, la evacuación debe satisfacer lo indicado en el anexo II, puntos 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5, del RSCIEI y la sección SI-3 del documento básico DB-SI del CTE.

Debe tenerse particularmente presente lo indicado en el anexo II, punto 6.3, del RSCIEI acerca de las distancias máximas de los recorridos de evacuación, que prevalecen sobre lo establecido por el CTE. Por las características del nuevo parque 132 kV de la ST MINGLANILLA y contando con una ocupación inferior a 25 personas, la longitud del recorrido de evacuación no debe ser mayor de 50 m, sea cual sea el número de salidas.

2.6 VENTILACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HUMOS Y GASES

No es necesario implementar un sistema de evacuación de humos.

Se utilizarán el extractor existente en la sala de control para, en funcionamiento manual, facilitar la evacuación de humos y gases en caso de necesidad.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

2.7 INSTALACIONES TÉCNICAS DE SERVICIOS

En lo referente a los cables de potencia de media y alta tensión serán de tipo “AS” o Alta Seguridad por su mayor resistencia al fuego, sin emisión de halógenos y con emisión de humo y opacidad reducida.

Los cables de control deberán ser no propagadores de llama, sin emisión de halógenos y con emisión de humo y opacidad reducida. Se aplicará a modo de cortafuegos, aproximadamente cada 3 m y en los cruces de las bandejas de cables, una longitud de 1 m de pintura intumescente, logrando un grado de resistencia al fuego de 90 minutos.

A ambos lados de los pasamuros o pasos de cables entre salas (sectores de incendio), incluidos los pasos verticales de los cables de potencia entre las celdas de partición y unión que conectan distintos módulos, se aplicará una longitud de 1 m de pintura intumescente.

3. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES

Según el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, en su artículo 14, todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios, así como el diseño, ejecución, puesta en funcionamiento y mantenimiento de sus instalaciones deben cumplir lo preceptuado en el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios (RIPCI).

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

4.1 GENERALES

La instalación de detección y alarma de incendios se ajustará a lo indicado en la EN54 “Sistemas de Alarma y Detección de Incendios” y en la Regla Técnica CEPREVEN RT3-DET.

Se deberá cumplir con lo indicado en el Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva 89/106/CEE del Consejo.

El sistema de detección y alarma de incendios deberá cubrir todas las dependencias en que está dividido el edificio, incluido el falso suelo y teniendo en cuenta la configuración de los mismos por existencia de vigas que formen alveolos, y controlará los elementos de control y actuación del sistema de extinción previsto para la subestación.

El sistema de protección contra incendios a instalar estará constituido por los siguientes elementos:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Sistema de detección y alarma de incendios.
- Red eléctrica de interconexión.
- Medios complementarios de extinción.

Los cálculos, definición de equipos y diseño definitivo del sistema, serán desarrollados por la empresa instaladora mediante el correspondiente proyecto visado para la instalación.

4.2 DESCRIPCIÓN SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS

El sistema de detección y alarma de incendios estará compuesto por los siguientes equipos:

Centralita de Incendio (Central Maestra):

El sistema contará con una central maestra para el mando y señalización del sistema. Se instalará en la sala control del edificio.

La central llevará incorporada una batería de corriente continua a 24 Vcc con cargador automático que permitirá la continuidad de la alimentación de forma automática, en caso de fallo de la red, durante 72 horas en reposo y 30 minutos en alarma.

Desde esta central se transmitirán las señales de alarma de fuego, activación del sistema de detección y alarma de incendios, y defecto del sistema de protección contra incendios.

Detectores:

En las distintas dependencias del edificio se instalarán detectores de las características que se indican a continuación, siendo la señal de dos detectores de la misma sala la que activará la alarma de incendios en la central de señalización y mando:

- Sala de control y comunicaciones: detectores ópticos.

Sistema manual de alarmas de incendios:

En las distintas dependencias de los edificios, se instalarán pulsadores de alarma, situados en lugares fácilmente accesibles y señalizados con carteles indicadores con anagrama, texto y borde fotoluminiscente. Esta alarma es de carácter telemandada al centro regional de operaciones de Iberdrola.

Medios de alarma acústicos:

Se dispondrá de un sistema de alarmas acústicas en las zonas vigiladas por el sistema de detección que se activarán automáticamente al detectarse un incendio.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Armario Señales:

Armario de interconexión del sistema de protección contraincendios con el resto de sistemas de la subestación: antiintrusos, ventilación, telecontrol etc...

4.3 RED ELECTRICA DE CONEXIÓN

El cableado de interconexión entre la central de señalización y mando y los diferentes elementos externos (detectores, pulsadores de alarma, etc.) se realizará con conductores resistentes al fuego que superen los requisitos exigidos por las normas CEI 331, UNE 20 432 y UNE 20 432-1. El tendido de los cables se realizará bajo canaleta.

En el armario de señales se instalarán módulos de control y monitores para las interconexiones con los demás sistemas de la subestación: control, sistema ventilación y sistema vigilancia.

4.4 MEDIOS COMPLEMENTARIOS DE EXTINCIÓN

Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de la subestación.

Los extintores y su agente extintor serán seleccionados e instalados de acuerdo con lo indicado en el apéndice I del RIPCI y en el anexo III, punto 8, del RSCIEI.

El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15 m.

El número de extintores en cada una de las salas del edificio vendrá determinado por las dimensiones de las mismas.

La dotación mínima prevista para la instalación será de:

- Edificio de Control y Comunicaciones:
    - Sala de control: un (1) extintor de CO2 de 5 kg (Eficacia 89B).
    - Sala de comunicaciones: un (1) extintor de CO2 de 5 kg (Eficacia 89B).
- Parque Intemperie: Un extintor móvil sobre ruedas de polvo seco ABC 50 kg (eficacia 233B) por cada transformador, situados a una distancia máxima de 15 m de los transformadores.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

5. SISTEMA ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Se instalará un sistema de alumbrado de emergencia en todos los sectores de incendio de la subestación, que se encargará de proporcionar la visibilidad necesaria para una correcta evacuación del personal en situación de emergencia.

6. SEÑALIZACIÓN

Todas las salidas de uso habitual o de emergencia y los medios manuales de protección contra incendios deben quedar perfectamente señalizados. Por ello, se señalizarán las salidas y todos los extintores con carteles de poliestireno con anagrama, texto y borde fotoluminiscente.

Su colocación será la adecuada (altura y situación) para que su visión sea correcta ante cualquier tipo de alumbrado, ya sea normal o de emergencia. La eficacia de las señales está garantizada por la clasificación y calificación exigidas en la norma UNE 23.035-1 y 4, en lo que se refiere a la propia señal y a la condición de fotoluminiscencia.

7. PLANOS

En el documento nº 4 “Planos” se incluye plano de detalle orientativo de los sistemas de protección contraincendios a instalar.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVO PARQUE 132 kV
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
400/132 kV

ST MINGLANILLA

(CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA LA MANCHA)

ANEXO - 6

OBRA CIVIL

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ÍNDICE

1. EXPLANACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO 3
2. ACCESOS Y VIALES INTERIORES 3
3. CERRAMIENTO PERIMETRAL Y PUERTA DE ACCESO 5
4. EDIFICIOS 6
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL 6
4.2 EDIFICIO DE SISTEMAS Y CONTROL 6
4.2.1 Descripción del edificio de sistemas y control 6
4.2.2 Descripción de las salas del edificio de sistemas y control 8
4.2.3 Características generales de los edificios 8
5. INSTALACIÓN DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA 9
6. BANCADA DE TRANSFORMADOR 9
7. SISTEMA PREVENTIVO CONTENCIÓN FUGAS DE DIELÉCTRICO 9
8. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS 10
9. SISTEMA DE DRENAJE 10
10. CIMENTACIONES 11
11. TERMINADO DEL PARQUE 11

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

1. EXPLANACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Se proyecta la ejecución de la explanación y acondicionamiento del terreno a un único nivel a la cota aproximada de proyecto **+796,30 m**, llevándose a cabo el desbroce y retirada de la capa vegetal, que se acopiará en obra para su extendido final en las zonas libres exteriores a la explanada, procediéndose posteriormente a la realización de los trabajos de excavación y relleno compactado en las correspondientes zonas hasta la referida cota de explanación.

La transición de la explanada con el terreno natural se resolverá mediante taludes.

Para la ejecución de esta fase es necesario realizar un acceso provisional para facilitar la entrada y salida de la maquinaria que sea necesario utilizar para el movimiento de tierras.

El recinto interior irá acabado con una capa de grava de 10 cm de espesor, por lo que la cota de terminado del parque quedará a la **+796,40 m**, 10 cm por encima de la cota de explanación indicada.

También se prevé la realización de un encachado de unos 15 cm., en todas las dependencias de los edificios sobre el terreno compactado.

La malla de puesta a tierra quedará enterrada a 0,60 m de profundidad sobre la cota de explanación. Con carácter general, la malla de tierra se cubrirá hasta alcanzar la cota de explanación con zahorras seleccionadas naturales o artificiales debidamente compactadas al 95% del ensayo proctor modificado según PG-3.

Para los trabajos a realizar en este apartado se seguirán las recomendaciones del estudio geotécnico.

2. ACCESOS Y VIALES INTERIORES

El acceso al nuevo parque 132 kV de la subestación se realizará desde la autovía A-3 a la altura de la salida 242 (Minglanilla/Cuenca). Desde esta salida, se accede a la carretera CM-211, que continuando por la misma se llega a la salida de la N-III (Minglanilla/Valencia); siguiendo la dirección de Minglanilla a la altura aprox. del km 228, se coge el camino de tierra a la izquierda, que continuándolo y tras cruzar bajo la autovía A-3, se gira hacia la izquierda para finalmente a unos 280 metros realizar un último giro a la derecha quedando la parcela de la ST a unos 500 m.

Para permitir el acceso del transformador de potencia al nuevo parque de 132 kV, se llevarán a cabo trabajos de mejora y adecuación de los caminos existentes. Estas actuaciones incluirán labores de limpieza, desbroce, reducción de rasante, ampliación y compactación; así como

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

aquellas intervenciones necesarias para garantizar la transitabilidad y seguridad durante el transporte.

El acceso a la subestación se realizará desde el entronque con el camino existente que bordea la ST Minglanilla REE 400/132 kV, hasta la puerta de la subestación, mediante un tramo de vial exterior de acceso de nueva construcción de firme a base de una doble capa de 20 cm de zahorras compactadas, rematado con una capa de aglomerado bituminoso de 8 cm. Tendrá una anchura de asfaltado de 4 m y una cuneta de hormigón en ambos laterales para un correcto drenaje en situaciones de lluvia.

En su ejecución se tendrán en cuenta las pendientes y radios de curvatura adecuados para permitir la circulación de los transportes pesados de equipos y materiales, especialmente los transformadores de potencia:

- Pendiente máxima del 10%.
- Radio de curvatura interior mínimo de 10 m.
- Prever acuerdos adecuados para los diferentes cambios de pendientes en los caminos de acceso exteriores a la subestación. El peor caso es el cambio de rasante entre un tramo inclinado y uno horizontal, que podría ocasionar una colisión entre los bajos del transporte (parte delantera o caja/parte central) y la calzada.

Se construirán los viales interiores necesarios para permitir el acceso de los vehículos de transporte y mantenimiento requeridos para el montaje y conservación de los elementos de la Subestación. En concreto:

- Vial principal hormigonado, con mallazo, de 5,00 m de anchura mínima, para permitir la circulación de vehículos pesados hasta las bancadas de los transformadores y hasta las edificaciones.

  Los viales principales estarán delimitados con bordillo prefabricado.

- Viales de acceso de vehículos de mantenimiento a las posiciones del parque, de 3,00 m de anchura mínima, no hormigonados pero reafirmados con zahorras y cubiertos con una capa superficial de grava de 10 cm.

  Los viales de mantenimiento estarán balizados con balizas de polietileno de color rojo, de 50 cm de altura libre y 10 cm de diámetro, distanciados aprox. 10 m, según necesidades y reduciendo la distancia en las zonas curvas y zonas de proximidad en tensión.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Asimismo, se ejecutará un vial que permitirá la conexión entre el parque existente de 400 kV de REE y el nuevo parque de 132 kV. Se tratará de un vial de mantenimiento, que garantizará la continuidad y funcionalidad de los accesos entre ambas instalaciones.

Como consecuencia de la construcción del nuevo vial de mantenimiento y conexión entre ambos parques, el trazado del camino vecinal existente se verá afectado, quedando interrumpido. Por este motivo, se ha previsto un nuevo trazado que permita la restitución del tráfico de vehículos a las parcelas afectadas. El nuevo recorrido alternativo bordeará el nuevo parque por su lado este, tendrá origen en la salida del paso a nivel con la plataforma del tren de alta velocidad de ADIF al sur de la plataforma y enlazará nuevamente con el camino existente a la altura del vial de acceso al parque 132 kV, manteniendo así la funcionalidad de la red de caminos existente. Este nuevo tramo de camino se ejecutará con unas características geométricas y constructivas similares a las del camino original.

3. CERRAMIENTO PERIMETRAL Y PUERTA DE ACCESO

El cerramiento que delimitará el terreno destinado a alojar la Subestación estará formado por una malla metálica fijada sobre postes metálicos de 48,3 mm de diámetro, colocados cada 2,50 m. La sujeción de los postes al suelo se realizará mediante dados de hormigón, rematándose el espacio entre dados con un bordillo prefabricado. En la parte superior se rematará con alambre espinoso orientado hacia el interior de la subestación. El cerramiento así constituido tendrá una altura de 2,30 m sobre el terreno, cumpliendo la mínima reglamentaria establecida de 2,20 m.

Se dotará de una puerta principal de acceso a la subestación que constará de dos hojas metálicas giratorias, con un ancho total de 6,00 m. Adosada a ésta, existirá una puerta de acceso de personal, también metálica, y de 1,00 m de ancho.

También se dotará de una puerta que sirva de acceso entre el parque existente de 400 kV y el nuevo parque 132 kV, que constará de dos hojas metálicas giratorias, con un ancho total de 6,00 m. Adosada a ésta, existirá una puerta de acceso de personal, también metálica, y de 1,00 m de ancho.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4. EDIFICIOS

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El nuevo parque 132 kV de la ST Minglanilla, va a contar con un (1) edificio, con las siguientes funcionalidades:

- Control y comunicaciones – 158,4 m^2 correspondientes a un (1) edificio prefabricado de tipo panelable con dos estancias separadas mediante puerta y destinadas a:
    - Control – 124,30 m^2 útiles correspondientes a una (1) sala.
    - Comunicaciones – 21,76 m^2 útiles correspondientes a una (1) sala.

El edificio será prefabricado de hormigón, de una sola planta y de escasa entidad. Esto unido al hecho de que la instalación se explotará en régimen abandonado (y por tanto, sin personal permanentemente), hace que no sea necesario Proyecto Constructivo asociado a esta tipología de edificios.

La disposición y dimensiones del edificio en planta, sección y alzado, están definidas en los planos incluidos en el documento nº 4 “Planos”.

4.2 EDIFICIO DE SISTEMAS Y CONTROL

4.2.1 Descripción del edificio de sistemas y control

El edificio se desarrollará en dos disposiciones o tipos de salas:

- La sala de control incorpora un acabado con suelo técnico dejando los huecos necesarios por debajo del mismo para el tendido de los cables de control y telecomunicaciones.
- La sala de comunicaciones incorpora un acabado con suelo técnico dejando los huecos necesarios por debajo del mismo para el tendido de los cables de control y telecomunicaciones.

La cota de acabado de ambas salas será la +0,40 m.

Cimentación y Estructura:

Se realizarán las cimentaciones necesarias para soportar el edificio, teniendo en cuenta el estudio geotécnico del terreno. Las cimentaciones serán prefabricadas, corridas y con forma de “T” invertida. En el nivel superior de la cimentación apoyaran los paneles del cerramiento del edificio.

Cerramiento del edificio:

El cerramiento de fachadas del edificio se realizará con paneles prefabricados portantes aligerados tipo “sandwich” de hormigón armado dispuestos verticalmente de 20 cm de espesor con

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

aislamiento térmico en su interior. Los paneles tienen una anchura modular de 2,3 o 2,4 m y longitud variable. Los paneles se unirán entre sí y con las cimentaciones y losas de cubierta.

Cubierta:

Se compone de paneles prefabricados de hormigón armado formados por un tablero macizo de 12 cm de espesor y por dos nervios rigidizadores sobre cada panel con una inclinación del 10% a dos aguas.

Sobre los citados nervios inclinados de la cubierta se apoyan correas metálicas de tubo cuadrado que sustentan paneles de chapa grecada “sandwich” de 30 mm de espesor.

La evacuación del agua se realizará directamente hacia el exterior con canalones bajantes exteriores.

Carpintería exterior:

Toda la carpintería metálica y perfilería exterior será de acero S275 JR y tendrá un tratamiento de galvanizado por inmersión en caliente.

La puerta de acceso al edificio será de chapa de acero lisa con aislamiento interior de lana de roca. Será de apertura hacia el exterior con dos hojas abatibles y tendrá unas dimensiones de 2,50 x 2 m (alto x ancho). Una de las hojas lleva a su vez otra puerta integrada de 2,10 x 1,00 m para paso de personal con cerradura antipánico interior.

La ventilación se realiza a través de rejillas incluidas en las propias puertas o en los paneles del edificio. En los paneles se instalarán aparatos de ventilación forzada con rejillas comunicadas con el exterior.

Acabados:

El acabado exterior de los paneles del cerramiento del edificio será fratasado liso para pintar. El acabado interior de los paneles será pulido liso para pintar.

A la carpintería metálica, rejillas, canalones, bajantes y perfilería exterior se le aplicará un tratamiento de pintura sobre el galvanizado, aplicando una pintura de imprimación epoxídica y posteriormente una pintura de acabado de poliuretano.

Asociado al edificio se construirán in-situ la plataforma de acceso al mismo en hormigón armado. La cota superior de terminación del muelle será la +0,38. Para protección contra caídas en la zona de la plataforma, se dotarán barandillas metálicas que serán desmontables para facilitar la carga y descarga de materiales.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

4.2.2 Descripción de las salas del edificio de sistemas y control

Sala de control y Comunicaciones:

La entrada desde el exterior se realizará a través de una puerta doble con puerta postigo que permite el acceso a la sala de control.

A través de la puerta interior de esta sala se accederá a la sala de comunicaciones.

El edificio tendrá una superficie total de 158,40 m^2 con unas dimensiones exteriores de 22,00 x 7,20 m y una altura libre de 3,00 m, ocupando la sala de control una superficie interior de 124,30 m^2 con unas dimensiones interiores de 18,28 x 6,80 m y la sala de comunicaciones una superficie interior de 21,76 m^2 con unas dimensiones interiores de 3,20 x 6,80 m., siendo la cota de la planta +0,40 m.

La sobrecarga de uso del forjado de la sala de control será de 800 kg/m^2, manteniendo la misma para su plataforma de acceso.

El interior de las salas irá climatizado mediante unidades de aire acondicionado mural, sistema Split, con bomba de calor aire-aire.

4.2.3 Características generales de los edificios

Solados y falsos techos:

La solera de las salas será de hormigón y con un espesor de 20 cm, donde se apoyará el suelo técnico de acabado de las salas.

Carpintería interior:

La puerta interior será abatible de acero y acabado similar al de las puertas exteriores. La puerta interior será cortafuegos con una resistencia al fuego correspondiente al sector de incendio donde se instalen. El sentido de apertura será el de evacuación.

Particiones, revestimientos, alicatados y pintura interiores:

Todas las divisiones interiores se realizan con paneles prefabricados medianeros de hormigón armado macizo de 12 cm de espesor.

Los interiores de las dependencias se pintarán con una pintura al plástico liso.

A pesar de que en los muros los paneles garantizan la impermeabilización debido al espesor del hormigón, se realizará el sellado estanco de sus juntas por ambas caras

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

5. INSTALACIÓN DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

Con el fin de conseguir niveles admisibles de las tensiones de paso y contacto de acuerdo al ITC - RAT 13, la subestación irá dotada de una malla de tierras inferiores formada por cable de cobre de 150 mm^2.

En la superficie ocupada por el edificio deberá ir enterrada a 0,6 m por debajo de la cota inferior de las cimentaciones prefabricadas, mientras que en el exterior del edificio deberá ir enterrada a 0,6 m de la cota de explanación, formando retículas de 5x5 m. Las uniones entre los cables de dicha malla se realizarán mediante soldadura aluminotérmicas.

Para mejorar las condiciones de puesta a tierra, se instalarán a lo largo del perímetro de la malla de puesta a tierra picas de 2 m de longitud.

En el documento nº 4 “Planos” del presente proyecto puede verse un plano con la red de tierras.

6. BANCADA DE TRANSFORMADOR

El transformador de potencia se dispondrá sobre una bancada de hormigón armado ejecutada “in-situ”, compuesta por una cimentación de apoyo y una cubeta solidaria con dicha cimentación para recogida del aceite del transformador en caso de derrame del mismo.

Se construirán a la cota ±0,00 al igual que los viales.

La bancada dispondrá sobre la cimentación de apoyo carriles de rodadura para la disposición del transformador con ruedas y fijación del mismo en la bancada. Así mismo la bancada incorpora en su diseño un sistema compuesto por dos parrillas de tramex separadas 30 cm, colocando entre ellas grava de aproximadamente 40/60 mm de diámetro, en aras de posibilitar el drenaje del aceite a la cubeta que forma parte de la bancada y evitar así su perdida y eliminar el peligro de incendio por combustión y la consiguiente propagación de las llamas.

En el documento nº 4 “Planos” del presente proyecto se especifica la bancada prevista en esta instalación.

7. SISTEMA PREVENTIVO CONTENCIÓN FUGAS DE DIELÉCTRICO

En el hipotético caso de una fuga del material dieléctrico de los transformadores, se ha diseñado un sistema de recogida del mismo compuesto por una cubeta solidaria con la bancada de cada transformador de la cual parte un sistema de evacuación compuesto por tuberías de fundición dúctil y arquetas, que direccionan las posibles fugas hacia los receptores de emergencia.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Los receptores de emergencia se encuentran enterrados y disponen de un tubo interior sifonado, calibrado y fijado a una determinada distancia del fondo, que permanece constantemente sumergido en el fluido separador constituido por agua. La separación de fases agua – aceite se efectúa automáticamente por efecto de la diferencia de densidades entre ambos fluidos, y el vaciado del agua del receptor una vez se va llenando éste de aceite dieléctrico, también se efectúa automáticamente por efecto de la diferencia de presión hidrostática provocada por el sifón.

Los receptores de emergencia serán de doble pared de fibra de vidrio y en su conjunto tendrán capacidad suficiente para contener el volumen total de dieléctrico del transformador más grande previsto en la instalación, en caso de pérdidas o escapes.

8. CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

Se construirán a base de zanjas registrables, zanjas bajo tubo o arquetas registrables según el caso, todas las canalizaciones necesarias para los cables de potencia, control, alumbrado, fuerza y telecomunicaciones.

Las zanjas se construirán con bloques de hormigón prefabricado, colocados sobre un relleno filtrante en el que se dispondrá un conjunto de tubos porosos que constituirán parte de la red de drenaje, a través de la cual se evacuará cualquier filtración manteniéndose las canalizaciones libres de agua.

9. SISTEMA DE DRENAJE

La explanación del terreno generada para la infraestructura de la subestación con todas sus unidades de servicios, deben ser protegidas y mantenidas en las condiciones de diseño originales, dotándola de una red de drenaje superficial que sea capaz de captar y conducir al exterior del recinto las aguas procedentes de las lluvias o del subsuelo para proteger contra la humedad a los edificios, viales, cimentaciones, obras de contención de tierras, etc...

El drenaje de las aguas pluviales se realizará mediante una red de recogida formada por tuberías drenantes y arquetas que canalizarán las mismas a través de un colector hasta el exterior de la subestación. Se dispondrán pozos de registro a mitad del trazado del colector para facilitar las tareas de mantenimiento, y así poder hacerlo accesible en toda su longitud.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

10. CIMENTACIONES

Se realizarán las cimentaciones necesarias para la fijación y anclaje de las estructuras metálicas de la aparamenta de intemperie y otros elementos auxiliares tales como soportes iluminación, antena telecomunicaciones, detectores antiintrusos, carteles de obra etc...

11. TERMINADO DEL PARQUE

Acabada la adaptación de las cimentaciones y canalizaciones, se procederá a la extensión de una capa de grava de 10 cm en uniformidad con el existente en el resto del parque.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVO PARQUE 132 kV
SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
400/132 kV

ST MINGLANILLA

(CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA LA MANCHA)

ANEXO - 7

ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

NUEVO PARQUE 132 kV SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 400/132 kV

ST MINGLANILLA

(PROVINCIA DE CUENCA / COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CASTILLA-LA MANCHA)

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ÍNDICE

1. OBJETO 3
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN/OBRA 3
3. IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RCD 6
4. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RCD 7
5. OPERACIONES DE VALORIZACIÓN Y ELIMINACIÓN DE RCD 9
6. RETIRADAS Y TRANSPORTES DE RCD 11
7. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE RCD 12
8. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ACOPIO PREVISTA PARA RCD 13
9. PLIEGO DE CONDICIONES 14
10. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE RCD 14

ANEXOS

- ANEXO 1: LISTADO Y GESTIÓN DE RCD
- ANEXO 2: PRESUPUESTO DE LA GESTIÓN DE LOS RCD

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

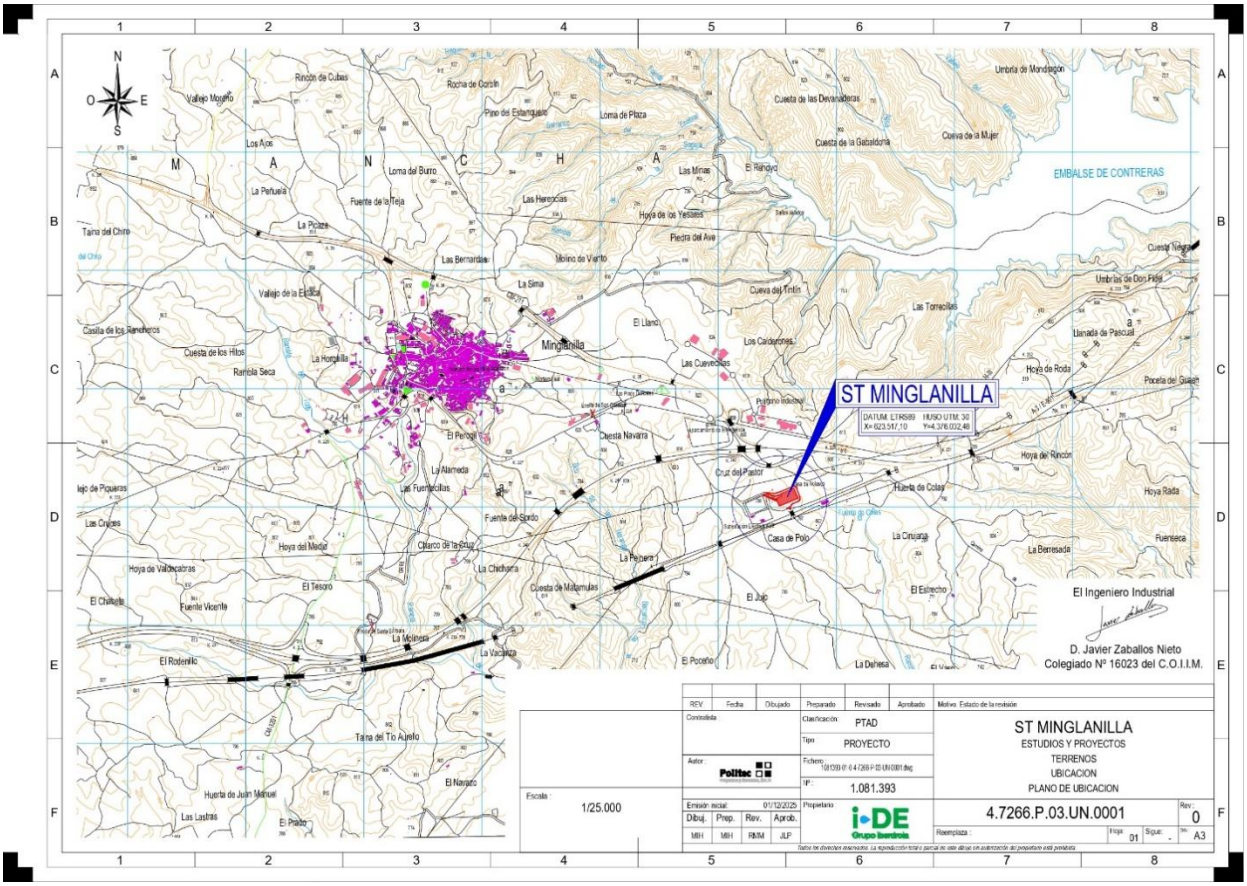
1. OBJETO

El objeto del presente documento es desarrollar el Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (EGR) para el proyecto de construcción del nuevo parque 132 kV en la subestación transformadora de 400/132 kV ST Minglanilla, que estima la cantidad de este tipo de residuos que se generarán en la obra, establece las medidas para la prevención de los mismos y concreta las actuaciones a llevar a cabo durante la ejecución de la obra respecto a la manipulación, almacenamiento, recogida y tratamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD).

El presente Estudio de Gestión de Residuos se redacta conforme a lo dispuesto en el artículo 4 del Real Decreto 105/2008, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, así como lo indicado en los procedimientos aplicables de i-DE, Redes Eléctricas Inteligentes, S.A.U. (en adelante, I-DE).

2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN/OBRA

El nuevo parque 132 kV para la ST Minglanilla estará ubicado en la provincia de Cuenca, y más concretamente en el término municipal de Minglanilla. Su cota aproximada de explanación se sitúa en los 796 m sobre el nivel del mar, ocupando una superficie total de 38.448 m^2. El terreno destinado a la instalación se localiza en la coordenada georreferenciada (coordenadas U.T.M): X:623.517,10 / Y:4.376.032,48.



La actuación proyectada pretende la construcción de un parque 132 kV conectado al parque existente de 400 kV ST Minglanilla REE, propiedad de Red Eléctrica de España. Se dotará al

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

nuevo parque 132 kV de un transformador de potencia 400/132 kV de 300 MVA de potencia nominal conectado al parque existente de 400 kV mediante puente de cable aislado 230/400 kV.

Sistema de 400 kV.

Instalaciones existentes

El parque del sistema de 400 kV existente, propiedad de REE, y con instalación tipo intemperie presenta configuración de interruptor y medio con las siguientes posiciones:

- Cinco (5) posiciones de línea convencionales de intemperie, L/ Cofrentes, L/Belinchón, L/ Requena, L/ Olmedilla y L/ Minglanilla Generación, con interruptor.
- Dos (2) posiciones de transformador de potencia convencional de intemperie, TF1 y TF2, con interruptor.
- Dos (2) posiciones de reserva sin equipar.
- Una (1) posición de reactancia 150 MVAr, con interruptor.

Instalaciones a ejecutar por REE

Para la conexión entre el actual parque de 400 kV y el nuevo parque de 132 kV objeto del presente proyecto, se construirá una canalización enterrada por la que discurrirá el cable aislado procedente del parque 400 kV de la ST Minglanilla REE y la conversión aéreo-subterránea de dicho cable para la transición de cable aislado a embarrado flexible desnudo con cable de aluminio en configuración dúplex. Todo este alcance necesario para la conexión en 400 kV entre ambos parques será objeto de proyecto independiente por parte de REE.

Instalaciones a ejecutar por i-DE

Para garantizar la debida medida y protección del nuevo transformador 400/132 kV, dentro del alcance del presente proyecto, se precisará la instalación de los siguientes equipos entre el puente de cable 230/400 kV y el nuevo transformador de potencia:

- Tres (3) transformadores de tensión inductivos.
- Tres (3) transformadores de intensidad.
- Tres (3) pararrayos de intemperie.

Sistema de 132 kV.

Para el nuevo parque del sistema de 132 kV de instalación en exterior, se ha optado por una configuración en doble barra compuesta por las siguientes posiciones:

- Dos (2) posiciones de línea blindada de intemperie, L/ Olmedilla y L/ Contreras, con interruptor.
- Una (1) posición de transformador de potencia blindada de intemperie, AT-3, con interruptor.
- Una (1) posición de enlace de barras blindada de intemperie con interruptor.
- Dos (2) posiciones de medida convencionales de intemperie sin interruptor, instaladas en uno de los extremos de ambos embarrados principales.

Aparellaje:

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

El aparellaje con que se equipa cada posición es el siguiente:

- Posición de línea:
  - Un (1) equipo compacto híbrido con aislamiento integral en gas (natural o sintético)
  - Seis (6) seccionadores pantógrafos unipolares para conexión a barras.
  - Tres (3) transformadores de tensión inductivos.
  - Tres (3) pararrayos de intemperie.
- Posición de transformador:
  - Un (1) equipo compacto híbrido con aislamiento integral en gas (natural o sintético).
  - Seis (6) seccionadores pantógrafos unipolares para conexión a barras.
  - Tres (3) pararrayos de intemperie.
- Posición de enlace de barras:
  - Un (1) equipo compacto híbrido con aislamiento integral en gas (natural o sintético).
- Medida y embarrado principal:
  - Seis (6) transformadores de tensión inductivos, tres en uno de los extremos de cada barra del embarrado principal.
  - Dos (2) barras con tubo de aleación de aluminio.

El sistema de 132 kV además contará con tres (3) transformadores de tensión de servicios auxiliares 132/0,223 kV conectados al embarrado principal a través de un (1) seccionador con accionamiento eléctrico tripolar y protegido contra sobretensiones por tres (3) pararrayos de intemperie.

Transformador de potencia.

La instalación contará con:

- Un (1) transformador de potencia (AT-3) 400/132 kV de 300 MVA, de instalación en exterior, aislado en aceite mineral, conexión YNa0d11, con regulación en carga.

La obra civil que se desarrollará contemplará la bancada y elementos asociados.

Edificios.

La instalación contará con varios edificios con las siguientes funcionalidades:

- Control y comunicaciones – 158,4 m2 correspondientes a un (1) edificio prefabricado de tipo panelable con dos estancias separadas mediante puerta y destinadas a:
  - Control – 124,30 m2 útiles correspondientes a una (1) sala.
  - Comunicaciones – 21,76 m2 útiles correspondientes a una (1) sala.
- CT- SSAA – 4,41 m2 correspondientes a una (1) caseta prefabricada tipo kiosco. La ejecución de este centro de transformación será alcance de un proyecto independiente junto con la acometida de la línea de media tensión asociada.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Todos los edificios serán prefabricados, de una sola planta y de escasa entidad.

Resto de instalaciones.

Para el hipotético caso de una fuga del material dieléctrico del transformador AT-3 del parque de intemperie se instalará un sistema preventivo de recogida del mismo compuesto por: cubeta solidaria con la bancada del transformador, sistema de evacuación desde el transformador y dos (2) receptores de emergencia con una capacidad nominal de 120 m^3 en total capaz de almacenar el volumen de dieléctrico equivalente al contenido de la cuba del transformador. Se ejecutarán las arquetas, canalizaciones necesarias para la conducción del dieléctrico desde las bancadas de los transformadores hasta el receptor de emergencia.

Se procederá a la ejecución de las galerías, cerramientos, cimentaciones y canalizaciones necesarias para la realización de los trabajos descritos en los aparatados anteriores.

Además de los circuitos y elementos principales descritos en los anteriores apartados, también se ha previsto la instalación de los correspondientes aparatos de medida, mando, control, protección y comunicaciones necesarios para la adecuada explotación de la instalación, y los sistemas de distribución de servicios auxiliares en corriente alterna y corriente continua desde los respectivos equipos rectificadores-batería.

Por sus características, estos aparatos son de instalación interior, y para su control y fácil maniobrabilidad, se han ubicado en cuadros y armarios situados en las salas de control y comunicaciones, habilitadas en el edificio donde se instalan todos aquellos componentes que, por su función, centralizan de alguna manera el control de la subestación.

El alcance de la actuación contempla también la instalación de un nuevo sistema de telecomunicaciones, incluida nueva torre de telecomunicaciones, además de los armarios y correspondientes a la infraestructura de este sistema instalados en interior. Para las telecomunicaciones mediante fibra óptica se ejecutarán canalizaciones desde los pórticos de las líneas aéreas que dispongan de ella hasta los nuevos edificios de control y telecomunicaciones.

Se dotará a la subestación de un nuevo sistema de seguridad contra incendios, perimetral y megafonía de emergencia controlado desde edificio de control.

3. IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RCD

Para establecer el cómputo de los tipos y cantidades de RCD se han valorado, además de los datos técnicos establecidos en el presente Proyecto Técnico Administrativo y su presupuesto, los materiales y actividades susceptibles de producir RCD, así como los datos históricos obtenidos de trabajos de alcance y duración semejantes.

Se debe otorgar a este estudio un carácter estimativo; las cantidades de RCD y el coste de su gestión deberán ser ajustados en los correspondientes Planes de Gestión de Residuos de la obra y, sobre todo, en las liquidaciones finales de estos RCD.

La identificación y estimación de la cantidad de RCD que se prevé generar se resume en la tabla del Anexo 1. Los RCD han sido identificados y codificados de acuerdo a la Lista a lista establecida en la Decisión 2014/955/UE de la Comisión, de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

Si durante la ejecución de la obra hubiese alguna duda en la identificación y/o clasificación de un RCD se consultará con el promotor. En todo caso los contratistas, como poseedores de los RCD, realizarán las gestiones de todos los RCD generados en la obra.

Básicamente en la ejecución de esta obra se generarán tres tipos de RCD:

- MATERIALES SOBRANTES SUSCEPTIBLES DE SER PELIGROSOS

  Las actividades normales de obra a ejecutar para este proyecto no generarán residuos peligrosos como tal, sino materiales que una vez diagnosticados pueden ser clasificados como residuos peligrosos. Este tipo de materiales serán transportados al CAT (Centro de almacenamiento, diagnóstico y transferencia) de acuerdo a la normativa vigente.

  Los CAT son centros de almacenamiento y diagnóstico de i-DE y en ellos se analizan exhaustivamente los equipos y materiales enviados, con el objetivo de reutilizarlos en otras obras. En caso de que la reutilización no fuera posible, se diagnosticaría la generación de un residuo peligroso, gestionándose como tal a partir de este momento.

  En el Anexo 1 se indican los tipos y cantidades de materiales sobrantes susceptibles de ser peligrosos que se prevé serán generados en este proyecto.

- RESIDUOS NO PELIGROSOS (RNP)

  La ejecución de las actividades descritas anteriormente dará lugar a residuos no peligrosos, entre los que destacan los residuos inertes, cuyos tipos y cantidades se indican en Anexo 1.

- RESIDUOS ASIMILABLES A URBANOS (RAU)

  Por último, indicar que para estos trabajos también se generarán residuos asimilables a urbanos (restos orgánicos, pequeños envases, etc.). Al igual que en los casos anteriores los tipos y cantidades de este tipo de residuos se indican en el Anexo 1.

4. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RCD

Se llevarán a cabo las siguientes medidas para la prevención de RCD en obra, de tal forma que se minimice todo lo posible su generación:

- Se realizarán controles y supervisiones periódicas de las pautas establecidas en el presente documento, informando del cumplimiento a través de informes y otros medios de comunicación, velando por su completa implantación.
- Cualquier problema que surja durante la ejecución en la implantación de las medidas y procesos marcados por el presente documento será comunicado al promotor de la obra.
- Se planificará, atendiendo a criterios técnicos y ambientales, la distribución de las infraestructuras necesarias para la ejecución de la obra, de forma que desde antes del comienzo de cada actividad queden bien establecidas las ubicaciones de, maquinaria, materiales sobrantes y residuos, en su caso casetas, baños, etc.
- En los casos en los que sea necesaria la instalación de baños portátiles, su ubicación y gestión estará bien delimitada y establecida desde el inicio.
- Se promoverá el uso responsable del papel, minimizando en lo posible la utilización del mismo.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- El parque de maquinaria estará bien establecido y delimitado. Se realizarán revisiones periódicas de las máquinas que lo componen, para prevenir derrames y para confirmar que estén en buen estado.
- Para evitar derrames no se realizará ningún tipo de reparación, mantenimiento o recarga de maquinaria en la obra. Aquellas actuaciones de mantenimiento de maquinaria imprescindibles para el uso de ésta, y para las que no sea factible el desplazamiento a un taller, se podrán realizar in situ siempre que se utilicen medios de contención y prevención de derrames correctos y suficientes para evitar cualquier accidente (impermeabilización de suelos, bandejas antiderrames, absorbentes, etc.).
- Las máquinas tendrán al día ITV y marcados CE y se promoverá la elección de maquinaria y material con etiquetas ecológicas y sistemas de certificación forestal acreditables.
- Se mantendrá la obra limpia y ordenada, así como las calles, montes, aceras, pasajes, superficies ajardinadas y demás zonas comunes de dominio particular y público.
- Los acopios de materiales y residuos estarán localizados en los lugares establecidos y se delimitarán siempre mediante cintas de balizamiento. Los materiales a utilizar se preservarán del deterioro, acopiándolos, en la medida de lo posible, en zonas protegidas de robos, lluvia, insolación y otros factores degradantes.
- Se llevará un estricto control de los acopios de materiales a utilizar, evitando la pérdida, abandono y deterioro de materias primas potencialmente aprovechables. Se vigilará el correcto empleo y uso de los materiales y sus cantidades para sus funciones, evitando derroches.
- Se elegirán siempre que sea posible materiales sin envolturas y envases innecesarios, prevaleciendo los materiales a granel, y se fomentará la utilización de envases y embalajes fabricados con materias primas renovables, reciclables y biodegradables, como el papel, el cartón ondulado, el cartón compacto o la madera.
- Se dispondrá de los suficientes medios de contención y prevención de derrames, así como de lo necesario para su retirada en caso de que suceda un incidente.
- En todo momento se identificarán los responsables de implantación de los procesos de gestión de RCD, encargados de implantar cada una de las medidas propuestas así como de informar de éstas y de cualquier problema que surja en su implantación.
- Se informará a todos los trabajadores de las buenas prácticas, medidas y medios establecidos para la gestión de los RCD, realizándose, si es necesario, campañas de sensibilización e información.
- Se velará para que todo trabajador sepa identificar los RCD que se van a generar en su actividad, conozca la situación de los distintos acopios y separe cada uno conociendo sus obligaciones al respecto de la gestión de los RCD.
- Se establecerán y coordinarán las retiradas de RCD, evitando en todo momento el rebose de contenedores o retrasos en la ejecución de obra.
- Todos los materiales susceptibles de considerarse residuo serán reutilizados en la propia obra siempre que sea posible o, en su defecto, en otras obras o actividades, evitando en lo posible la generación de residuos.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

5. OPERACIONES DE VALORIZACIÓN Y ELIMINACIÓN DE RCD

A continuación se indican las opciones de valorización (reutilización y reciclaje), teniendo en cuenta la premisa de priorizar ésta, y eliminación que se realizarán sobre los RCD generados en la obra:

- VALORIZACIÓN DE RCD

  Todo material, equipo o máquina, antes de ser considerado residuo y siempre que sea posible, debe reutilizarse. Es fundamental para conseguir reutilizar al máximo ejercer una correcta planificación y ejecución de los acopios de RCD.

  El orden de prioridad establecido para las reutilizaciones es el siguiente:

  1. Reutilización en la propia obra.
  2. Reutilización en otras obras o instalaciones de la compañía.
  3. Reutilización en otras obras de terceros.

  Quedan excluidos de este orden de prioridad los materiales naturales[1] cuando procedan de suelos que hayan soportado alguna de las actividades potencialmente contaminantes definidas en el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, así como cuando se tengan indicios de que el suelo pueda estar contaminado.

  Cuando el material, equipo o máquina no pueda reutilizarse, pasará a considerarse residuo y se gestionará a través de una empresa autorizada específica para el residuo, quién lo someterá, siempre que sea posible, a tratamientos de reciclaje apropiados.

  Por tanto, todos los residuos de obra serán reciclados siempre que sea posible, en función de su naturaleza, no destinándose ningún residuo a eliminación directa.

  Las operaciones de reciclaje a las que se sometan los residuos que se produzcan serán las especificadas por los correspondientes gestores en sus autorizaciones y en los documentos de control y seguimiento correspondientes a cada residuo.

  Los acopios de estos materiales, sus transportes y gestión se acogerán a lo dispuesto en los correspondientes apartados de acopio, segregación, contenedores y transportes del presente documento y a la normativa específica vigente. Se dispondrá de toda la documentación resultante de la gestión de cada residuo que justifique su trazabilidad y asegure el sometimiento a estos procesos de valorización.

  En lo que respecta a estos procesos por residuos, cabe destacar lo siguiente:

  – Para residuos no peligrosos el proceso de valorización más común es, atendiendo a lo regulado en el Anexo II de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos

[1] Se entiende como material natural a los suelos no contaminados excavados y otros materiales naturales excavados procedentes de obras de construcción o demolición, tales como tierras, arcillas, limos, arenas, gravas o piedras, incluidas en el código LER (Lista Europa de Residuos) 17 05 04.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

contaminados para una economía circular, el R13 acumulación de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R12.

– Para los residuos peligrosos (en caso de que sean así diagnosticados en el CAT) los procesos de valorización más comunes, atendiendo a lo regulado en el Anexo II de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, son:

  - R1 (Utilización principal como combustible u otro modo de producir energía).
  - R3: Reciclado /recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes (incluido el compostaje y otros procesos de transformación biológica).
  - R13 Almacenamiento de residuos en espera de cualquiera de las operaciones numeradas de R1 a R12 (excluido el almacenamiento temporal, en espera de recogida, en el lugar donde se produjo el residuo).
  - R5 (Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas). Las operaciones de valorización de los residuos asimilables a urbanos que se produzcan serán realizadas a través de los servicios municipales disponibles.

- ELIMINACIÓN DE RCD

Tal y como se ha indicado, durante la obra se velará para que ningún residuo se elimine directamente si es viable su valorización previa, y la eliminación siempre será la última opción a considerar. La eliminación se realizará en vertedero autorizado específicamente diseñado para el tipo de residuo a entregar.

Las operaciones de eliminación efectuadas por cada gestor de residuos y tipo de residuo vendrán determinadas durante la ejecución de la obra, en las autorizaciones y certificados de entrega.

Las operaciones de eliminación que suelen realizarse, atendiendo a lo regulado en el Anexo III de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, son las siguientes:

– D15: Almacenamiento en espera de cualquiera de las operaciones numeradas D1 a D14 excluido el almacenamiento temporal en espera de recogida en el lugar que se produjo el residuo.

– D5: Depósito controlado en lugares especialmente diseñados (por ejemplo, colocación en celdas estancas separadas, recubiertas y aisladas entre sí y del medio ambiente).

– D9: Tratamiento físico-químico no especificado en otros apartados del presente anexo y que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante uno de los procedimientos numerados D1 a D12.

Se revisará y archivará (por un plazo mínimo de 5 años) la documentación justificativa de la trazabilidad de todos los residuos que se destinen a eliminación. Se atenderá a lo dispuesto por la normativa vigente en la materia.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

6. RETIRADAS Y TRANSPORTES DE RCD

Las retiradas y transportes de RCD se realizarán conforme a la normativa vigente, a través de transportistas autorizados para los diferentes tipos de materiales y residuos que se desplazan.

Todas las retiradas de RCD serán registradas documentalmente y de inmediato en la obra. El registro de retiradas estará siempre actualizado y disponible en la obra. Se dispondrá de la documentación que lo justifique según la normativa, procedimientos y manuales aplicables. No quedará ningún RCD sin retirar tras la finalización de los trabajos.

Las retiradas y transportes de cada tipo de RCD se realizarán del siguiente modo:

- Retiradas de materiales susceptibles de ser peligrosos: el transporte será realizado lo antes posible conforme en todo momento a la normativa vigente que regula las cargas, descargas y transportes por carretera. En caso de que el material sobrante sea también mercancía peligrosa deberá cumplir los requisitos derivados del ADR, no sólo durante su envío al CAT, sino durante tránsitos intermedios que pudieran producirse (con excepción de las exenciones previstas en el propio ADR). Hasta su retirada estos materiales serán acopiados según lo dispuesto en el presente documento.

  En el momento en el que se genere un material sobrante susceptible de ser peligroso, se procederá a su acopio (según lo dispuesto en el presente documento) y se retirará antes de 6 meses. El responsable de la retirada, entre otras acciones, comprobará que la matrícula del vehículo esté recogida en la autorización correspondiente.

- Retiradas de residuos no peligrosos: Se realizarán mediante gestores y transportistas autorizados conforme a la normativa vigente que regula las cargas, descargas y transportes de residuos no peligrosos e inertes, según los casos. Estas retiradas se harán lo antes posible según las necesidades de obra sin incumplir los plazos legales establecidos. Hasta su retirada, los residuos serán acopiados según lo dispuesto en el presente documento.

- Retiradas de residuos asimilables a urbanos: Se realizarán a través de los medios municipales disponibles.

En todo caso se ejecutarán las siguientes medidas en obra para las retiradas y transportes de RCD:

- Se vigilará que ningún RCD quede sin retirar tras la finalización de los trabajos ni esté almacenado más tiempo del regulado por la normativa vigente.

- Se velará por la implantación de las medidas relativas a la retirada y transporte de materiales y residuos de la obra.

- Todas las cargas y descargas de residuos y materiales susceptibles de serlo se realizarán en presencia de un responsable.

- Se comprobará que el vehículo sea apto para el transporte y cumpla las condiciones mínimas legales establecidas.

- Se comprobará que ningún material o residuo quede desperdigado o disperso por la obra y zonas colindantes, quedando la zona de carga y descarga en perfecto orden y limpieza.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

- Todos los transportes de residuos y materiales susceptibles de serlo se realizarán directamente desde la obra a los lugares asignados, no pudiendo almacenarse en otro lugar no autorizado.
- Se realizarán los avisos de retirada en los plazos y formas exigidas en la normativa y procedimientos de I-DE.
- Los transportistas deberán tomar las precauciones necesarias para evitar pérdida de residuos, materiales y, en caso de ser necesario, levantamientos de polvo.
- Las cargas y transportes se harán dentro de las zonas y horarios legales establecidos.
- Se dispondrá de toda la documentación previa aplicable: autorizaciones del transportista, autorizaciones del gestor, documentos de aceptación, cartas de porte, listas de comprobación, etc.
- Los contenedores de residuos asimilables a urbanos que contengan residuos en su interior se vaciarán en los contenedores municipales más cercanos de manera regular o se dispondrán en la vía pública siguiendo los horarios y pautas legales vigentes.

7. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE RCD

Los RCD serán segregados en obra de acuerdo a su naturaleza, requisitos legales que los regulan y las operaciones de reciclado y valorización establecidas para ellos. En el Anexo 1 de este documento se indica la segregación de los RCD que se prevé generar.

Conforme a lo regulado en el Art. 5 del Real Decreto 105/2008, los RCD, deberán separarse en las siguientes fracciones cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

TABLA DE CANTIDADES UMBRAL	
RESIDUO	**Cantidad umbral (t)**
Hormigón	80
Ladrillos, tejas, cerámicos	40
Metal	2
Madera	1
Vidrio	1
Plásticos	0,5
Papel y cartón	0,5

Las áreas y contenedores de los distintos tipos de RCD se agruparán en función de su naturaleza en zonas concretas. En la obra esta zona de almacenamiento / acopio será la indicada en el apartado 8 del presente documento.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

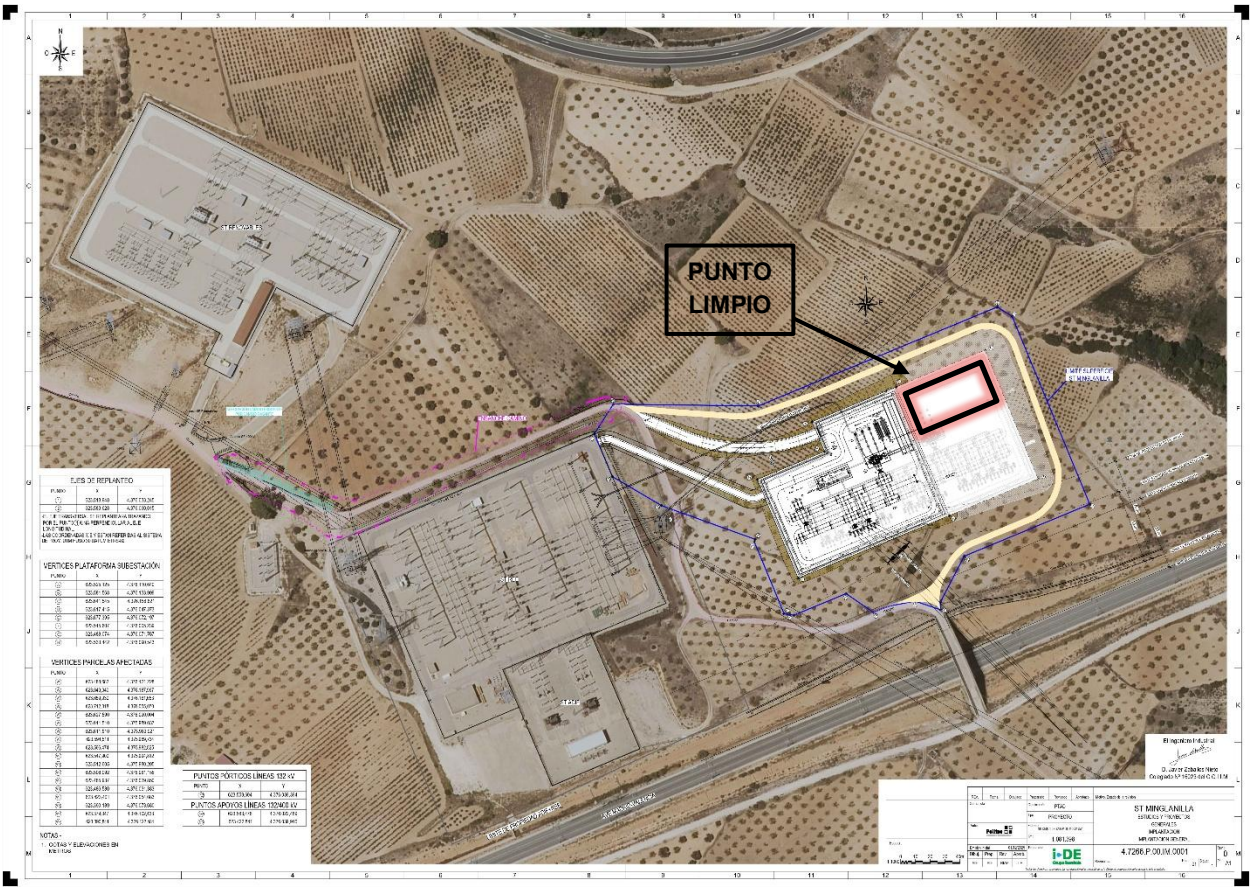
Para la separación de RCD en obra se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- Las zonas de acopio/almacenamiento de residuos se señalizarán e identificarán mediante carteles visibles y legibles en los que se identifiquen los residuos o materiales que contiene y la contrata a la que pertenecen.
- Para los residuos y materiales a segregar que sea necesario se dispondrá de contenedores para poder acopiarlos separadamente. Se asegurará que nunca lleguen a rebasarse las capacidades de estos contenedores.
- Los contenedores estarán siempre identificados, localizados y ubicados en los lugares indicados en la documentación de cada proyecto, cumpliendo las características reguladas por la normativa legal vigente. Así mismo los contenedores deberán adaptarse siempre a la tipología del material o residuo que contienen. Las empresas que realicen los trabajos estarán informadas de los requisitos mínimos necesarios que debe cumplir cada contenedor y de su ubicación en los distintos puntos de acopio.
- La disposición, mantenimiento y retirada de los contenedores de obra es responsabilidad de las contratas.
- No se ubicará ningún contenedor fuera de la obra (ejemplo vía pública) sin la preceptiva autorización administrativa.
- Los contenedores de residuos susceptibles de generar suspensión de polvo o materiales pulverulentos se cubrirán con lonas, especialmente al final de la jornada laboral y siempre que estén llenos.
- Los contenedores se dispondrán con una separación unos de otros que evite mezclas (recomendado 0,5m) y con una accesibilidad tal que el uso por los trabajadores cumpla las medidas de seguridad, permita el tránsito del personal y su fácil manejo (recomendado 1m). Siempre quedará un lateral del contenedor libre para la recogida y utilización. Permanecerán siempre en correcto estado de orden y limpieza, realizándose batidas diarias que eviten la dispersión de los residuos y materiales que contienen por la obra e inmediaciones.
- Durante los traslados de RCD en el interior de la zona de obras se respetarán las normas establecidas de velocidad, para evitar pérdidas de carga y levantamiento de polvo.

8. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ACOPIO PREVISTA PARA RCD

Para llevar a cabo una correcta segregación, almacenamiento y recogida de RCD, se proyectará la instalación de unas áreas o puntos limpios, cuya localización se puede ver en la siguiente figura.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.



En caso de modificación del lugar diseñado para los puntos limpios, se enviará al promotor la nueva modificación, que deberá estar acordada con los responsables ambientales de la obra.

9. PLIEGO DE CONDICIONES

El presente documento se incluirá en los Pliegos de Condiciones en lo referente a la gestión de los residuos de obra para la contratación de los trabajos y deberá ser cumplido. Cualquier modificación del mismo deberá ser indicada en el Plan de Gestión de Residuos (PGR) que cada contratista deberá realizar de forma previa al inicio de la obra.

10. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE RCD

El Anexo 2 recoge el coste estimado para la gestión global de RCD planificada en este documento. Este presupuesto se concretará en los correspondientes Planes de Gestión de Residuos.

Los precios se han obtenido del análisis de obras de características y alcance similar, si bien no dejan de ser precios estimativos que deberán concretarse en las liquidaciones finales de la obra.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

ANEXO 1

IDENTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RCD

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS A GENERAR					SEGREGACIÓN		ACOPIO		TRANSPORTES	TRATAMIENTO
NATURALEZA		**NOMBRE**	**m3**	**t**	**OBLIGACIÓN**	**DESCRIPCIÓN**	**CONTENEDORES / ÁREAS RECOMENDADAS**	**Nº CONTENEDOR ESTIMADO**	**Nº TRANSPORTES ESTIMADO**	**TIPO DE TRATAMIENTO**
Materiales sobrantes susceptibles de ser peligrosos		Material impregnado de contaminante (trapos, papel y material absorbente impregnados de aceite u otro contaminante)	0,01	0,02	SI	Estos equipos son siempre segregados del resto de materiales de obra	Bidón hermético 	1	1	Caracterización previa para determinar su tratamiento
		Restos de pinturas, barnices, etc. (envases, aerosoles, etc.)	0,03	0,10	SI	Estos materiales son siempre segregados del resto de materiales de obra	Bidón hermético 	1		Caracterización previa para determinar su tratamiento
NATURALEZA		**NOMBRE**	**m3**	**t**	**OBLIGACIÓN**	**DESCRIPCIÓN**	**CONTENEDORES / ÁREAS RECOMENDADAS**	**Nº CONTENEDOR ESTIMADO**	**Nº TRANSPORTES ESTIMADO**	**TIPO DE TRATAMIENTO**
Residuos no peligrosos (no inertes)	150101	Envases de papel y cartón sin sustancias peligrosas de contratistas	1,11	0,10	NO	Estos materiales sobrantes serán segregados del resto de materiales de obra	Big-bag 	2	1	Valorización
	150102	Envases de plástico sin sustancias peligrosas de contratistas	0,66	0,30	SI	Estos materiales sobrantes serán segregados del resto de materiales de obra	Big-bag 	1		Valoración
	150103	Envases de madera (incluidas BOBINAS) sin sustancias peligrosas de contratistas	1,80	0,90	SI	Estos materiales sobrantes serán segregados del resto de materiales de obra	Acopio en zona aislada 	NA		Valorización
	170203	Plásticos (Excepto envases) (tubos corrugados PVC, PET)	0,16	0,21	SI	Estos materiales sobrantes serán segregados del resto de materiales de obra	Big-bag 	1	1	Valorización
	170401	Cables de cobre desnudo, varillas, pletinas, tubos (Cu limpio)	0,02	0,16	NO	Estos materiales sobrantes serán segregados del resto de materiales de obra	Big-bag 	1		Valorización
	170402	Cables de aluminio-acero y cables de aluminio aislado (Al-Ac, Al PVC)	0,18	0,48	NO	Estos materiales sobrantes serán segregados del resto de materiales de obra	Big-bag 	1		Valorización
	170405	Hierro limpio	0,12	0,95	NO	Estos materiales sobrantes son siempre segregados del resto de materiales de obra	Big-bag y suelo (estructura) 	1		Valorización
Residuos no peligrosos (inertes)	170101	Hormigón (no solo bancada o cimentación)	20,71	49,70	NO	Estos materiales sobrantes son siempre segregados del resto de materiales de obra	Contenedor Metálico cubierto 	1	4	Valorización
	170504	Excedente de tierras y piedras no contaminadas	4888,37	7643,20	SÍ	Estos materiales sobrantes son siempre segregados del resto de materiales de obra	Carga directa en camión bañera 	NA	245	Valorización
R.A.U.		Envases ligeros	0,05	0,04	SI	Los residuos asimilables a urbanos se generan por la propia presencia de trabajadores en la obra. Siempre habrá un acopio específico para estos residuos	Contenedor urbano de plástico con ruedas 	1	NA	Valorización
		Fracción resto	0,05	0,08	SI	Los residuos asimilables a urbanos se generan por la propia presencia de trabajadores en la obra. Siempre habrá un acopio específico para estos residuos	Contenedor urbano de plástico con ruedas 	1	NA	Valorización

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 20260125O. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/verificacion. Cod.Ver: 5406720B.

ANEXO 2

PRESUPUESTO DE LA GESTIÓN DE LOS RCD

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.

	MSRP	RNP (In)	RNP	RAU	**TOTAL**
Ejecución de acopio/s	60,00 €	45,00 €	55,00 €	10,00 €	170,00 €
Alquiler/compra contenedores	120,00 €	120,00 €	105,00 €	120,00 €	465,00 €
Transportes de obra a gestión	150,00 €	24.900,00 €	200,00 €	0,00 €	25.250,00 €
Caracterización de materiales	0,00 €	3.000,00 €	0,00 €	0,00 €	3.000,00 €
Gestión/tratamiento	36,00 €	24.545,40 €	93,00 €	0,00 €	24.674,40 €
Gestión documental	45,00 €	10,00 €	15,00 €	0,00 €	70,00 €
					53.629,40 €

MSRP	Materiales sobrantes susceptibles de ser peligrosos
RNP (In)	Residuos no peligrosos (Inertes)
RNP	Residuos no peligrosos (No Inertes)
RAU	Residuos asimilables a urbanos

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202601250. Fecha Visado: 26/03/2026. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 16023. Colegiado: JAVIER ZABALLOS NIETO. Para comprobar su validez: https://www.coiim.es/Verificacion. Cod.Ver: 54067208.