

PROYECTO TÉCNICO
ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN

ELS AUBALS 400 kV

COMUNIDAD AFECTADA

Cataluña

TÉRMINO MUNICIPAL

García

		COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES COIIM - MADRID	
Nº VISADO 202404658		FECHA DE VISADO 13/10/2025	
VISADO			
DOCUMENTO VISADO CON FIRMA ELECTRÓNICA			
COLEGIADO/A Nº:		NOMBRE	
11729 COIIM DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU			

Madrid, Octubre de 2025
Rfª.: TI.S/2025/J-0476-S1538-1

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN ELS AUBALS 400 kV

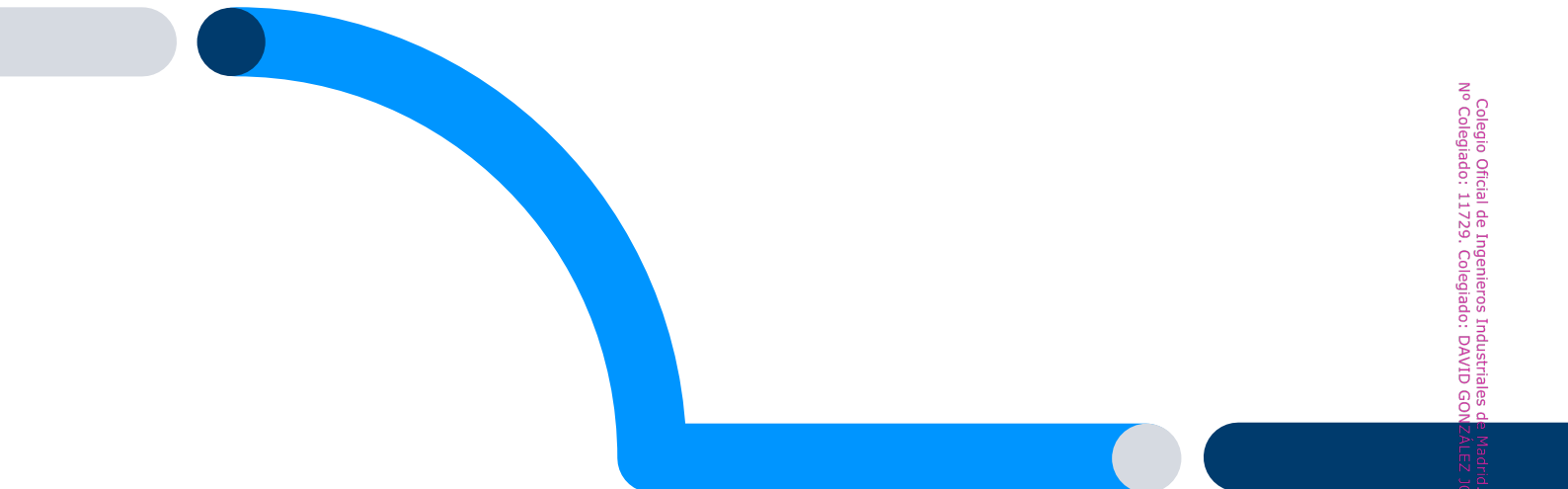
ÍNDICE

		Nº DE PÁGINAS
DOCUMENTO 1	MEMORIA	25
ANEXO 1	CÁLCULOS	47
DOCUMENTO 2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	9
ANEXO 1	REQUISITOS AMBIENTALES. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	14
ANEXO 2	ESTUDIO DE SEGURIDAD	15
DOCUMENTO 3	PLANOS	18
DOCUMENTO 4	PRESUPUESTO	7
DOCUMENTO 5	ESTUDIO CAMPOS MAGNÉTICOS	12
DOCUMENTO 6	RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS	7

Madrid, octubre de 2025
El Ingeniero industrial



David González Jouanneau
Jefe del Departamento de Subestaciones
Red Eléctrica de España, S.A.U.



red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN

ELS AUBALS 400 kV

DOCUMENTO 1

MEMORIA

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
noviembre de 2024

Índice

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404658. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM Colegido: 1029. Colegiado: JAVIER GONZÁLEZ JUANMANUEL. PIN comprobador: 69741165. <http://www.coliim.es/verificar>. Código: 405607

2.9.3 Cimentaciones, viales y canales de cables22

2.9.4 Accesos22

2.9.5 Edificios y casetas23

2.9.6 Cerramiento23

2.10 INSTALACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA24

2.10.1 Alumbrado24

2.10.2 Fuerza24

2.11 SISTEMA CONTRAINCENDIOS Y ANTIINTRUSISMO24

3 NORMATIVA APLICADA25

4 PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO26

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404658. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
No Copiado: 1729. Copiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 40160725.

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES, JUSTIFICACIÓN Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U. (en adelante RED ELÉCTRICA), de conformidad con lo establecido en los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico, como gestor de la red de transporte y transportista único con carácter de exclusividad, tiene atribuida la función de transportar energía eléctrica, así como construir, mantener y maniobrar las instalaciones de transporte.

En el ejercicio de las citadas funciones y en orden al efectivo cumplimiento de las finalidades relativas al transporte de energía eléctrica, RED ELÉCTRICA ha proyectado la nueva subestación ELS AUBALS en el parque de 400 kV, con objeto de:

- La reducción de las restricciones técnicas por sobrecargas en la zona al reforzar la conexión entre Aragón y Cataluña, la mejora del mallado de la red de transporte y el aumento de la seguridad y la calidad del suministro eléctrico de la zona. La Instalación propuesta incluye el nuevo parque de 400 kV, un nuevo banco de transformación 3x200 MVA 400/220 kV y el cable de AT de interconexión de tráfego con la posición de 220 kV.
- Facilitar la conexión de la Reactancia 1 Els Aubals 400 kV de 150 MVar.

La subestación de ELS AUBALS se ubica en el término municipal de Garcia, provincia de Tarragona, dentro de la Comunidad Autónoma de Cataluña.

La citada actuación se encuentra recogida en el documento de «Planificación Energética. Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2021-2026», aprobada mediante Acuerdo del Consejo de Ministros de fecha 22 de marzo de 2022 y publicada por Resolución de la Secretaría de Estado de Energía de fecha 8 de abril de 2022 («Boletín Oficial del Estado» n.º 93, de 19 de abril de 2022):

- Anexo de nuevas actuaciones: Nuevo parque de 400 kV equipado con dos calles de interruptor y medio y una posición de Transformación.
- Actuaciones con Puesta en Servicio Posterior a 2026: 1 nueva posición de Reactancia y la máquina asociada.

Dicha planificación ha sido modificada en aspectos puntuales por la Resolución de 22 de abril de 2024, de la Secretaría de Estado de Energía (B.O.E. 24 de abril de 2024), por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de fecha 16 de abril de 2024, por el que se modifican aspectos puntuales del Plan de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica 2021-2026, aprobada por Acuerdo de Consejo de Ministros de fecha 22 de marzo de 2022.

La citada Planificación eléctrica es vinculante para RED ELÉCTRICA como sujeto que actúa en el sistema eléctrico y en su elaboración las Comunidades Autónomas han participado en las propuestas de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica, en cumplimiento de lo dispuesto en la referida Ley 24/2013 de 26 de diciembre y en el 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.

Asimismo, indicar que el presente Proyecto se engloba dentro del plan de actuaciones previstas en el “Eje 400 kV Escatrón – Els Aubals – La Secuita y a 220 kV Escatrón – Els Aubals – La Selva – Francolí”, que incluye, entre otras, la subestación objeto de este proyecto.

Las actuaciones previstas en este eje son:

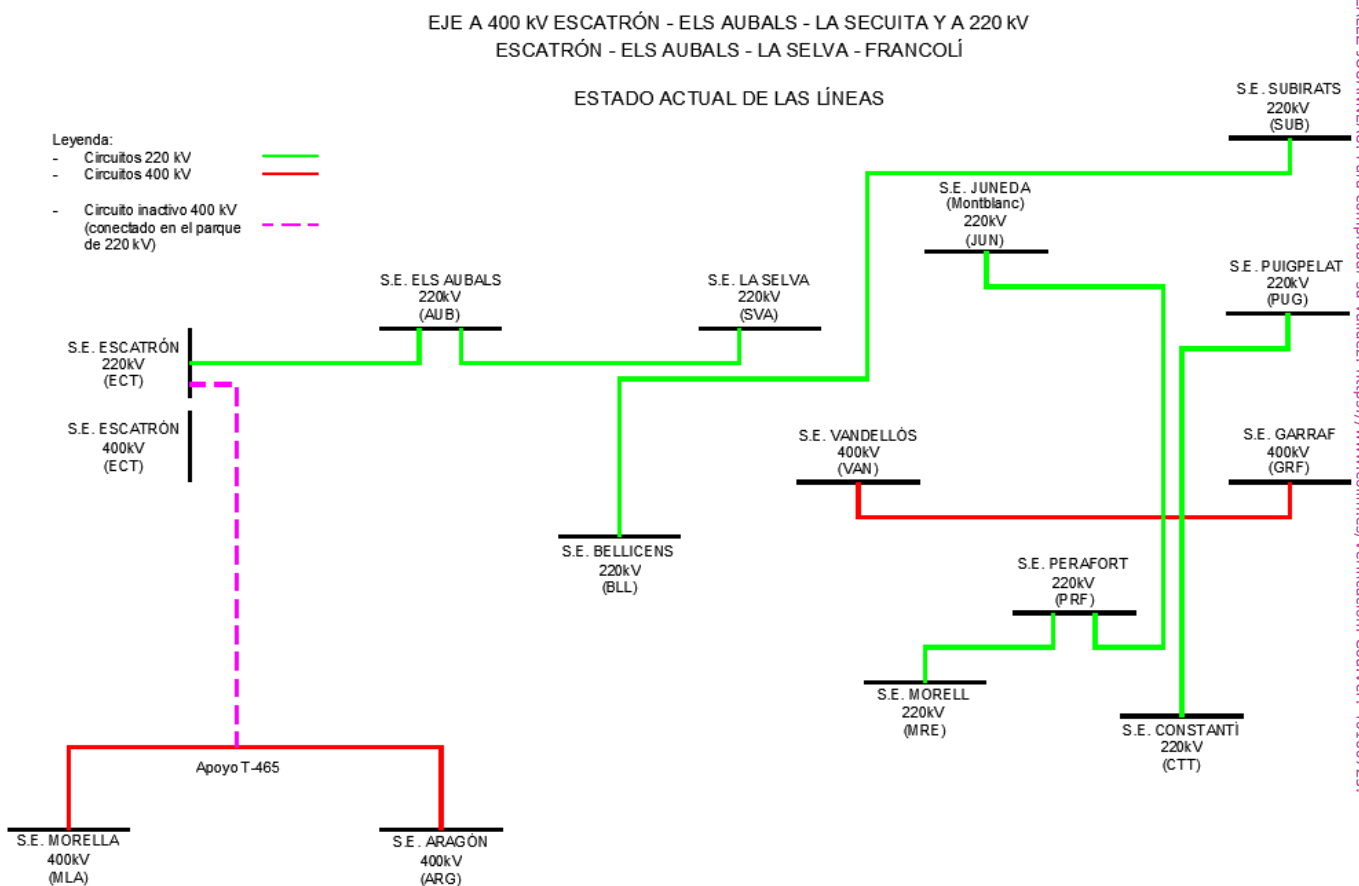
- Líneas de transporte de energía eléctrica:
 - › Línea aérea de transporte de energía eléctrica a 400/220 kV doble circuito SE Els Aubals – SE Escatrón (objeto de otro proyecto).
 - › Línea de transporte de energía eléctrica, aérea a 400 kV SE Els Aubals – SE La Secuita y aérea-subterránea a 220 kV SE Els Aubals – SE La Selva / SE La Selva – SE Francolí (objeto de otro proyecto).

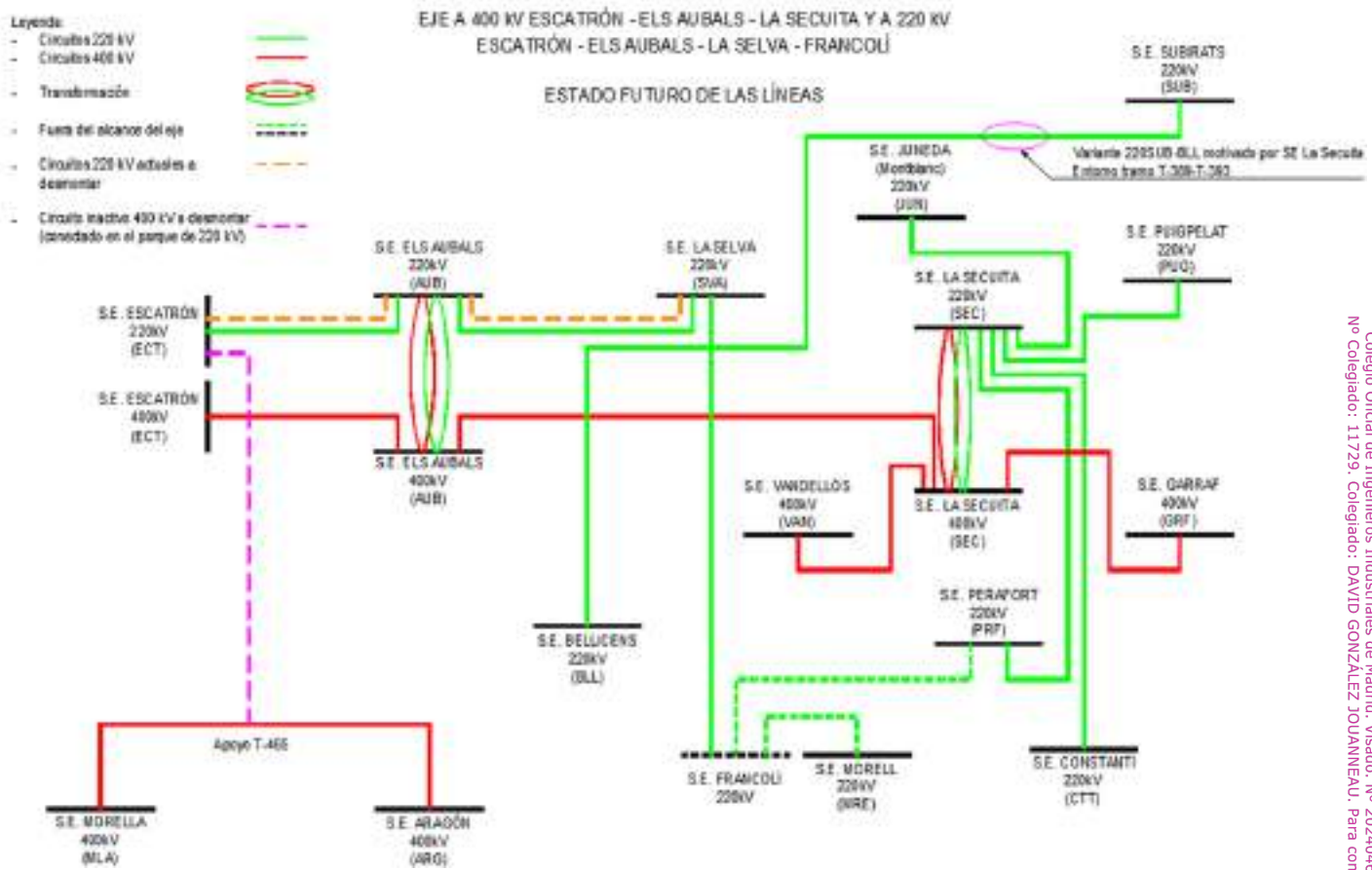
Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado: No 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, para el presente Proyecto de Ingeniería Técnica de Instalaciones de Energía Eléctrica, con el fin de dar fe de su autenticidad y validez. Para comprobar la validez de la firma electrónica, dirigirse a: <http://www.coiim.es/> o al correo electrónico: coiim@coiim.es o al teléfono: 40160055

- › Línea aérea de transporte de energía eléctrica a 400 kV doble circuito E/S La Secuita de la L400 kV Garraf-Vandellós (objeto de otro proyecto).
- › Líneas aéreas de transporte de energía eléctrica a 220 kV doble circuito E/S La Secuita de las L/220 kV Juneda-Perafort / Constantí-Puigpelat (objeto de otro proyecto).
- › Desmontaje de la línea aérea de transporte de energía eléctrica a 220 kV simple circuito existente SE Els Aubals – SE Escatrón (objeto de otro proyecto).
- › Desmontaje de la línea aérea de transporte de energía eléctrica a 220 kV simple circuito existente SE Els Aubals – SE La Selva (objeto de otro proyecto).
- › Desmontaje de la línea aérea de transporte de energía eléctrica a 400 kV simple circuito existente SE Escatrón – SE Ingenio, en el tramo desde la SE Escatrón al apoyo T-466 (objeto de otro proyecto).
- › Modificación de la línea aérea de transporte de energía eléctrica a 220 kV simple circuito SE Subirats – SE Bellicens, en el tramo entre los apoyos T-389 y T-393 (objeto de otro proyecto).

• Subestaciones:

- › **Nueva Subestación SE Els Aubals 400 kV (objeto de este proyecto).**
- › Nueva Subestación SE La Secuita 400/220 kV (objeto de otro proyecto).





1.2 OBJETO

De conformidad con lo establecido en la referida Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico y en el 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, constituye el objeto del presente proyecto, **a efectos administrativos**, la aportación de los datos precisos para la obtención de la correspondiente resolución relativas a:

- **Autorización administrativa previa** para la nueva subestación ELS AUBALS en el parque de 400 kV.
 - › Nuevo parque de 400 kV equipado con dos calles de interruptor y medio y una posición de Transformación.
 - › 1 nueva posición de Reactancia y la máquina asociada.
 - › Cable de AT de interconexión del trafo con la posición de 220 kV
- **Autorización administrativa de construcción** para la nueva subestación ELS AUBALS en el parque de 400 kV.
 - › Nuevo parque de 400 kV equipado con dos calles de interruptor y medio y una posición de Transformación.
 - › 1 nueva posición de Reactancia y la máquina asociada
 - › Cable de AT de interconexión del trafo con la posición de 220 kV
- **Declaración, en concreto, de Utilidad Pública**, con los efectos establecidos en el artículo 56 y siguientes de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

En el documento nº 6 “Relación de Bienes y Derechos”, se describen en sus aspectos material y jurídico los bienes y derechos de necesaria expropiación para el establecimiento de la instalación.

Para el nuevo parque de 400 kV de la Subestación ELS AUBALS, el órgano sustantivo competente para emitir dichas resoluciones es la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, correspondiendo efectuar la tramitación del expediente administrativo a la Dependencia del Área de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en Tarragona.

Para el cable de interconexión a 220 kV entre el nuevo parque de 400 kV de la subestación ELS AUBALS y el parque preexistente de 220 kV; teniendo en cuenta que formará parte de la Red de Transporte Secundario, en virtud del artículo 34 de la Ley 24/2013 del Sector Eléctrico, cuyo ámbito de afección está contenido en la provincia de Tarragona, compete resolver sobre las autorizaciones administrativas del presente proyecto a la Dirección General de Energía del Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica de la Generalitat de Catalunya, correspondiendo la tramitación del expediente a los Servicios Territoriales del mismo Departamento.

El presente proyecto se somete a evaluación de impacto ambiental ordinaria. Dicha evaluación ambiental estará sujeta a lo dispuesto en el art. 33 y posteriores de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, modificada por la Ley 9/2018, de 5 de diciembre.

La subestación eléctrica descrita en el presente proyecto se incluye en el mismo Estudio de Impacto Ambiental tal que el resto de las instalaciones proyectadas en el ámbito: “Eje a 400 kV Escatrón – Els Aubals – La Secuita y a 220 kV Escatrón – Els Aubals – La Selva – Francolí.

Teniendo como órgano ambiental competente la Dirección General de Políticas Ambientales y Medio Natural del Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica de la Generalitat de Catalunya, en el cable de interconexión a 220 kV, y el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en el parque de 400 Kv.

Al formar parte la instalación proyectada de la red de transporte de energía eléctrica, cuyas autorizaciones son competencia de la Administración General del Estado, se hace constar que, a su vez, la presente solicitud deberá tramitarse expresamente en los correspondientes requerimientos de informes o condicionados a las administraciones con competencia urbanística y de ordenación del territorio, a los efectos de lo establecido en las disposiciones adicionales duodécima, segunda y tercera de la Ley 13/2003, de 23 de mayo, reguladora del contrato de concesión de obras públicas (BOE de 24-05-2003).

Asimismo, en el orden técnico, su objeto es informar de las características de la instalación proyectada, así como mostrar su adaptación a lo establecido en el 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.

1.3 RELACIÓN DE ADMINISTRACIONES, ORGANISMOS O EMPRESAS DE SERVICIO PÚBLICO O SERVICIOS DE INTERÉS GENERAL, EN LA PARTE QUE LA INSTALACIÓN PUEDA AFECTAR A BIENES Y DERECHOS A SU CARGO

- Excmo. Ayuntamiento de Garcia.
- D. G. de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a los efectos de lo preceptuado en el artículo 114 del RD 1955/2000 (en lo referente al cable de AT de interconexión del trafo con la posición de 220 kV)
- Sección de Energía de los Servicios Territoriales en Terres de l'Ebre. Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica. Generalitat De Catalunya.
- Servicios Territoriales de Urbanismo en Terres de l'Ebre. Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica. Generalitat De Catalunya.

- Servicios Territoriales de Carreteras en Terres de l'Ebre. Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica. Generalitat De Catalunya.
- Servicio Territorial del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación en Terres de l'Ebre. Generalitat de Catalunya.
- Servicio Territorial del Departamento de Cultura en Terres de l'Ebre. Generalitat de Catalunya.
- D. G. de Políticas Ambientales y Medio Natural. Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica. Generalitat De Catalunya.
- D. G. de Cambio Climático y Calidad Ambiental. Departamento de Territorio, Vivienda y Transición Ecológica. Generalitat de Catalunya.
- D. G. de Bosques y Gestión del Medio. Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Generalitat de Catalunya.
- D. G. de Protección Civil. Departamento de Interior y Seguridad Pública. Generalitat de Catalunya.
- D. G. de Planificación e Investigación en Salud. Departamento de Salud Generalitat de Catalunya.
- Secretaría de Salud Pública. Departamento de Salud. Generalitat de Catalunya.
- EDistribucion Redes Digitales S.L.U
- Berta Energías Renovables S.L.
- Confederación Hidrográfica Del Ebro.
- Agencia Catalana del Agua.
- Consejo Comarcal de Ribera d'Ebre.
- D.G de Calidad y Evaluación Ambiental. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.
- D.G. Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Oficina Española del Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Liga para La Defensa Del Patrimonio Natural (DEPANA).
- WWF/ADENA.
- S.E.O.
- GREENPEACE.
- Ecologistas En Acción De Cataluña.

1.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Parque de 400 kV

- **Nuevas posiciones de interruptor a instalar:**

Número de posiciones equipadas 6

- **Características:**

Tecnología	AIS
Instalación	Convencional Intemperie
Configuración	Interruptor y Medio
Intensidad de cortocircuito de corta duración	50 kA

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404558. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 40160725.

Transformadores:

Número	1
Número de devanados	3
Relación de transformación	400/230±15%/24 kV
Potencia	600 MVA
Configuración	Banco Autotransformadores Monofásicos
Conexión	YN a0 d11

Cables enterrados 220 kV:

Número de circuitos	1
Longitudes	0,175 km
Conductor	2500 mm Cu
Aislamiento	XLPE
Tipo de cable	RHZ1-RA+2OL(AS)1X2500M+T375AI
Número de cables por circuito	1
Capacidad de transporte	704 MVA
Instalación	Enterrada en zanja
Conexión de pantallas	Single Point

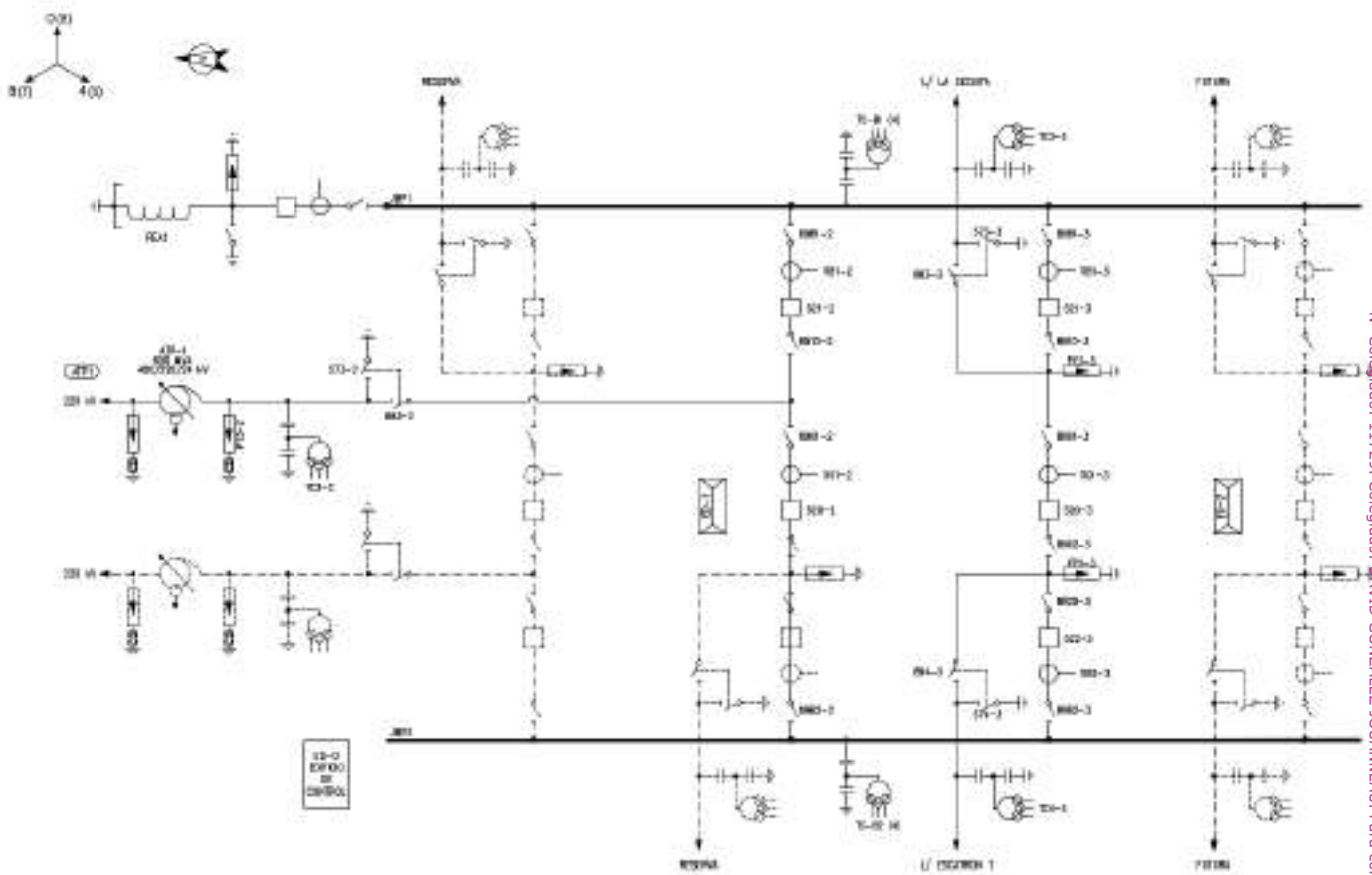
Reactancia:

Número	1
Relación de transformación	400 kV
Potencia	150 MVar
Configuración	Máquina Trifásica
Conexión	Estrella

1.5 ESQUEMA DE LA ACTUACIÓN

La actuación consiste en la nueva subestación ELS AUBALS 400 kV tipo AIS con configuración de interruptor y medio. El esquema unifilar del parque de 400 kV donde se recogen las actuaciones a realizar se muestra a continuación.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Código: 40160725.



Subestación eléctrica ELS AUBALS, parque 400 kV

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod Ver: 40160725.

2 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS EN LA SUBESTACIÓN DE ELS AUBALS

2.1 GENERALIDADES E HIPÓTESIS DE DISEÑO

2.1.1 Características básicas y emplazamiento

La subestación de ELS AUBALS 400 kV está situada en el término municipal de Garcia, provincia de Tarragona, Comunidad Autónoma de Cataluña.

La ubicación queda reflejada en el plano de situación geográfica Documento nº3 Planos del presente proyecto.

Atendiendo las características ambientales del emplazamiento seleccionado esta instalación se realiza con tecnología AIS.

De acuerdo con los criterios establecidos en el Procedimiento de Operación 13.3 Instalaciones de la Red de Transporte: *Criterios de diseño, requisitos mínimos y comprobación de equipamiento y puesta en servicio* aprobado en resolución de 11 de Febrero de 2005, de la Secretaría General de la Energía, por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, se ha proyectado que el parque de 400 kV de la subestación ELS AUBALS se construya con configuración de interruptor y medio.

2.1.2 Hipótesis de diseño

• Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

Altura media sobre el nivel del mar 37 m

Temperaturas extremas + 40° C/-20° C

Contaminación ambiental..... Bajo

Nivel de niebla..... Medio

Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se ha considerado viento horizontal con velocidad de 140 km/h.

Los embarrados y tendidos altos se han diseñado considerando la Zona A según "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008" y para el resto de la instalación con las sobrecargas consideradas en el Documento Básico de Seguridad Estructural SE-AE "Seguridad Estructural Acciones en la Edificación" del Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Respecto a las acciones sísmicas, la norma NCSR-02 contempla la necesidad de su aplicación en construcciones de especial importancia, como ésta, cuando la aceleración sísmica básica sea superior o igual a 0,04g, siendo en Garcia de 0,04g por lo que sí se tendrán en cuenta estas acciones sísmicas.

• Datos de cortocircuito

El proyecto considera una intensidad de cortocircuito de corta duración de 50 kA.

Las intensidades de cortocircuito previstas en el horizonte 2026 para el parque de 400 kV son las siguientes:

Monofásica..... 16,23 kA

Trifásica 19,31 kA

Estos valores son menores que los de la intensidad de cortocircuito de corta duración de diseño.

• Datos del terreno a efectos de la red de tierras

A efectos de cálculo se considera una resistividad del terreno de 200 ohm*m.

2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

2.2.1 Descripción general de la instalación

El parque de 400 kV en la subestación de ELS AUBALS responde a las siguientes características principales:

Tensión nominal.....	400 kV
Tensión más elevada para el material (Um)	420 kV
Tecnología	AIS
Instalación.....	Intemperie
Configuración	Interruptor y Medio
Intensidad de cortocircuito de corta duración	50 kA

2.2.2 Configuración y disposición general de la instalación

Calle	Posición	Nº de interruptores nuevos
0	Reactancia RPT1	1
1	Reserva	0
1	Reserva Central calle 1	0
1	Reserva	0
2	Autotransformador ATP1	1
2	Central calle 2	1
2	Reserva	0
3	L/La Secuita	1
3	Central calle 3	1
3	L/Escatrón	1
4	Reserva	0
4	Reserva Central calle 4	0
4	Reserva	0

La configuración y disposición general de la instalación queda reflejada en los planos: esquema unifilar simplificado, planta general y secciones generales del Documento nº3 Planos del presente Proyecto.

Conductor-conductor 1.800 mm

Para la determinación de este tipo de distancias, se han tenido en cuenta los siguientes criterios básicos de implantación:

Las distancias serán tales que permitirán el paso del personal y herramientas por todos los puntos del parque de intemperie bajo los elementos en tensión sin riesgo alguno.

Deberán permitir el paso de vehículos de transporte y de elevación necesarios para el mantenimiento o manipulación de elementos de calles en descargo, bajo el criterio de gálibos estipulados.

No se han tenido en cuenta, por lógica, las exigencias que se deriven de la realización de trabajos de conservación bajo tensión. En estos casos será necesario aumentar las distancias entre fases con respecto a la disposición física preestablecida, con lo que el resto de los condicionantes se cumplirá con un margen mayor.

Al considerar todo lo anterior, y de acuerdo con lo que se indica, se establecerán las siguientes distancias en el parque de 400 kV:

Entre ejes de aparellaje 5.000 mm
Entre ejes de conductores tendidos 6.000 mm
Anchura de calle 20.000 mm
Altura de embarrados de interconexión entre aparatos... 7.500 mm
Altura de embarrados principales altos 13.500 mm
Altura de tendidos altos 20.450 mm

Como se puede observar, las distancias mínimas son muy superiores a la preceptuada en la normativa.

Con respecto a la altura de las partes en tensión sobre viales y zonas de servicio accesibles al personal, la normativa, prescribe una altura mínima de 2.300 mm a zócalo de aparatos, lo que se garantizará con las estructuras soporte del aparellaje.

2.3.3 Embarrados

Los conductores del parque de 400 kV estarán dispuestos en tres niveles:

Embarrados bajos, conexiones entre aparatos a 7,5 m de altura. Se realizarán con tubo de aluminio.
Embarrados altos, barras principales de tubo de aluminio a 13,5 m de altura en configuración apoyada sobre aisladores soporte.
Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 20,45 m de altura.

- **Embarrados en tubo**

Las características de los tubos destinados a los embarrados principales de 400 kV serán las siguientes:

Aleación..... AlMgSiO, 5 F22
Diámetros exterior/interior..... 250/228 mm
Sección total del conductor..... 8.259 mm²
Intensidad admisible permanente a 85° C 7.824 A

Las características de los tubos destinados a la interconexión del aparellaje serán las siguientes:

Aleación..... AlMgSiO, 5 F22
Diámetros exterior/interior..... 150/134 mm
Sección total del conductor..... 3.569 mm²
Intensidad admisible permanente a 85° 4.408 A

Los tubos no podrán ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que se ha previsto que su suministro se realice en tiradas continuas y en tramos conformados, cortados y curvados en fábrica, debiéndose proceder a pie de obra tan sólo a su limpieza y montaje posterior.

En todos los tramos superiores a 6 m se ha previsto la instalación en el interior de la tubería de cables de amortiguación. Estos serán del mismo tipo y características indicados para los embarrados en cable en formación simple.

• Disposición y tipo de embarrado

Se adaptará al nivel en que los conductores están dispuestos en el parque de 400 kV:

Tendidos altos de cable dúplex de aluminio-acero a 20,45 m de altura.

• Embarrados con cable

Los tendidos altos estarán formados por cables de aluminio con alma de acero tendrá con la siguiente configuración y características:

Formación	Duplex
Tipo	Lapwing
Sección total del conductor.....	861,33 mm²
Diámetro exterior	38,16 mm
Intensidad admisible permanente a 35º C de temperatura ambiente y 85º C en conductor	2.846 A

El amarre de las conexiones tendidas a los pórticos se realizará mediante doble cadena de aisladores de vidrio y contemplada con la piecería adecuada.

La unión entre conductores y entre éstos y el aparellaje se realizará mediante piezas de conexión provistas de tornillos de diseño embutido, y fabricadas según la técnica de la masa anódica.

2.3.4 Características de la aparamenta

Se relaciona a continuación el aparellaje de la instalación, con el nivel de aislamiento definido anteriormente (AIS) en el parque de 400 kV.

Equipos con aislamiento en Aire

• Interruptores automáticos:

- Tensión más elevada..... 420 kV
- Intensidad nominal..... 4.000 A
- Intensidad límite térmica..... 50 kA
- Frecuencia nominal..... 50 Hz
- Tipo de mando..... Resortes
- Tecnología cámara de corte SF6

• Transformadores de intensidad:

- Tensión más elevada..... 420 kV
- Intensidad límite térmica 40 kA

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

• Transformadores de tensión

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado DAVID BENZALÉZAR DE JUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod Ver: 40160725.

- Tensión más elevada..... 420 kV
- Factor de tensión nominal en servicio continuo..... 1,2

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a lo preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

● Seccionadores de barras:

Los seccionadores de barras del Parque de 400 kV serán de tipo pantógrafo, de mando monopolar, motorizado y con las siguientes características:

- Tensión más elevada..... 420 kV
- Intensidad nominal..... 3.150 A
- Intensidad límite térmica 50 kA

● Seccionadores de línea:

Los seccionadores de línea del Parque de 400 kV serán de tipo rotativo de tres columnas con puesta a tierra de mando monopolar motorizado, y con las siguientes características:

- Tensión más elevada..... 420 kV
- Intensidad nominal..... 3.150 A
- Intensidad límite térmica 50 kA
- Intensidad límite dinámica..... 125 kA (valor cresta)
- Frecuencia nominal..... 50 Hz

● Seccionadores de aislamiento (seccionadores de posición):

Los seccionadores de aislamiento del Parque de 400 kV serán de tipo rotativo de tres columnas sin puesta a tierra, de mando monopolar motorizado, y con las siguientes características:

- Tensión más elevada..... 420 kV
- Intensidad nominal..... 3.150 A
- Intensidad límite térmica 50 kA
- Intensidad límite dinámica..... 125 kA (valor cresta)
- Frecuencia nominal..... 50 Hz

● Pararrayos:

Se dispondrán autoválvulas con las siguientes características:

- Tensión nominal 360 kV
- Tensión operación continua >266 kV
- Intensidad nominal de descarga 20 kA

● Aisladores de apoyo:

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados principales del parque de 400 kV se seleccionan con línea de fuga normal (LNF) y tienen las siguientes características:

- Tipo C16-1425 (LNF)

- Carga de rotura a flexión 16.000 N
- Carga de rotura a torsión 6.000 Nm
- Longitud línea de fuga 10.500 mm

Los aisladores soporte para apoyo de los embarrados secundarios del parque de 400 kV se seleccionan con línea de fuga normal (LNF) y tienen las siguientes características:

- Tipo C8-1425 (LNF)
- Carga de rotura a flexión 8.000 N
- Carga de rotura a torsión 4.000 Nm
- Longitud línea de fuga 10.500 mm

● Máquinas de Potencia

○ Banco de autotransformadores monofásicos:

Se instalará 1 banco de transformación 400/220/24 kV, cada uno de ellos formado por un conjunto de tres autotransformadores monofásicos con las siguientes características:

- Tipo Acorazado, monofásico
- Tensión nominal..... 400: $\sqrt{3}$ / 230: $\sqrt{3}\pm 15\%$ / 24 kV
- Potencia 3x200/200/40 MVA
- Número de escalones..... 21
- Refrigeración..... ONAN(50%) / ONAF(75%) / OFAF(100%)
- Grupo de transformación YN, a0, d11

Las tres máquinas se conectarán en estrella en el primario y secundario, formando el punto de la estrella entre los neutros respectivos en un único punto común que a su vez se conectará a la malla de puesta a tierra de la subestación.

Los terciarios de las máquinas monofásicas se conectarán en triángulo aislado de tierra mediante conductores de cobre aislado.

Se dispondrá en cada tramo de transformación un armario en intemperie para la centralización de los circuitos de control y la distribución de las alimentaciones a los sistemas de refrigeración de las unidades monofásicas que constituyen el banco.

● Cable Aislado 220 kV:

Para la conexión entre la salida del auto ATP-1 en 220 kV con su posición correspondiente en la sala GIS del edificio de 220 kV, se utilizará cable aislado de las siguientes características:

- Tipo XLPE 1x2500 mm² 127/220 kV de Cu (50 kA)
- Sección nominal 1 x 2.500 mm²

- Tensión nominal127/220 kV
- Resistencia máxima en continua a 20°C <7.2μΩ/m
- Capacidad nominal <0,29 μF/km
- Tensión nominal simple, U₀ 127 kV
- Tensión nominal entre fases, U 220 kV
- Tensión máxima entre fases, U_m 245 kV
- Tensión a impulsos, U_p 1.050 kVp
- T^a máxima admisible en el conductor en servicio permanente 90°C
- T^a máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito... 250°C
- Intensidad máx. de cortocircuito en el conductor durante..... 0,5 s. 505.9 kA
- Radio mínimo de curvatura 3 m
- Radio mínimo de curvatura durante la instalación (al aire) 4.5 m
- Radio mínimo de curvatura durante la instalación (en tubo) 5 m

EMPALMES Y TERMINALES

Los empalmes y terminales de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento, utilizando los materiales adecuados y de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Las líneas se tenderán en tramos de la mayor longitud posible, de tal forma que el número de empalmes necesarios sea el mínimo.

En los puntos de unión de los distintos tramos de tendido se utilizarán empalmes adecuados a las características de los conductores a unir.

Los empalmes y terminales no deberán disminuir en ningún caso las características eléctricas y mecánicas del cable, debiendo cumplir las siguientes condiciones básicas:

- La conductividad del empalme o terminal deberá ser igual o superior a la de un solo conductor de la misma longitud.
- El aislamiento ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio del cable.
- El empalme o terminal debe estar protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.
- El empalme o terminal debe resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, así como el efecto térmico de la corriente, tanto en régimen normal como en caso de sobrecargas y cortocircuitos.
- Los empalmes y terminales serán premoldeados y ensayados en fábrica según especificaciones.

● Reactancia con Puesta a Tierra:

Se instalará una reactancia de las características siguientes:

- Tensión nominal..... 400 kV
- Tensión más elevada para el material..... 420 kV
- Potencia..... 150 MVar
- Conexión..... Estrella
- Refrigeración..... ONAN

- Estado del Neutro Rígido a Tierra
- Instalación..... Convencional exterior

La reactancia se conectará a barras, con una configuración de estrella, en el parque de 400 kV de la subestación de ELS AUBALS 400 kV. En las bornas de dicha reactancia se encontrarán dispuestos transformadores de intensidad toroidales, con la relación de transformación y clase de precisión adecuada para su correcto funcionamiento de medidas de protección diferencial de reactancia y sobreintensidades. Se dispondrá de un armario en intemperie para la centralización de los circuitos de control y protección.

2.4 RED DE TIERRAS

2.4.1 Red de tierras inferiores

Con el fin de conseguir tensiones de paso y contacto seguras, la subestación está dotada de una malla de tierras inferiores formada por cable de cobre, enterrada en el terreno, formando retículas que se extienden por todas las zonas ocupadas por las instalaciones, incluidas cimentaciones, edificios y cerramiento.

Se conectarán a la red de tierras de la subestación todas las partes metálicas no sometidas a tensión normalmente, pero que pudieran estarlo como consecuencia de averías, sobretensiones por descargas atmosféricas o tensiones inductivas, como la estructura metálica, las bases del aparellaje y los neutros de transformadores de medida, etc.

Estas conexiones se fijarán a la estructura y carcassas del aparellaje mediante tornillos y grapas especiales que aseguran la permanencia de la unión, haciendo uso de soldaduras aluminotérmicas de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

Para la comprobación de las condiciones de seguridad de la red de tierras se consideran las intensidades de cortocircuito previstas en el horizonte 2026 (ver el apartado 2.1.2). En el desarrollo final de la instalación, la malla de tierra se dimensiona para soportar las intensidades de cortocircuito de corta duración de diseño.

En el Anexo de Cálculos se han reflejado los datos y cálculos de la malla a instalar. Este sistema de puesta a tierra aparece reflejado en el Documento nº3 Planos del presente Proyecto.

2.4.2 Red de tierras superiores

Con el objeto de proteger los equipos de descargas atmosféricas directas, la subestación está dotada con una malla de tierras superiores, unida a la malla de tierra de la instalación a través de robustos elementos metálicos, lo que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla y la protección frente a descargas atmosféricas de toda la instalación.

2.5 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las estructuras metálicas y soportes del aparellaje complementario de la nueva posición, se han diseñado con perfiles de acero. Todas las estructuras y soportes serán galvanizados en caliente como protección contra la corrosión.

Para el anclaje de estas estructuras, se dispondrán cimentaciones adecuadas a los esfuerzos que han de soportar, construidas a base de hormigón y en las que quedarán embebidos los pernos de anclaje correspondientes.

2.6 SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN

2.6.1 Sistemas de control

El sistema de control de la instalación está formado por una unidad central con equipos redundados, puesto de operación duplicado y unidades locales distribuidas. La unidad central redundada es la encargada de comunicarse con los despachos de operación.

La captación de la información necesaria para la operación local o remota (telecontrol) y la funcionalidad de control (mando, alarmas y señalizaciones) se ejecuta a cargo de las unidades locales de control de posición.

2.6.2 Sistemas de protecciones

Conforme a lo requerido en los "Criterios generales de protección" se define un sistema basado en dos sistemas de protección independientes que garanticen el despeje de las perturbaciones (faltas) en tiempos inferiores al tiempo crítico de la instalación.

Para los diferentes elementos de la subestación se consideran el siguiente equipamiento:

- **Embarrados:**

En subestaciones de interruptor y medio, se prevé la instalación de dos sistemas de protección independientes con función de protección diferencial (87B)

- **Líneas:**

En cada posición se prevé la instalación de un bastidor de relés equipado con dos sistemas de protección independientes con las siguientes funciones principales:

- Función diferencial (87).
- Funciones de distancia (21).
- Función de protección de calle (50C) en el caso de interruptor y medio
- Reenganche (79). En el caso de líneas completamente soterradas, no se activa esta función. En el caso de líneas con tramos soterrados y tramos aéreos, se incluye la función PSOT que evita el reenganche cuando la falta es en el tramo soterrado.
- Sobreintensidad (51, 51N), sobre intensidad direccional de neutro (67N)
- Localizador de faltas y oscilografía.
- Protección contra sobretensiones (59).
- Funciones de interruptor (fallo de interruptor, sincronismo, mínima tensión, discordancia de polos, vigilancia de circuitos de disparo)
- Funciones de monitorización y medida

- **Transformadores:**

En cada posición se prevé la instalación de un bastidor de relés equipado con dos sistemas de protección independientes con las siguientes funciones principales:

- Protección de principio diferencial (87).
- Protección de distancia (21).
- Protección de calle (50C) en el caso de interruptor y medio
- Sobreintensidad (51, 51N), sobre intensidad direccional de neutro (67N)
- Oscilografía.
- Funciones de interruptor (fallo de interruptor, sincronismo, acoplador de redes, mínima tensión, discordancia de polos, vigilancia de circuitos de disparo)

- ## 2.7 SERVICIOS AUXILIARES

Servicios Auxiliares de Corriente Alterna.

Servicios Auxiliares de Corriente Continua.

2.8 SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES

Telecomunicaciones para funciones de protección y telecontrol

Para la comunicación que requiere las funciones de protecciones de línea, de telecontrol y los servicios propios de telecomunicaciones se ha previsto desplegar equipos de transmisión (basados en tecnología MPLS, WDM o SDH) que a su vez están soportados por la red de fibra óptica.

Las protecciones de distancia, interruptor y otras que requieran de la funcionalidad de teledisparo serán conectadas a teleprotecciones, equipadas con suficientes órdenes para satisfacer el servicio requerido.

Red de fibra óptica en la subestación

Se ha previsto una red de fibra óptica, en configuración de doble estrella con cables de fibra multimodo, desde el armario de fibra multimodo, hasta las dependencias, interiores o exteriores del edificio, que requieren servicios de comunicación de protecciones, servicios de telecontrol, telegestión, sincronización horaria y telefonía, dando con ello servicio a las nuevas posiciones.

Telegestión de protecciones, sistemas de telecontrol y equipos de comunicaciones.

Todos los equipos de protecciones, telecontrol y comunicaciones asociados a la posición de este proyecto van a ser telegestionados, por medio de su conexión a la red de servicios IP de la red de transporte de RED ELÉCTRICA. Esta red se distribuye por la subestación soportada por la red de fibra multimodo.

Red de Telefonía

La red de telefonía corporativa de RED ELÉCTRICA se ha previsto que sea extendida y desplegada en esta subestación por medio del uso de equipos y terminales preparados para el establecimiento de comunicaciones de voz. Esta soportada por las redes IP desplegadas en la subestación y permite el acceso a las funcionalidades de comunicación vocal normalizadas en RED ELÉCTRICA.

Ciberseguridad

Todos los sistemas de telecomunicaciones, control y protecciones deberán cumplir con las normas y criterios de ciberseguridad vigentes en RED ELÉCTRICA.

2.9 OBRA CIVIL Y EDIFICACIÓN

2.9.1 Movimiento de tierras

2.9.2 Drenajes

En la plataforma se han previsto los tubos drenantes necesarios para evacuar las aguas en un tiempo razonable, de forma que no se produzca acumulación de agua en la instalación y se consiga la máxima difusión posible de las aguas de lluvia realizada la ampliación de la subestación.

La recogida de las aguas residuales se ha previsto con depósito estanco de poliéster reforzado con fibra de vidrio capaz de retener por un periodo determinado de tiempo las aguas servidas domésticas y equipado con tapa de aspiración y vaciado.

Los trabajos a acometer requieren la conexión a la red de pluviales existentes.

2.9.3 Cimentaciones, viales y canales de cables

Se han previsto las cimentaciones, canales de cables y viales necesarios conforme al plano incluido en el Documento nº3 Planos del presente proyecto.

Las nuevas cimentaciones a realizar serán las correspondientes al nuevo aparellaje a instalar.

Se ampliará la red de canales. Los canales de cables serán prefabricados, del tipo: A en acceso al aparellaje y B en principales de posición.

2.9.4 Accesos

Se mantiene el acceso a la instalación para el parque de 220 kV existente, que será compartido con el del nuevo parque de 400 kV.

2.9.5 Edificios y casetas

• Edificio de mando y control

En la Subestación se construirá un Edificio de una planta, de dimensiones adecuadas para albergar las instalaciones y equipos, conforme a los planos de planta, alzado y secciones del Documento nº3 Planos del presente proyecto.

Este edificio, dispondrá de sala de mando y control, sala de comunicaciones, sala de servicios auxiliares, aseos, un hall de entrada, archivo y un almacén. Albergará el edificio los equipos de comunicaciones de toda la subestación, la unidad central y monitores del sistema de control digital, equipos cargador-batería cuadros de servicios auxiliares de c.c. y c.a y centralitas de alarmas de los sistemas de seguridad y anti-intrusismo.

Básicamente se trata de un edificio con zócalo inferior de hormigón visto, cerramiento prefabricado con voladizo superior y peto y cubierta plana con placas alveolares e impermeabilización, con acabado exterior color ocre mate para integración paisajística

La cimentación vendrá determinada por las cargas propias y de uso, así como de las condiciones de cimentación del terreno que determine el oportuno estudio geotécnico.

Las salas de control, de comunicaciones y servicios auxiliares contarán con falso suelo. En la parte inferior del muro se habilitarán huecos para el paso de cables.

Para la climatización del Edificio se instalarán dos equipos de aire acondicionado solo frío en la sala de control y comunicaciones, y se instalará uno más en la sala de servicios auxiliares; además se instalarán radiadores eléctricos con termostato para calefacción en todas las dependencias.

Es imprescindible que ante un corte de corriente (conmutación de servicios auxiliares, etc.) los equipos continúen funcionando, sin necesidad de reconexión manual. Se incluirá un automatismo de control y alarma de los grupos refrigeradores.

En la sala de servicios auxiliares se instalará un extractor para ventilación y un equipo de aire acondicionado.

• Casetas de relés

Se construirán 2 casetas de relés de dimensiones interiores adecuadas para albergar los equipos necesarios conforme al plano correspondiente "Casetas de relés prefabricada arquitectura y montaje" del Documento nº3 Planos del presente proyecto.

En estas casetas, se ubicarán los bastidores de protecciones, cuadros de servicios auxiliares y armarios de comunicaciones.

Estas casetas son del tipo prefabricado, de paneles de hormigón armado y cubierta plana, con acabado exterior color ocre mate para integración paisajística.

En la solera, en todo el perímetro, se construirá un canal para el paso de cables hasta los armarios y bastidores.

Para la climatización de la caseta se ha proyectado la instalación de dos equipos de aire acondicionado, solo frío y radiadores eléctricos con termostato para calefacción.

Es imprescindible que ante un corte de corriente (conmutación de servicios auxiliares, etc.) los equipos continúen funcionando, sin necesidad de reconexión manual. Se incluirá un automatismo de control y alarma de los grupos refrigeradores.

2.9.6 Cerramiento

Se realizará un cerramiento de toda la subestación de al menos 2 metros de altura:

Este cerramiento será de valla metálica de acero galvanizado reforzado, rematado con alambrada de tres filas, con postes metálicos, embebidos sobre murete corrido de hormigón de 0,5 m de altura.

Se dispondrán las siguientes puertas:

- Puerta de acceso de peatones de 1 m de anchura, con cerradura eléctrica, para apertura desde el edificio de control.

- Puerta de acceso de vehículos de 6 m de anchura, de tipo corredera, motorizada con cremallera y automatismo de cierre y apertura a distancia.

2.10 INSTALACIONES DE ALUMBRADO Y FUERZA

2.10.1 Alumbrado

Calles y posiciones

De acuerdo con la normalización, el alumbrado normal de calles se realizará con proyectores orientables montados a menos de 3 m de altura. Serán de haz semi-extensivo, para que con el apuntamiento adecuado se pueden obtener 50 lux en cualquier zona del parque de intemperie.

Viales

Alumbrado con luminarias montadas sobre báculos de 3 m de altura, para un nivel de iluminación de 5 lux.

Se dispondrá, asimismo, de alumbrado de emergencia constituido por grupos autónomos colocados en las columnas de alumbrado, en el caso de viales perimetrales y sobre la misma estructura que el alumbrado normal o tomas de corriente en el parque de intemperie. El sistema de emergencia será telemandado desde el edificio de control y los equipos tendrán una autonomía de una hora.

Se dispondrá de fotocélula para el encendido del alumbrado exterior.

Edificio y casetas

Los niveles de iluminación en las distintas áreas serán de 500 lux en salas de control y de comunicaciones y de 300 lux en sala de servicios auxiliares, taller y casetas de relés.

Los alumbrados de emergencia del edificio y casetas, estarán situados en las zonas de tránsito y en las salidas. Su encendido será automático en caso de fallo del alumbrado normal, si así estuviese seleccionado con autonomía de una 1 hora.

2.10.2 Fuerza

Se instalarán tomas de fuerza combinados de 3P+T (32 A) y 2P+T (16 A) en cuadros de intemperie anclados a pilares próximos a los viales, de forma que cubran el parque considerando cada conjunto con un radio de cobertura de 25 m.

2.11 SISTEMA CONTRA INCENDIOS Y ANTI INTRUSISMO

Sistema Contra incendios

Se dispondrá de detectores de incendios en todos los edificios y casetas de la Subestación. Serán del tipo analógicos ópticos, excepto en el almacén y campana exterior que serán termo-velocimétricos.

También se dispondrán de los correspondientes extintores en el edificio tanto de CO2 como de polvo, así como carros extintores de 50 kg de polvo para el parque.

Sistema Anti-intrusismo

El sistema anti-intrusismo estará compuesto por contactos magnéticos, detectores volumétricos de doble tecnología y sirena exterior.

Se adecuará una central para controlar el sistema de incendios e intrusión, encargado de activar y transmitir las alarmas generadas.

Se dispondrá de cámaras de seguridad en el parque ubicadas según indicaciones del departamento de seguridad de RED ELÉCTRICA.

3 NORMATIVA APLICADA

El presente Proyecto ha sido redactado básicamente conforme el 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 y a la norma UNE-EN 62271-1:2009 Aparata de alta tensión (de la derivada de la Directiva CENELEC).

En el Documento 2: Pliego de Condiciones Técnicas se especifican en detalle las normas y reglamentos específicos aplicados para la redacción y ejecución del presente proyecto.

Se ha tenido en cuenta en el proyecto lo indicado en la Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno, y el Decreto 190/2015, de 25 de agosto, de despliegue de la Ley 6/2001.

Según el mapa de protección de la contaminación lumínica de Cataluña, la Subestación La Secuita se encontrará en zona E2 (protección alta). A fin de cumplir la normativa referida a la iluminación exterior, el proyecto debe justificar el cumplimiento de los puntos del anexo 2 del Decreto 190/2015 respecto a la iluminación e iluminancia.

4 PLAZO DE EJECUCIÓN Y FECHA PREVISTA DE PUESTA EN SERVICIO

Se estima en 12 meses el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se detallan en el presente Proyecto de Ejecución.

Madrid, noviembre de 2024

El Ingeniero industrial

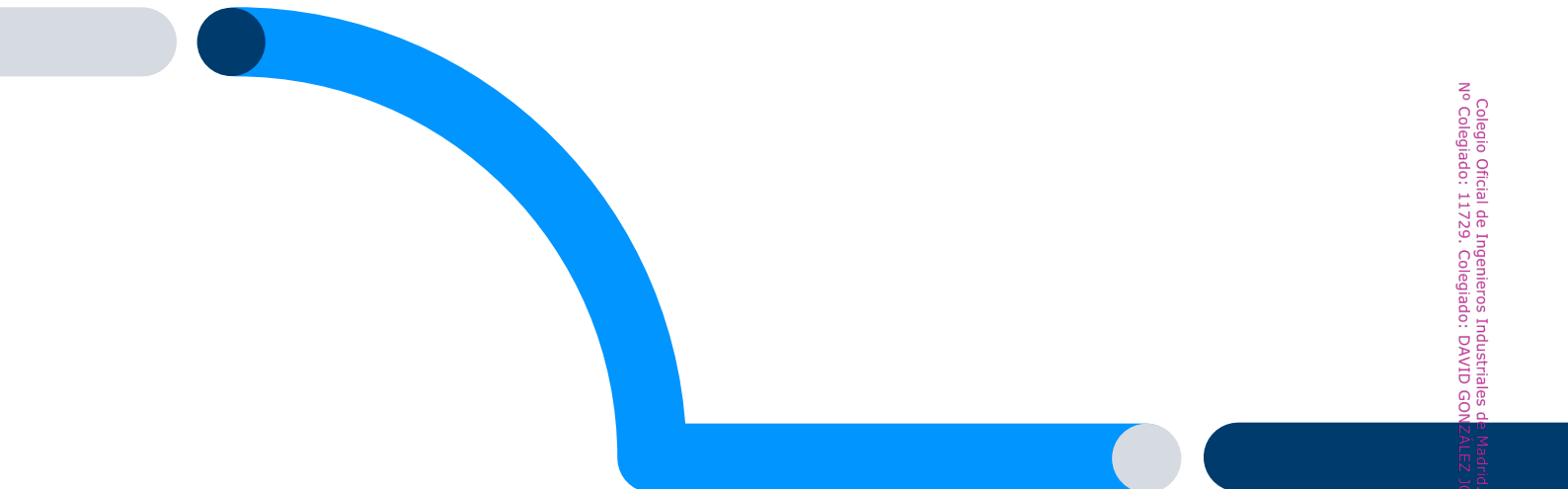


David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 1329, Colegiado: DAVI GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod Ver: 40160725.



red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN

ELS AUBALS 400 kV

ANEXO 1

CÁLCULOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
octubre de 2025

Índice

1	OBJETO	4
2	SUBESTACIÓN ELS AUBALS 400kV	5
2.1	CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS	5
2.1.1	Hipótesis de diseño.	5
2.1.2	Condiciones de la instalación	5
2.1.3	Normativa aplicable	5
2.1.4	Características de los materiales / equipos a instalar	5
2.1.5	Cálculo mecánico del embarrado PRINCIPAL	5
2.1.5.1	Cálculo Corriente de cortocircuito	5
2.1.5.2	Tensión en el tubo	5
2.1.5.3	Reacciones sobre aisladores soporte	12
2.1.5.4	Flecha en el tubo	14
2.1.5.5	Elongación del embarrado	14
2.1.5.6	Esfuerzo térmico en cortocircuito	14
2.1.5.7	Intensidad nominal de las barras	15
2.1.6	Cálculo mecánico del embarrado SECUNDARIO	16
2.1.6.1	Corriente de cortocircuito	16
2.1.6.2	Tensión en el tubo	16
2.1.6.3	Reacciones sobre aisladores soporte	20
2.1.6.4	Flecha en el tubo	20
2.1.6.5	Elongación del embarrado	21
2.1.6.6	Esfuerzo térmico en cortocircuito	21
2.1.6.7	Intensidad nominal de las barras	22
2.2	CÁLCULOS DE EFECTO CORONA	22
2.2.1	Cálculo de la tensión disruptiva.	22
2.3	DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS DE EMBARRADOS TENDIDOS	24
2.3.1	Hipótesis de diseño	24
2.3.2	Normativa aplicable	25
2.3.3	Desplazamiento del vano con viento	25
2.3.4	Efecto en conductores por corriente de cortocircuito	26
2.3.5	Aproximación de conductores	29

2.3.6 Distancia entre fases en cortocircuito30

2.3.7 Distancias mínimas a adoptar.....30

2.3.8 Efectos sobre conductores en haz.....30

2.4 RED DE TIERRAS INFERIORES31

2.5 RED DE TIERRAS SUPERIORES.....37

2.6 CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS APLICABLES A LA LINEA DE **220 kV** DE INTERCONEXION ENTRE PARQUES39

2.6.1 Características eléctricas.....39

2.6.2 Datos térmicos de funcionamiento.....39

2.6.3 Sistema de puesta a tierra de las pantallas metálicas.....39

2.6.4 Cable de potencia.....40

2.6.5 Sistemas de puesta a tierra de las pantallas metálicas.....41

2.6.5.1 Intensidad de corriente admisible en régimen permanente.41

2.6.5.2 Cálculo de la capacidad de transporte de la conexión41

2.6.5.3 Pérdidas eléctricas nominales41

2.6.5.4 Intensidad de corriente admisible en cortocircuito41

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Colegiado: 1379, Colegiado: DAVILA JUAN CARLOS, para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod Ver: 40160725.

1 OBJETO

El objeto de este documento es justificar, desde el punto de vista técnico, las soluciones adoptadas en la subestación para los elementos más críticos de su configuración y, asimismo, para permitir la entrada y salida de la línea en la subestación.

Este documento incluye la justificación de los siguientes elementos:

- Determinación de distancias eléctricas mínimas en embarrados rígidos.
- Determinación de distancias eléctricas mínimas en embarrados tendidos.
- Determinación de efecto corona.
- Red de tierras inferiores.
- Red de tierras superiores.
- Cálculos eléctricos de la línea de 220 [kV] de interconexión entre parque 220 kV y transformador de potencia.

Cada apartado contiene la normativa aplicable en cada caso, las hipótesis de diseño, los cálculos justificativos, criterios de validación y conclusiones.

2 SUBESTACIÓN ELS AUBALS 400[kV]

2.1 CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS

2.1.1 Hipótesis de diseño.

La corriente de cortocircuito trifásica prevista en el horizonte 2026 es de 16,1 [kA]. Para permitir evoluciones futuras del sistema eléctrico sin impacto en la nueva subestación, se adoptan los siguientes valores de diseño:

Icc simétrica (Ik'') [kA]	50
R/X (sistema) [Ω /m]	0,07
Duración del cortocircuito (Tk) [seg]	0,5

Conductor rígido.

Se van a realizar interconexiones con dos tipos de tubos:

Tubo en embarrado principal	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	250
Diámetro interior (d) [mm]	228

Tubo en embarrado secundario	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	150
Diámetro interior (d) [mm]	134

Condiciones del vano.

La geometría y condiciones de anclaje en los extremos de los vanos considerados como más desfavorable son las siguientes:

Vano A (Barras principales)	
Longitud de vano [m]	20,0
Distancia entre fases [m]	5,0
Anclajes	Fijo - Elástico
Vano B (Conexión entre aisladores soporte)	
Longitud de vano [m]	8
Distancia entre fases [m]	5
Anclajes	Fijo - Elástico

2.1.2 Condiciones de la instalación

La altura a la que se encuentra la subestación sobre el nivel del mar demarca la zona en la que se encuentra según la norma "ITC-LAT 2013", a partir de esto se realizan las consideraciones dependientes a la climatología que indican las normas "ITC-LAT 2013" y "EN 50341-1-2012"

- Sobrecarga debida al Hielo: para la consideración de este parámetro se utilizará la siguiente expresión que es proporcionada por la norma:

$$\text{Sobrecarga debida al Hielo} = P_1 \cdot \sqrt{d_{\text{exterior}}} \text{ [kg/m]}$$

Donde:

P_1 : Parámetro que varía entre (0, 0,18 y 0,36) dependiendo de la altitud de la subestación.

d_{exterior} : Diámetro exterior del tubo.

Por lo cual tendremos los siguientes resultados:

Coeficiente de norma (P_1)	0,000
Sobrecarga debida al Hielo Vano A [kg/m]	0,000
Sobrecarga debida al Hielo Vano B [kg/m]	0,000

- Presión de viento: para la consideración de este parámetro se deben llevar a cabo la determinación de la densidad del aire a la altura correspondiente y la velocidad máxima del viento que se tendrá como parámetro, y las expresiones correspondientes son:

$$P_{\text{viento}} = \frac{1}{2} \rho V_h^2 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

Donde:

ρ : Densidad del aire a la altura determinada, se define por medio de la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_{\text{aire}} \frac{288}{T'} e^{-1,2 \cdot 10^{-4} \cdot H} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

T' : Diferencia de temperatura ambiente a la temperatura en servicio.

H : Altura a la que se encuentra la subestación.

V_h : Velocidad de viento máxima dada por la norma por el nivel de tensión, $V_h = 140 \text{ Km/h}$

Con lo cual tendremos que:

Densidad del aire calculada (ρ) [kg/m ³]	1,114
Presión del viento (N/m ²)	842,260

2.1.3 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:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 337/2014 de 9 de mayo y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008.
- Norma UNE EN 60865-1:2013, Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- Norma UNE-EN-60909-0:2016 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
- Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.1.4 Características de los materiales / equipos a instalar

Conductor rígido	
Tubo en embarrado principal	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	250
Diámetro interior (d) [mm]	228
Espesor de la pared (e) [mm]	11
Peso propio unitario (Ppt) [kg/m]	22,3
Sección (A) [mm ²]	8259
Carga de rotura del material (a_R) [N/mm ²]	195
Momento de inercia (J) [cm ⁴]	5910
Momento resistente (W) [cm ³]	473
Módulo de elasticidad (Young) (E) [N/mm ²]	70000
Límite de fluencia mínimo del material (Rpo2) [N/mm ²]	160
Coeficiente de dilatación lineal (s) [1/°K]	0,000023
Intensidad máxima [A]	5014
Densidad de corriente en cortocircuito del tubo [A/mm ²]	116
Tubo en embarrado secundario	
Aleación	E-AlMgSi0,5, F22
Diámetro exterior (D) [mm]	150
Diámetro interior (d) [mm]	134
Espesor de la pared (e) [mm]	8
Peso propio unitario (Ppt) [kg/m]	9,64
Sección (A) [mm ²]	3569

Carga de rotura del material (a_R) [N/mm ²]	195
Momento de inercia (J) [cm ⁴]	902
Momento resistente (W) [cm ³]	120
Módulo de elasticidad (Young) (E) [N/mm ²]	70000
Límite de fluencia mínimo del material (R _{p02}) [N/mm ²]	160
Coeficiente de dilatación lineal (s) [1/K]	0,000023
Intensidad máxima [A]	3250
Densidad de corriente en cortocircuito del tubo [A/mm ²]	116

Características de los aisladores soporte

En los tramos del vano A y vano B correspondientes a las barras principales y secundarias respectivamente se instalan aisladores de las siguientes características mecánicas:

Características de los aisladores soporte	
Aisladores (Vano A, principal)	
Carga de rotura a flexión [N]	16000
Carga de rotura a torsión [N]	6000
Altura del aislador [mm]	3150
Altura de la pieza soporte [mm]	220
Aisladores (Vano B, secundario)	
Carga de rotura a flexión [N]	8000
Carga de rotura a torsión [N]	4000
Altura del aislador [mm]	3150
Altura de la pieza soporte [mm]	170

2.1.5 Cálculo mecánico del embarrado PRINCIPAL.

2.1.5.1 Cálculo Corriente de cortocircuito

Como ya se ha dicho, la intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_k'') a efectos de diseño es de 50 [kA] en el parque de 400 [kV].

La intensidad de cresta, (Según la norma "UNE-EN 60909-0-2012") tiene un valor de:

$$I_p = \kappa \sqrt{2} I_k'' [kA]$$

Donde:

κ : Factor de la intensidad pico definido por la siguiente expresión:

$$\kappa = 1,02 + 0,98 e^{-3 (R/X)}$$

R/X : Relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito que, para la red de transporte en este nivel de tensión, vale típicamente 0,07.

Por lo cual tendremos los siguientes resultados:

Intensidad de Cresta (kA)	128,296
Factor k	1,814

2.1.5.2 Tensión en el tubo

Esfuerzo por viento F_V :

$$F_V = P_{viento} \cdot d_{exterior} [N/m]$$

Esfuerzo por peso propio F_{pp} :

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g [N/m]$$

Donde la gravedad está definida como $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ y P_{pt} es el peso propio unitario de conductor rígido.

Esfuerzo por peso del cable amortiguador F_{pa} :

$$F_{pa} = \frac{4}{3} (\text{Peso del cable amortiguador}) \cdot g [N/m]$$

Donde el peso del cable amortiguador viene dado para los cuatro tercios de cable.

Esfuerzo por peso Total F_p :

$$F_p = F_{pp} + F_{pa} [N/m]$$

Esfuerzos por hielo F_h :

$$F_h = P_1 \cdot g \cdot \sqrt{d_{exterior}} [N/m]$$

Donde:

P_1 : Parámetro que varía entre (0,018 y 0,36) dependiendo de la altitud de la subestación.

$d_{exterior}$: Diámetro exterior del tubo.

Esfuerzos por cortocircuito F_s :

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 60865-1-2013":

$$F_s = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\mu_0}{a \cdot \pi} (I_p)^2 [N/m]$$

Donde:

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \cdot 10^{-7} [N/A^2]$).

α : Distancia media entre fases.

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:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad [Hz]$$

Donde:

I : Inercia de la sección del tubo.

m : Masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

E : Módulo de Young del material.

l : Longitud del vano.

γ : Coeficiente del tubo y los apoyos, 1,57 en este caso.

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema ($\frac{f_c}{50 Hz}$) establece los valores de V_σ y V_r de la siguiente forma:

En estas condiciones se presentan las siguientes expresiones:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot X} + 0,54 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 Hz}\right)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 Hz}\right)$$

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

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \left(\frac{F_s \cdot l^2}{8 \cdot W}\right) \quad [N/mm^2]$$

Donde:

β : Coeficiente dependiente del tipo y número de soportes, ver Figura1.

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:

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$$

Donde:

l : Longitud del vano.

W : Módulo resistente de la sección.

P : Carga repartida que produce el esfuerzo.

Por lo tanto se tendrá:

Por viento: $\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_v \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$

Por peso propio: $\sigma_p = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_p \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$

Por hielo: $\sigma_h = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_h \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$

La tensión máxima tendrá un valor de:

$$\sigma_{to} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_m)^2 + (\sigma_p + \sigma_h)^2} \quad [N/mm^2]$$

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

$$\text{Coeficiente de Seguridad} = \frac{R_{po2}}{\sigma_{to}}$$

Como resultado a las anteriores definiciones se tendrá el siguiente resultado:

Esfuerzos por viento (F_v) [N/m]	210,565
Esfuerzos por peso propio (F_{pp}) [N/m]	218,763
Esfuerzo por el peso del Cable amortiguador (F_{pa}) [N/m]	34,871
Esfuerzo por peso total (F_p) [N/m]	253,634
Esfuerzo por Hielo (F_h) [N/m]	0,000
Esfuerzo por cortocircuito (F_s) [N/m]	570,182
Frecuencia de vibración de un tubo (F_c) [Hz]	1,691
Factor de efecto dinámico ($V\sigma$)	0,175
Factor de reenganche ($V\tau$)	1,905
Tensión de trabajo en el tubo DINÁMICO (σ_m) [N/mm ²]	20,058
Tensión de trabajo de viento (σ_v) [N/mm ²]	22,258
Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm ²]	42,317
Tensión de trabajo de peso propio (σ_p) [N/mm ²]	26,811
Tensión de trabajo por hielo (σ_h) [N/mm ²]	0,000
Tensión de trabajo de tensión máxima (σ_{to}) [N/mm ²]	50,095
Coeficiente de seguridad	3,194

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma "UNE-EN 60865-1-2013" establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumplen las siguientes condiciones:

$$1. \sigma_{to} \leq q \cdot R_{po2}$$

Donde:

R_{po2} : Límite de fluencia mínimo del material [N/mm^2]

q : Factor de resistencia del conductor, se calcula de la siguiente forma según la norma:

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

$$t = d_{exterior} - d_{interior}$$

Con lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Tensión de trabajo de tensión máxima (σ_{to}) [N/mm^2]	50,10
Factor de resistencia del conductor (q)	1,389
Límite de fluencia mínimo del material (R_{po2}) * Factor de resistencia del conductor (q)	222,309

Cumple la condición 1.

$$2. \sigma_v + \sigma_m \leq R_{po2}$$

Se tienen los siguientes resultados:

Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σ_m) + (σ_v) [N/mm^2]	42,317
Límite de fluencia mínimo del material (R_{po2}) [N/mm^2]	160,000

Cumple la condición 2.

Como se puede observar, el tubo está lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

2.1.5.3 Reacciones sobre aisladores soporte

El máximo esfuerzo se producirá en los aisladores intermedios, considerando dos veces el esfuerzo producido en el extremo de un vano, según la norma "UNE-EN 60865-1-2013".

Las acciones a considerar en este caso son solo horizontales. Así,

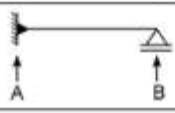
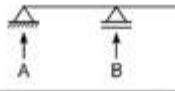
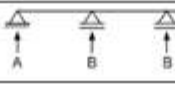
Viento sobre el tubo (F_v , Calculada anteriormente), Esfuerzo en cortocircuito: Según la norma de referencia, el valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{da} = F_s \cdot V_\sigma \cdot V_r \text{ [N/m]}$$

La suma de esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos se expresará de la siguiente forma:

$$F_t = 2 \cdot l \cdot \alpha \cdot (F_{da} + F_v) \text{ [N/m]}$$

Donde α está definida por el tipo de viga y de soporte, como se presenta en la Figura1.

Tipo de viga y de soporte		Factor α	Factor β^*	Factor γ
Vigas de un solo vano	A y B: soportes simples 	A: 0,5 B: 0,5	1,0	1,57
	A: soporte empotrado B: soporte simple 	A: 0,625 B: 0,375	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	A y B: soportes empotrados 	A: 0,5 B: 0,5	$\frac{8}{16} = 0,5$	3,56
Vigas continua con soportes simples equidistantes	Dos vanos 	A: 0,375 B: 1,25	$\frac{8}{11} = 0,73$	2,45
	Tres o más vanos 	A: 0,4 B: 1,1	$\frac{8}{11} = 0,73$	3,56

* Se incluyen los efectos de plasticidad.

Figura 1. Factores α , β y γ para diferentes disposiciones de apoyos de embarrados.

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 [mm] por encima de la cabeza de aislador, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo. Por lo tanto se realiza el cálculo del esfuerzo en el punto de garantía (F'_t):

$$F'_t = F_t \cdot \frac{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador}) + 170 \cdot (\text{Cantidad de piezas})}{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador})} \text{ [N]}$$

El aislador debe cumplir con las condiciones que en las peores condiciones presenten un coeficiente de seguridad frente a la carga de rotura de 1,15, el cual se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Carga de rotura de flexión del Aislador}}{F'_t}$$

Se tienen los siguientes resultados:

Esfuerzos por viento en soporte central (Fv) [N]	210,565
Esfuerzos por cortocircuito en soporte central (Fda) [N]	189,753
Factor α	0,500
Esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos (Ft) [N]	8006,350
Esfuerzo total en la punta del aislador (F't) [N]	8598,124
Carga de rotura flexión aislador	1,861

2.1.5.4 Flecha en el tubo

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \alpha_f \cdot \frac{P \cdot l^2}{E \cdot J} \cdot 100 \quad [cm]$$

Donde:

P : Fuerza vertical por unidad de longitud (N/m)

l : Longitud del vano [m]

E : Módulo de elasticidad del material [N/mm²]

J : Momento de inercia de la sección [cm⁴]

α_f : Factor que depende del tipo de apoyo y que toma el valor 1,3.

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

Flecha en el tubo [cm]	10,06357755
------------------------	-------------

2.1.5.5 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 [m].

α : Coeficiente de dilatación lineal del tubo, donde $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} [1/K]$.

$\Delta \theta$: Incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C).

Tendiendo como resultado:

Elongación del Embarrado (ΔL) [mm]	146,349
--	---------

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

2.1.5.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

La intensidad térmica en cortocircuito (I_{th}) viene dada según la norma "UNE-EN 60865-1-2013" mediante la siguiente expresión:

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m + n}$$

Donde:

m : Coeficiente térmico de disipación, está determinado por la siguiente expresión:

$$m = \frac{1}{2 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1)} [e^{(4 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1))} - 1]$$

n : Coeficiente térmico de disipación, que para las configuraciones que REE utiliza será 1.

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito $\rho_c = 116 \text{ [}^\circ\text{A/mm}^2\text{]}$ de (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica se define por medio de la expresión $(S \cdot \rho_c)$, por lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Coeficiente (m)	1,32E-03
Coeficiente (n)	1,000
Capacidad térmica del tubo [kA]	958,044
Intensidad térmica en corte circuito (Ith) [kA]	50,033

Se puede apreciar que la capacidad térmica del tubo es muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación.

2.1.5.7 Intensidad nominal de las barras

La intensidad nominal teórica del tubo elegido (I_{tubo}), está dada según el fabricante con 30 °C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura de trabajo del tubo.

Según "DIN 43670", esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud y la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$K_1 = 0,96$ - Por la aleación elegida.

$K_2 = 1,34$, Para temperatura final de 80 °C.

$K_3 = 0,75$, Por ser tubería.

$K_4 = 1$, El factor K_4 solo se aplica si no hay bifurcación en una longitud de al menos 2 [m].

$K_5 = 0,98$, Para instalación a menos de 1.000 [m. s. n. m].

Según la citada norma la intensidad máxima será:

$$I_{max} = I_{tubo} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Y tendremos los siguientes resultados:

I _{max} [A]	4740,757
Potencia [MVA]	3284,493

Por lo que tenemos una Capacidad superior a la necesaria.

2.1.6 Cálculo mecánico del embarrado SECUNDARIO

2.1.6.1 Corriente de cortocircuito

Como ya se ha dicho, la intensidad simétrica de cortocircuito trifásico (I_k'') a efectos de diseño es de 50 [kA] en el parque de 400 [kV].

La intensidad de cresta, (Según la UNE-EN 60909-0-2012) vale:

$$I_P = \kappa \sqrt{2} I_k'' [kA]$$

Donde:

κ : Factor de la intensidad pico definido por la siguiente expresión:

$$\kappa = 1,02 + 0,98 e^{-3 (R/X)}$$

R/X : Relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito que, para la red de transporte en este nivel de tensión, vale típicamente 0,07.

Por lo cual tendremos los siguientes resultados:

Intensidad de Cresta (kA)	128,296
Factor k	1,814

2.1.6.2 Tensión en el tubo

Esfuerzo por viento F_V :

$$F_V = P_{viento} \cdot d_{exterior} [N/m]$$

Esfuerzo por peso propio F_{pp} :

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g [N/m]$$

Donde la gravedad está definida como $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ y P_{pt} es el peso propio unitario de conductor rígido.

Esfuerzo por peso del cable amortiguador F_{pa} :

$$F_{pa} = \frac{4}{3} (\text{Peso del cable amortiguador}) \cdot g [N/m]$$

Donde el peso del cable amortiguador viene dado para los cuatro tercios de cable.

Esfuerzo por peso Total F_p :

$$F_p = F_{pp} + F_{pa} [N/m]$$

Esfuerzos por hielo F_h :

$$F_h = P_1 \cdot g \cdot \sqrt{d_{exterior}} [N/m]$$

Donde:

P_1 : Parámetro que varía entre (0, 0,18 y 0,36) dependiendo de la altitud de la subestación.

d_{exterior} : Diámetro exterior del tubo.

Esfuerzos por cortocircuito F_s :

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 60865-1-2013”:

$$F_s = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\mu_0}{a \cdot \pi} (I_p)^2 \quad [N/m]$$

Donde:

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \cdot 10^{-7} [N/A^2]$).

a : Distancia media entre fases.

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

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:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \quad [Hz]$$

Donde:

I : Inercia de la sección del tubo.

m : Masa unitaria del tubo, incluido cable amortiguador.

E : Módulo de Young del material.

l : Longitud del vano.

γ : Coeficiente del tubo y los apoyos, 1,57 en este caso.

Sustituyendo y operando:

$$f_c = 5,442 [Hz]$$

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema ($\frac{f_c}{50 Hz}$), establece los valores de V_σ y V_r .

En estas condiciones se presentan las siguientes expresiones:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot X} + 0,54 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 Hz}\right)$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log\left(\frac{f_c}{50 Hz}\right)$$

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

$$\sigma_m = V_\sigma \cdot V_r \cdot \beta \cdot \left(\frac{F_s \cdot l^2}{8 \cdot W} \right) \quad [N/mm^2]$$

Donde:

β : Coeficiente dependiente del tipo y número de soportes, ver Figura1.

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:

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$$

Donde:

l : Longitud del vano.

W : Módulo resistente de la sección.

P : Carga repartida que produce el esfuerzo.

Por lo tanto se tendrá:

Por viento: $\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_v \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$

Por peso propio: $\sigma_p = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_p \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$

Por hielo: $\sigma_h = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_h \cdot l^2}{W} \quad [N/mm^2]$

La tensión máxima tendrá un valor de:

$$\sigma_{to} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_m)^2 + (\sigma_p + \sigma_h)^2} \quad [N/mm^2]$$

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

$$\text{Coeficiente de Seguridad} = \frac{R_{po2}}{\sigma_{to}}$$

Como resultado a las anteriores definiciones se tendrá el siguiente resultado:

Esfuerzos por viento (Fv) [N/m]	126,339
Esfuerzos por peso propio (Fpp) [N/m]	94,568
Esfuerzo por el peso del Cable amortiguador [N/m]	17,436
Esfuerzo por peso total (Fp) [N/m]	112,004
Esfuerzo por Hielo (Fh) [N/m]	0,000

Fuerza por cortocircuito (Fs) [N/m]	570,182
Frecuencia de vibración de un tubo (Fc) [Hz]	6,278
Factor de efecto dinámico (Vσ)	0,482
Factor de reenganche (Vτ)	1,554
Tensión de trabajo en el tubo DINÁMICO (σm) [N/mm2]	28,501
Tensión de trabajo de viento (σv) [N/mm2]	8,423
Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σm) + (σv) [N/mm2]	36,923
Tensión de trabajo de peso propio (σp) [N/mm2]	7,467
Tensión de trabajo por hielo (σh) [N/mm2]	0,000
Tensión de trabajo de tensión máxima (σto) [N/mm2]	37,671
Coeficiente de seguridad	4,247

En cuanto al esfuerzo en cortocircuito, la norma "UNE-EN 60865-1-2013" establece que el tubo soporta los esfuerzos si se cumplen las siguientes condiciones:

1. $\sigma_{to} \leq q \cdot R_{po2}$

Donde:

q: Factor de resistencia del conductor, se calcula de la siguiente forma según la norma:

$$q = 1,7 \frac{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^3}{1 - \left(1 - \frac{2t}{d_{exterior}}\right)^4}$$

$$t = d_{exterior} - d_{interior}$$

Con lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Tensión de trabajo de tensión máxima (σto) [N/mm2]	37,671
Factor de resistencia del conductor (q)	1,414
Límite de fluencia mínimo del material (Rpo2) * Factor de resistencia del conductor (q)	226,218

Cumple la condición 1.

2. $\sigma_v + \sigma_m \leq R_{po2}$

Se tienen los siguientes resultados:

Tensión mecánica causada por fuerzas de conductores principales (σm) + (σv) [N/mm2]	36,923
Límite de fluencia mínimo del material (Rpo2) [N/mm2]	160,000

Cumple la condición 2.

Como se puede observar, el tubo está lejos del límite para esfuerzos en cortocircuito.

2.1.6.3 Reacciones sobre aisladores soporte

El máximo esfuerzo se producirá en los aisladores intermedios, considerando dos veces el esfuerzo producido en el extremo de un vano, según la norma "UNE-EN 60865-1-2013".

Las acciones a considerar en este caso son solo horizontales. Así,

Viento sobre el tubo (F_v , Calculada anteriormente), Esfuerzo en cortocircuito que según la norma de referencia, el valor de esfuerzo sobre los soportes tiene la expresión:

$$F_{da} = F_s \cdot V_\sigma \cdot V_r \quad [N/m]$$

La suma de esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos se expresará de la siguiente forma:

$$F_t = 2 \cdot l \cdot \alpha \cdot (F_{da} + F_v) \quad [N/m]$$

Donde α está definida por el tipo de viga y de soporte, como se presenta en la Figura1.

Este esfuerzo se produce sobre el eje del tubo, que está situado 170 [mm] por encima de la cabeza del aislador, punto sobre el que el fabricante garantiza el esfuerzo. Por lo tanto se realiza el cálculo del esfuerzo en el punto de garantía (F'_t):

$$F'_t = F_t \cdot \frac{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador}) + 170 \cdot (\text{Cantidad de piezas})}{2.300 \cdot (\text{Altura del Aislador})} \quad [N]$$

El aislador debe cumplir con las condiciones que en las peores condiciones presenten un coeficiente de seguridad frente a la carga de rotura de 1,15, el cual se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Carga de rotura de flexión del Aislador}}{F'_t}$$

Se tienen los siguientes resultados:

Esfuerzos por viento en soporte central (F_v) [N]	126,339
Esfuerzos por cortocircuito en soporte central (F_{da}) [N]	427,511
Factor α	0,500
Esfuerzos sobre el soporte central entre dos vanos (F_t) [N]	4430,803
Esfuerzo total en la punta del aislador (F'_t) [N]	4758,297
Carga de rotura flexión aislador	1,681

2.1.6.4 Flecha en el tubo

La flecha máxima para un vano se obtiene de la expresión:

$$f = \alpha_f \cdot \frac{P \cdot l^2}{E \cdot J} \cdot 100 \quad [cm]$$

Donde:

P : Fuerza vertical por unidad de longitud (N/m)

l : Longitud del vano [m]

E : Módulo de elasticidad del material [N/mm²]

J : Momento de inercia de la sección [cm⁴]

α_f : Factor que depende del tipo de apoyo y que toma el valor 1,3.

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

Fecha en el tubo [cm]	2,335399371
-----------------------	-------------

2.1.6.5 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 [m].

α : Coeficiente de dilatación lineal del tubo, donde $\alpha = 23 \cdot 10^{-6} [1/K]$.

$\Delta \theta$: Incremento de temperatura entre la de montaje (35°C) y la de servicio (80°C).

Elongación del Embarrado (Δl) [mm]	58,540
--	--------

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

2.1.6.6 Esfuerzo térmico en cortocircuito

La intensidad térmica en cortocircuito (I_{th}) viene dada según la norma "UNE-EN 60865-1-2013" mediante siguiente expresión:

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m + n}$$

Donde:

m : Coeficiente térmico de disipación, está determinado por la siguiente expresión:

$$m = \frac{1}{2 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1)} [e^{(4 \cdot f \cdot T_k \cdot \ln(k-1))} - 1]$$

n : Coeficiente térmico de disipación, que para las configuraciones que REE utiliza será 1.

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito $\rho_c = 116 [A/mm^2]$ de (proceso adiabático).

Para el tubo actual, la capacidad térmica se define por medio de la expresión $(S \cdot \rho_c)$, por lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Coeficiente (m)	1,32E-03
Coeficiente (n)	1,000
Capacidad térmica del tubo [kA]	414,004
Intensidad térmica en corte circuito (I _{th}) [kA]	50,033

Se puede apreciar que la capacidad térmica del tubo es muy superior a la corriente térmica de cortocircuito de la instalación.

2.1.6.7 Intensidad nominal de las barras

La intensidad nominal teórica del tubo elegido (I_{tubo}), está dada según el fabricante con 30 °C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura de trabajo del tubo.

Según DIN 43670, esta intensidad debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud, la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5).

Así, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

$K_1 = 0,96$ - Por la aleación elegida.

$K_2 = 1,34$, Para temperatura final de 80 °C.

$K_3 = 0,75$, Por ser tubería.

$K_4 = 1$, El factor K_4 solo se aplica si no hay bifurcación en una longitud de al menos 2 [m].

$K_5 = 0,98$, Para instalación a menos de 1.000 [m. s. n. m].

Según la citada norma la intensidad máxima será:

$$I_{max} = I_{tubo} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$$

Y tendremos los siguientes resultados:

I _{max} [A]	3072,888
Potencia [MVA]	2128,959

Tenemos una Capacidad superior a la necesaria.

2.2 CÁLCULOS DE EFECTO CORONA.

2.2.1 Cálculo de la tensión disruptiva.

Para el cálculo de la tensión crítica disruptiva (U_c) a partir de la cual el efecto corona puede manifestarse, y aplicada a conductores cilíndricos, puede aplicarse la fórmula de Peek:

$$U_c = \rho \cdot m_0 \cdot \frac{E_0}{\sqrt{2}} \cdot R \cdot \ln\left(\frac{GMD}{R}\right)$$

Donde:

m_0 : Coeficiente de irregularidad del conductor que toma el valor de 1 para tubo cilíndrico y liso.

R : Radio exterior del tubo en [cm]; para tubo de 150 [mm] toma un valor de 7,5 y para tubo de 100 toma un valor de 5 [cm].

GMD : Distancia media geométrica entre conductores en [cm]. Dado que se encuentran situados en un mismo plano y partiendo de que estén equidistantes entre si X [cm]:

$$GMD = \sqrt[3]{X \cdot X \cdot 2 \cdot X} = \sqrt[3]{2} \cdot X$$

$$GMD = 1,26 \cdot X \text{ [cm]}$$

δ : Densidad del aire. Según la norma "EN 50341-1-2012" La densidad del aire se representa a través de la siguiente expresión:

$$\rho = \rho_0 \frac{288}{T_c} e^{(-1,2 \cdot 10^{-4} \cdot H)}$$

Donde H es la altura, T_c es el incremento de la temperatura desde el montaje hasta la puesta en servicio, ρ_0 es la densidad del aire estándar con valor $1,225 \text{ [kg/m}^3\text{]}$.

E_0 : Valor eficaz de campo eléctrico crítico para la aparición del efecto corona. Para conductores paralelos el valor máximo de campo viene dado por:

$$E_0 = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot E_1 \cdot \left(1 + \frac{C_1}{\sqrt{\frac{\rho}{\rho_0} + R}} \right)$$

Donde:

E_1 : Campo eléctrico disruptivo del aire ($E_1 = 30 \text{ [kV/cm]}$)

C_1 : Constante dimensional empírica ($C_1 = 0,301 \text{ [}\sqrt{\text{cm}}\text{]}$)

Atendiendo a las anteriores definiciones se tienen los siguientes resultados:

Efecto Corona VANO A	
Factor de corrección de la densidad del aire	0,909
Coeficiente de rugosidad del conductor (mo)	1,000
RMG (r) [cm]	12,500
DMG [cm]	629,961
Campo Eléctrico crítico (Eo) [kV/cm]	29,713
Tensión crítica disruptiva (Uc) [kV]	936,079
Efecto Corona VANO B	
Factor de corrección de la densidad del aire	0,909
Coeficiente de rugosidad del conductor (mo)	1,000
RMG (r) [cm]	7,500
DMG [cm]	629,961
Campo Eléctrico crítico (Eo) [kV/cm]	30,422
Tensión crítica disruptiva (Uc) [kV]	649,980

Esta tensión disruptiva está calculada para buen tiempo. Para el caso de tiempos de niebla, nieve o tempestad se debe considerar disminuida en un 20%, es decir, en este caso:

Tensión crítica disruptiva Embarrado A (Uc) [kV]	748,863
Tensión crítica disruptiva Embarrado B (Uc) [kV]	519,984

Por el hecho de estar en el mismo plano los conductores, la tensión disruptiva referida al conductor central debe ser disminuida en un 4% y aumentada en un 6% para los conductores laterales respectivamente.

Como se ve los valores obtenidos están muy alejados de la tensión eficaz entre fase y tierra de los conductores (242 [kV] para 420 [kV] / 142 [kV] para 245 [kV] / 83,7 [kV] para 145 [kV] / 41,85 [kV] para 72,5 [kV] por lo que no es de esperar que el efecto corona se produzca.

2.3 DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MÍNIMAS DE EMBARRADOS TENDIDOS

2.3.1 Hipótesis de diseño

Desde el punto de vista de las aproximaciones entre fases que puedan producirse cuando se desplacen de forma simultánea dos conductores contiguos en condiciones de flecha máxima y con viento de 140 Km/h , las distancias mínimas se han establecido de la forma que se indica para un vano de las siguientes características:

Longitud de vano (L) [m]	47
Flecha máxima (al 3%) [m]	1,40
Tipo de conductor	Dúplex LAPWING
Cantidad de subconductores (n)	2
Diámetro del conductor ($\emptyset$)/(d) [mm]	38,16
Sección del conductor (As) [mm ²]	861,3
Peso propio del conductor (ms) [kg/m]	2,7
Módulo de elasticidad (E) [N/mm ²]	70000
Distancia entre fases (a) [m]	6
Longitud media de cadenas [m]	5
Separación entre conductores de la misma fase (as) (mm)	400
Rigidez de los soportes (S) [N/m]	75000
Tiempo de despeje de defecto (Tk1) [seg]	1
Intensidad de cortocircuito (Ik3) [kA]	50
Relación R/X del sistema	0
Tensión máxima a 50°C [kg]	1050
Fuerza de tensión máxima en el cable a 50°C (Fst) [N]	10300,50
Radio medio geométrico (GMR) [mm]	87,361
Distancia media geométrica (GMD) (Ls) [m]	7,56

Se comprobará además, el desplazamiento máximo en cortocircuito y la pérdida de distancia que esto produce, de acuerdo con lo estipulado en la norma "UNE-EN 60865-1-2013".

2.3.2 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:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 337/2014 de 9 de mayo y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008.
- Norma UNE EN 60865-1:2013, Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- Norma UNE-EN-60909-0:2016 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes.
- Norma DIN 43670.

Si al aplicar las normas y reglamentos anteriores se obtuviesen valores que discrepasen con los que pudieran obtenerse con otras normas o métodos de cálculo, se considerará siempre el resultado más desfavorable con objeto de estar siempre del lado de la seguridad.

2.3.3 Desplazamiento del vano con viento

La presión sobre el conductor debida al efecto del viento, según RLAT para conductores de diámetro mayor a 16 [mm] está dado por la siguiente ecuación:

$$P = 50 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2$$

Donde V_v es la velocidad máxima de viento, y nuestro diseño esta supuesto con una velocidad de viento máxima de $140 [km/h]$.

Para este caso, tendremos en cuenta la fuerza del viento (F_v) que se ejerce de forma directa sobre el diámetro de cada conductor, y tendremos:

$$F_v = P \cdot D_{conductor}$$

Donde $D_{conductor}$ es el diámetro del conductor.

Ahora se procederá a realizar el cálculo de la distancia mínima entre conductores, el cual se realizará por medio del desplazamiento máximo del conductor (d_{max}) y del ángulo de oscilación (θ), estos están dados por:

$$\theta = \arctan \left(\frac{F_v}{\text{Peso del conductor}} \right)$$

$$d_{max} = f_{max} \cdot \sin(\theta)$$

En estas condiciones, dada la escasa probabilidad de simultaneidad de viento y sobretensión, la distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno

de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada entre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores de fase se determinará según la norma "ITC - LAT_07_OCT13" por la formula siguiente:

$$D_{min} = K\sqrt{F + L} + K' D_{pp}$$

Donde:

K : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.

K' : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea y ángulo de oscilación.

F : Flecha máxima.

L : Longitud de la cadena de suspensión (si se posee).

D_{pp} : Distancia mínima aérea especificada para prevenir una descarga disruptiva entre conductores durante sobretensiones de frente lento o rápido.

Por medio de las anteriores definiciones se tendrá:

Presión del viento sobre el conductor (P_v) [kg/m ²]	68,056
Fuerzas del viento sobre los conductores (F_v) [kg/m]	2,597
Ángulo de oscilación de desplazamiento (Θ) [Grados]	44,249
Coeficiente K	0,650
Coeficiente D_{pp}	3,200
Desplazamiento del conductor (d_{max}) [m]	0,977
Distancia mínima entre conductores (D_{min}) [m]	3,489

Distancia inferior a la adoptada que es de 5 [m] para los conductores tendidos, superior incluso a la distancia adoptada teniendo en cuenta sobretensiones simultáneas con viento.

2.3.4 Efecto en conductores por corriente de cortocircuito

Dimensiones y parámetros característicos.

El esfuerzo debido a un defecto bifásico viene dado por la siguiente expresión:

$$F' = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot 0,75 \cdot \frac{I_{k3}^2}{a} \cdot \frac{l_c}{l}$$

Donde:

I_{k3} : Corriente simétrica de cortocircuito trifásico.

l_c : Longitud del vano sin cadenas.

l : Longitud total del vano.

a : Separación entre fases.

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío ($4 \pi * 10^{-7} [N/A^2]$).

La proporción entre el peso propio y la fuerza de cortocircuito tendrá un valor de:

$$r = \frac{F'}{n m_s g}$$

Donde:

n : Número de conductores por fase.

m_s : Peso de uno de los conductores.

g : Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$)

La dirección resultante de la fuerza sobre el conductor será:

$$\delta_1 = \arctg(r)$$

La flecha estática en el conductor tendido tendrá un valor de:

$$b_c = \frac{n m_s g \cdot l^2}{8 F_{st}}$$

Donde F_{st} es la fuerza de tracción estática del conductor para el caso más desfavorable, que será la flecha máxima para 50°C .

Para esta flecha, el periodo de oscilación tendrá el siguiente valor:

$$T = 2\pi \sqrt{0,8 \frac{b_c}{g}}$$

El período resultante en caso de cortocircuito valdrá:

$$T_{res} = \frac{T}{\sqrt[4]{1 + r^2} \left[1 - \frac{\pi^2}{64} \left(\frac{\delta_1}{90} \right)^2 \right]}$$

El módulo de Young real del conductor vale, en función de la carga límite del cable (σ_{fin}):

$$E = \begin{cases} E \left[0,3 + 0,7 \operatorname{sen} \left(\frac{F_{st}}{n A_s \sigma_{fin}} 90^\circ \right) \right] & \text{si } \frac{F_{st}}{n A_s} \leq \sigma_{fin} \\ E & \text{si } \frac{F_{st}}{n A_s} > \sigma_{fin} \end{cases}$$

Donde:

σ_{fin} : tiene un valor de $5 \cdot 10^7 \text{ [N/m}^2\text{]}$ (menor valor de la tensión de mecánica del conductor cuanto E llega a ser constante)

A_s : Sección de un conductor.

n : Número de conductores por haz.

El factor de tensión mecánica del conductor se define como:

$$\zeta = \frac{(n \cdot m_s \cdot g \cdot l)^2}{24 \cdot F_{st}^3 \cdot N}$$

Donde N es la Norma de rigidez del sistema mecánico compuesto, que se define por la siguiente expresión:

$$N = \frac{1}{S \cdot l} + \frac{1}{n \cdot E \cdot A_s}$$

El ángulo de oscilación del vano durante el paso, o al fin del mismo, de la corriente de cortocircuito viene dado por la expresión:

$$\delta_{end} = \begin{cases} \delta_1 [1 - \cos (360 \frac{T_{k1}}{T_{res}})] & \text{para } 0 \leq \frac{T_{k1}}{T_{res}} \leq 0,5 \\ 2 \delta_1 & \text{para } \frac{T_{k1}}{T_{res}} > 0,5 \end{cases}$$

El ángulo máximo de oscilación que se puede producir corresponde a una duración de cortocircuito inferior o igual a la duración del cortocircuito establecida T_{k1} , y se calcula como:

$$\delta_{max} = \begin{cases} 1,25 \arccos \chi & \text{si } 0,766 \leq \chi \leq 1 \\ 10^\circ + \arccos \chi & \text{si } -0,985 \leq \chi \leq 0,766 \\ 180^\circ & \text{si } \chi \leq -0,985 \end{cases}$$

Con

$$\chi = \begin{cases} 1 - r \operatorname{sen} \delta_{end} & \text{si } 0 \leq \delta_k \leq 90^\circ \\ 1 - r & \text{si } \delta_k > 90^\circ \end{cases}$$

Por lo tanto se tendrán los siguientes datos:

Carga electromagnética sobre conductores principales (F') [N/m]	50,532
Relación entre la fuerza electromagnética y la de gravedad sobre el conductor (r)	0,966
Dirección de la fuerza resultante sobre el conductor (δ_1) [grados]	44,011
Flecha estática equivalente del conductor (bc) [m]	1,402
Periodo de oscilación del conductor (T) [segundos]	2,125
Periodo de oscilación del conductor en cortocircuito (Tres) [segundos]	1,802
σ fin [N/m ²]	5,00E+07
Módulo de Young real (Eeff) [10 ¹⁰ N/m ²]	3,02
Norma de rigidez (N) [1/N]	3,03E-07
Factor de tensión mecánica del conductor principal (ξ)	0,761
Ángulo en relación a su posición régimen permanente (δ_{end}) [grados]	51,575
Coeficiente (X)	0,243
Ángulo de oscilación calculado (δ_{max}) [grados]	85,927

Fuerza de tensión por oscilación durante el cortocircuito

De acuerdo con la norma de referencia, la fuerza de tensión en cortocircuito, para conductores compuestos (haces), se calcula por:

$$F_{t,d} = F_{st}(1 + \psi \cdot \varphi)$$

Donde:

F_{st} : Es la fuerza estática en el conductor.

φ : Es el parámetro de carga, que tiene en cuenta el esfuerzo combinado de peso y cortocircuito en función del tiempo de despeje frente al período de oscilación del conductor, y valdrá:

$$\varphi = \begin{cases} 3(\sqrt{1+r^2}-1) & \text{si } T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ 3(r \operatorname{sen} \delta_{end} + \cos \delta_{end} - 1) & \text{si } T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

ψ : Es un parámetro que combina los dos factores de carga ζ y φ , y que se calcula como una solución real de la ecuación:

$$\varphi^2 \psi^3 + \varphi(2 + \zeta) \psi^2 + (1 + 2\zeta) \psi - (2 + \varphi) \zeta = 0$$

2.3.5 Aproximación de conductores

El valor del desplazamiento máximo por oscilación en cortocircuito:

$$b_h = \begin{cases} C_f \cdot C_d \cdot b_c \operatorname{sen} \delta_1 & \text{si } \delta_{max} \geq \delta_1 \\ C_f \cdot C_d \cdot b_c \operatorname{sen} \delta_{max} & \text{si } \delta_{max} < \delta_1 \end{cases}$$

En donde C_f es un factor experimental que cubre las variaciones de la curva de equilibrio del cable durante el defecto, y su valor es:

$$C_f = \begin{cases} 1,05 & \text{si } r \leq 0,8 \\ 0,97 + 0,1r & \text{si } 0,8 \leq r \leq 1,8 \\ 1,15 & \text{si } r \geq 1,8 \end{cases}$$

El factor C_d considera los aumentos de la flecha debidos a la elongación elástica y térmica y puede obtenerse por la expresión:

$$C_d = \sqrt{1 + \frac{3}{8} \left(\frac{1}{b_c} \right)^2 (\varepsilon_{ela} + \varepsilon_{th})}$$

La deformación elástica viene dada por:

$$\varepsilon_{ela} = (F_{t,d} - F_{st}) \cdot N$$

Y la deformación térmica:

$$\varepsilon_{th} = \begin{cases} C_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s} \right)^2 \frac{T_{res}}{4} & \text{si } T_{k1} \geq T_{res}/4 \\ C_{th} \left(\frac{I_{k3}''}{nA_s} \right)^2 \frac{T_{k1}}{4} & \text{si } T_{k1} < T_{res}/4 \end{cases}$$

Y así, tendremos los siguientes resultados:

Parámetro de carga (Φ)	1,171
Fuerza de tracción ($F_{t,d}$) [N]	16632,352
Valor de Ψ	0,525
Coeficiente de Expansión elástica (E_{ela})	1,92E-03
Coeficiente térmico del cable (C_{th}) [m4/A2s]	2,70E-19
Coeficiente de Expansión térmica (E_{th})	1,02E-04
Incremento de la flecha causado por alargamiento elástico y térmico (C_d)	1,000

Incremento de la flecha dinámica del conductor por el cambio de forma de curva (Cf)	1,067
Flecha dinámica resultante (Fed) [m]	1,496
Fuerza de tracción por caída después del cortocircuito (Fs,t)[N]	24425,217
Desplazamiento horizontal del vano (bh) [m]	1,039

2.3.6 Distancia entre fases en cortocircuito

Distancia entre conductores de diferente fase en cortocircuito:

$$D = a - 2b_h$$

Distancia entre fases en cortocircuito (a min) [m]	3,921
--	-------

Por lo tanto se cumplen las distancias mínimas entre fases en cortocircuito adoptadas entre fases.

Es por lo tanto apropiada la dimensión de anchura de la calle y la de separación entre conductores para cumplir los requisitos de aislamiento permanente y temporal en los casos más desfavorables y para la configuración propuesta, dado que estamos muy por encima de los 1,55 [m] de distancia de aislamiento temporal recomendada por la CIGRE.

2.3.7 Distancias mínimas a adoptar

En base a lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta lo que al respecto se indica en la ITC-RAT 12 y UNE-EN 60071 se proponen las siguientes distancias mínimas que deberán ser respetadas en la presente subestación:

- Distancias fase-tierra:

Conductor – estructura.....2.600 [m]

Punta – estructura.....3.400 [m]

- Distancias fase-fase:

Conductores paralelos..... 3.500 [m]

Punta conductor..... 4.200 [m]

2.3.8 Efectos sobre conductores en haz

Se especifica en la norma “UNE-EN 60865-1 de 2013” que para realizar el cálculo de la fuerza de tracción se deben realizar una serie de pasos, los cuales realizaremos a continuación para dicho cálculo:

- Se verificará si existe entrechoque efectivo entre los conductores, para que exista dicho entrechoque se debe cumplir una de las siguientes condiciones:

$$\frac{a_s}{d} \leq 2 \text{ y } l_s \geq 50 a_s$$

$$\frac{a_s}{d} \leq 2,5 \text{ y } l_s \geq 70 a_s$$

Donde (a_s) es la distancia entre conductores de la misma fase, (d) es el diámetro de los conductores y (l_s) es la distancia media geométrica entre fases.

- Si no existe entrechoque efectivo se debe proceder a calcular si los conductores chocan entre sí o si no se chocan, para ello se deben realizar el cálculo del parámetro de choque.

Primero se hará el cálculo del factor V_1 , V_2 y V_3 , por medio de estos valores vamos a calcular la fuerza en los conductores de haz de la corriente de cortocircuito (F_v), los factores de deformación que caracterizan la contracción del haz (E_{st} y E_{pi}) y por último el parámetro de entrechoque (j), que se calculan según indica la norma.

A partir de las fórmulas anteriores y con los resultados obtenidos, nos vamos a remitir a la condición de choque que nos plantea la norma:

" $j \geq 1$ Los subconductores entrechocan, $j < 1$ los subconductores reducen su distancia pero no entrechocan"

- Luego de realizar el paso anterior, se procederá al cálculo de la fuerza de tracción en caso de entrechoque $F_{pi,d}$, para poder realizar este cálculo se debe obtener el valor del factor V_e y V_4 como lo pide la norma.

A continuación se muestran los resultados a los cálculos anteriores:

Fuerza de tracción en haces (Fpi,d) [N]	32890,868
Condición de entrechoque efectivo	NO APLICA
Factor V1 del conductor	2,778
Factor V2 del conductor	2,625
Factor V3 del conductor	0,264
Factor V4 del conductor	9,482
Fuerza de la corriente de cortocircuito (Fv) [N]	23503,658
Factor de deformación Estático (Est)	2,043
Factor de deformación Dinámico (Epi)	48,696
Parámetro de configuración de entrechoque (j)	4,000
Factor Ve del conductor	2,385
Factor de seguridad	2,28

Donde se cumple que la fuerza de tracción de los conductores en haz sobre los aisladores es menor que la carga de rotura del aislador.

2.4 RED DE TIERRAS INFERIORES

Para el cálculo de la red de tierras se tendrán en cuenta los valores máximos de tensiones de paso y contacto que establece el reglamento de Centros de Transformación, en su artículo "ITC-RAT 13", así como la norma "IEEE-80-2000: IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".

La red de tierras a realizar en la zona de ampliación se conectará con la red de tierras del resto de la subestación de 400[kV]. Se estima que la red de tierras existente presenta la misma retícula que la empleada en la zona de la ampliación para realizar el cálculo de la malla en su conjunto.

- Valor de la resistividad del terreno

Se considera como valor de la resistividad del terreno, a efectos de cálculo será de $200 [\Omega \cdot m]$.

- Tensiones de paso y contacto máximas admisibles

Los datos utilizados para el cálculo de la red de tierras son:

Tiempo de despeje de la falta (t) [seg]	0,5
Intensidad de la falta monofásica a tierra [kA]	16,23
Resistividad de la capa superficial (grava) (ρ) [$\Omega \cdot m$]	3.000
Coeficiente reductor (C_s)	0,676688453
Resistividad superficial aparente (ρ_{as}) [$\Omega \cdot m$]	2.030
Tensión aplicada admisible (U_{ca}) [V]	204
Tensión aplicada admisible (U_{pa}) [V]	2.040
Espesor de capa de gravilla (h_s) [m]	0,1
Resistencia equivalente al calzado (R_{a1}) [Ω]	2000

Según la “ITC-RAT 13”, para tiempos de duración del defecto de $0,5 [s]$ las tensiones de paso y de contacto admisibles aplicadas serán:

$$U_{ca} = 204 [V]$$

$$U_{pa} = 10 * U_{ca} = 2040 [V]$$

Según el ITC-RAT 13, las tensiones de paso y contacto máximas admisibles (considerando todas las resistencias) son:

- Tensión de paso: $U_p = 10 * U_{ca} \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000} \right] [V]$
- Tensión de contacto: $U_c = U_{ca} \left[1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right] [V]$

Según la norma “IEEE-80-2013” dichos valores pueden ser calculados para una persona de 70 kg de peso promedio por medio de las siguientes expresiones:

- Tensión de paso: $E_{paso} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} [V]$
- Tensión de contacto: $E_{contacto} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} [V]$
- Siendo C_s el factor de reducción siguiente: $C_s = 1 - \left(\frac{0,09 \cdot (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09} \right)$

Donde:

ρ : Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]

ρ_s : Resistividad de la gravilla [$\Omega \cdot m$]

h_s : Espesor capa de gravilla [m]

Con lo que se tendrán los siguientes resultados:

Tensión de paso (V_p) [V]	35.048
-------------------------------	--------

Tensión de contacto (Vp) [V]	1.029
Tensión de paso (E_paso) [V]	1516,193018
Tensión de contacto (E_contacto) [V]	502,0848343

- Resistencia de puesta a tierra

Para calcular la resistencia de la red de tierras se utiliza la siguiente expresión:

$$R_g = \rho \cdot \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{\frac{20}{A}}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right)$$

Donde:

- ρ : Resistividad del terreno [$\Omega \cdot m$]
- L : Longitud total de conductor enterrado [m]
- h : Profundidad de enterramiento del conductor [m]
- A : Superficie ocupada por la malla [m^2]

Por lo cual se tendrán los siguientes resultados:

Resistividad del terreno (ρ) [Ωm]	200
Longitud total del conductor enterrado (L) [m]	14.700
Profundidad de enterramiento del conductor (h) [m]	0,8
Superficie ocupada por la malla (A) [m2]	22.680
Resistencia de la red de tierras [Ω]	0,60

- Intensidad de defecto a tierra

El valor tomado de la intensidad monofásica de cortocircuito para la subestación según la norma "IEEE Std 80-2013/Cor1-2015. Capítulo 15" está dada por las siguientes expresiones:

$$I_g = \frac{Z_{equ}}{(Z_{equ} + R_g)} X$$

Donde:

- I_g : Intensidad disipada por la malla [kA]
- R_g : Resistencia de la malla [Ω]
- Z_{equ} : Impedancia equivalente de todos los hilos de guarda [Ω], está dada por la siguiente expresión:

$$Z_{equ} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{L1}} + \frac{1}{Z_{L2}} + \dots + \frac{1}{Z_{Ln}}}$$

X : Variable que depende de la suma de las diferencias de cada una de las aportaciones de intensidad que se dan a la I_{cc} , y se define con la siguiente expresión:

$$X = \sum_{i=1}^n (I_{Li} - I_{Li} \cdot P_{Ln})$$

I_{Ln} : Intensidad de cortocircuito aportada por la Línea n, donde n toma los valores de cada una de las líneas[kA]

P_{Ln} : Factor de reducción por inducción de la Línea n, donde n toma los valores de cada una de las líneas.

Z_{Ln} : Impedancia en cadena de hilo de guarda de la Línea n, donde n toma los valores de cada una de las líneas [Ω]

Con lo cual tabulando tendremos:

Resistencia de la red de tierras [Ω]	0,60
Impedancia equivalente de todos los hilos de guarda [Ω]	1,02
Variable X [kA]	13,53
Intensidad disipada por la malla (I_g) [kA]	8,53

- Evaluación de tensiones de paso y contacto

Los datos iniciales utilizados para el cálculo son:

Resistividad del terreno (ρ) [Ω m]	200
Espaciado medio entre conductores (D) [m]	3
Profundidad del conductor enterrado (h) [m]	0,8
Diámetro del conductor (d) [m]	0,0157
Longitud del conductor enterrado (L) [m]	14700
Intensidad disipada por la malla (I _g) [kA]	8,53

La norma "IEEE-80-2013" propone desarrollar las siguientes expresiones para el cálculo de la tensión de contacto de verificación:

$$E_{contacto} = \rho K_m K_i \frac{I_g}{L} \quad [V]$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right) \right]$$

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{\frac{2}{n}}}$$

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{\frac{0,7 A}{L_x \cdot L_y}}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

Donde:

- L_c : Longitud del conductor de la (no incluye las picas) [m]
 L_p : Longitud del perímetro de la malla [m]
 L_x : Longitud máxima de la malla en la dirección x [m]
 L_y : Longitud máxima de la malla en la dirección y [m]
 D_m : Distancia máxima entre dos puntos en la malla [m]
 L : Longitud efectiva de la malla para la tensión de paso [m]

Y las expresiones que permiten obtener la tensión de paso son:

$$E_{paso} = \rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot \frac{I_g}{L} \quad [V]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

Teniendo como resultado:

Parámetro Kh	1,341640786
Parámetro Ki	0,806853815
Parámetro Kii	0,238428492
Parámetro n	1,100363613
Parámetro na	48,19672131
Parámetro nb	1,006292323
Parámetro nc	0,994393435
Parámetro nd	0,022815832
Longitud del conductor de la malla (Lc) [m]	14700
Longitud del perímetro de la malla (Lp) [m]	610
Longitud máxima de la malla en la dirección x (Lx) [m]	180
Longitud máxima de la malla en la dirección y (Ly) [m]	125
Distancia máxima entre dos puntos lejanos de la malla (Dm) [m]	5
Parámetro Km	0,734219271
Parámetro Ks	0,190866433

Tensión de paso de verificación (E_paso) [V]	24
Tensión de contacto de verificación (E_contacto) [V]	69

Los valores obtenidos son menores que los valores límite tanto de la norma "IEEE-80-2000" como de la "ITC-RAT13"

• Análisis de Conductor

La sección del conductor que constituye la malla de tierra debe ser tal que soporte la mitad de la intensidad (porque en el diseño de la malla se establece que en cada punto de puesta a tierra llegan al menos dos conductores de la malla) sin superar la temperatura máxima de 300 [°C] y con una duración de 1 segundo. Esto supone unas densidades de corriente máximas admisibles, según la norma "ITC-RAT-13" las densidades de corriente máximas para los conductores serán:

- » 192 A/mm² para el cobre.
- » 72 A/mm² para el acero.

Para determinar la sección mínima del conductor se utiliza la expresión que indica el estándar "IEEE 80-2013" para conductores de cobre se tendrá que:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

Donde:

I : Mitad de la intensidad de falta a tierra [kA]

t_c : Tiempo duración de la falla [s]

T_m : Temperatura máxima que pueden alcanzar el conductor y las uniones [°C]

T_a : Temperatura ambiente [°C]

$TCAP$: Capacidad Térmica del conductor [$J/cm^3 \cdot ^\circ C$] (Ver tabla 1 de "IEEE-80-2013")

α_r : Coeficiente térmico de resistividad a 20 [°C] [$1/^\circ C$] (Ver tabla 1 de "IEEE-80-2013")

ρ_r : Resistencia del conductor a 20 °C [$\mu\Omega \cdot cm$] (Ver tabla 1 de "IEEE-80-2013")

K_0 : Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0 [°C]. (Ver tabla 1 de "IEEE-80-2013")

A : Sección mínima del conductor [mm²]

Obteniendo los siguientes resultados:

Intensidad de falla a tierra en RMS (I) [kA]	16,23
Tiempo de duración de la falla (tc) [seg]	1
Temperatura máxima que puede alcanzar el conductor y las uniones (Tm) [C]	200
Temperatura ambiente (Ta) [C]	40
Capacidad térmica del conductor (TCAP) [J/cm3*C]	3,4

Coeficiente térmico de la resistividad a 20 C (α_r) [1/C]	0,00381
Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0 C (K0)	242
Sección mínima del conductor (A) [mm²]	108,13

La sección mínima necesaria es mucho menor que los 120 [mm²] del cable de Cobre que se va a utilizar, por lo que no habría problemas. Se utiliza este cable por ser el normalizado de Red Eléctrica.

A la vista de los resultados obtenidos los valores de las tensiones de paso y contacto están por debajo de los permitidos por el "ITC-RAT 13" y del "IEEE-80-2013", por lo que el diseño de la malla sería válido.

De todas formas, se medirán de forma práctica los valores de las tensiones de paso y contacto, una vez construida la Subestación, para asegurarse de que no hay peligro en ningún punto de la instalación.

2.5 RED DE TIERRAS SUPERIORES

El cometido del sistema de tierras superiores es la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla enterrada para que sean disipadas a tierra sin que se ponga en peligro la seguridad del personal de los equipos de la subestación.

El sistema de tierras superiores consiste en un conjunto de hilos de guarda y/o de puntas Franklin sobre columnas. Estos elementos están unidos a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta, que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla.

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores se ha adoptado el modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas y que es generalmente aceptado para este propósito.

El criterio de seguridad que se establece es el de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que componen el aparellaje, siendo este criterio el que establece que todas las descargas atmosféricas que puedan originar tensiones peligrosas y que sean superiores al nivel del aislamiento de la instalación, deben ser captadas por los hilos de guarda.

Este apantallamiento se consigue mediante una disposición que asegura que la zona de captación de descargas peligrosas de los hilos de guarda y de las puntas Franklin contiene totalmente a las correspondientes partes bajo tensión.

Según la norma "UNE-EN 62305-1 de 2011" la zona de captura se establece a partir del radio crítico de cebado (r) y que viene dado por la expresión:

$$r = 10 \cdot I^{0,65}$$

Donde:

I [kA]: Valor de la cresta de la corriente, está dada por la siguiente expresión:

$$I = 1,1 \frac{U \cdot n}{Z}$$

U [kV]: Tensión soportada a impulsos tipo rayo, $U = 1.425$ [kV]

n : Número de líneas conectadas a la subestación, $n = 2$

Z [Ω]: Impedancia característica de las líneas, $Z = 400$ [Ω] (valor típico)

Sustituyendo y aplicando estos valores se obtiene:

Valor de la cresta de la corriente (kA)	2,888
Radio crítico de cebado (r)	19,922

El radio crítico de cebado con centro en las puntas Franklin, en el centro en los amarres de los hilos de guarda y en su punto más bajo, cuyo emplazamiento se refleja en los planos correspondientes, garantiza el apantallamiento total de la instalación.

Por otro lado, la subestación y su aparamenta asociada queda protegida frente a las descargas atmosféricas mediante el cable de guarda.

A continuación se presentan las Figuras 2, 3 y 4 con vistas de secciones de la subestación en las cuales se puede apreciar el radio crítico aplicado.

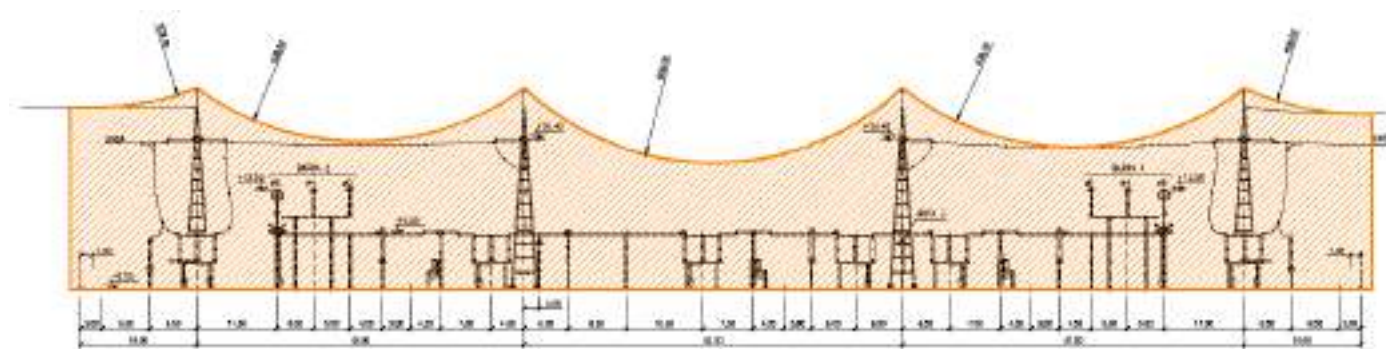


Figura 1. Vista sección A-A de la subestación.

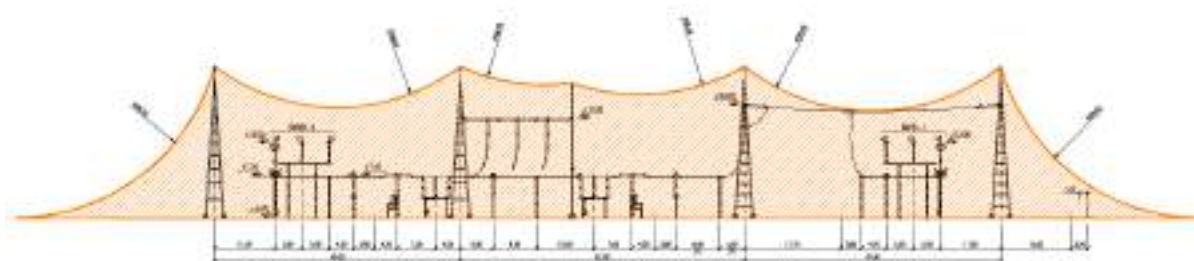


Figura 2. Vista sección B-B de la subestación.

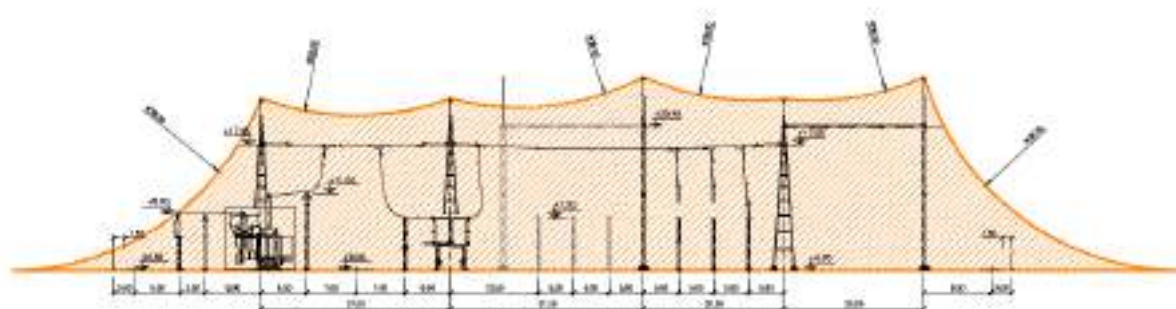


Figura 3. Vista sección K-K de la subestación.

Según la norma los cálculos obtenidos dan en la subestación una Zona de Protección contra Rayos (ZPR) de nivel 2, la cual supera las expectativas para la subestación.

2.6 CARACTERÍSTICAS Y CÁLCULOS APLICABLES A LA LINEA DE 220 [kV] DE INTERCONEXION ENTRE PARQUES

2.6.1 Características eléctricas.

Las características eléctricas de ambas líneas son iguales:

Tensión más elevada para el material (kV)	245
Categoría de red	A
Tensión soportada a impulso tipo rayo (kV)	1050
Tensión soportada a frecuencia industrial (30min) (kV)	318
Capacidad de transporte (MVA)	764,000
Factor de carga	1,00
Impedancia característica de las líneas (Ohms)	400

2.6.2 Datos térmicos de funcionamiento.

El circuito térmico es el de interconexión de la línea entre la subestación 220 [kV] y el transformador del parque de 400 [kV], y estará compuesto por una terna de cables que irán instalados en el interior de una zanja.

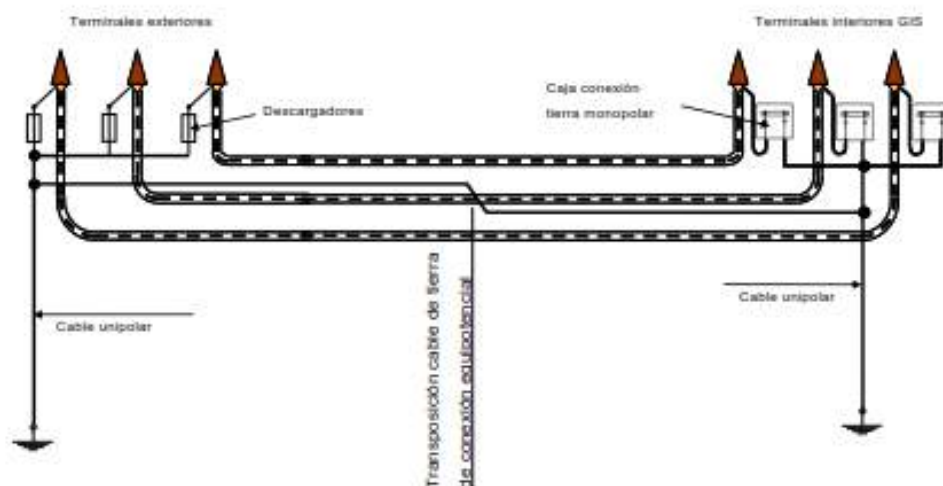
Las dimensiones como el trazado en planta de dicha zanja se muestran en los planos.

Las condiciones de instalación y ambientales consideradas son: temperatura del aire 40°C.

2.6.3 Sistema de puesta a tierra de las pantallas metálicas.

Debido a la longitud de las conexiones, los enlaces se realizarán mediante una sola pieza de cable por cada fase. Con objeto de minimizar las pérdidas por circulación de corrientes en las pantallas metálicas, se realizará con conexionado tipo Single – Point, es decir, unido rígidamente a tierra en un extremo y mediante un descargador en el otro.

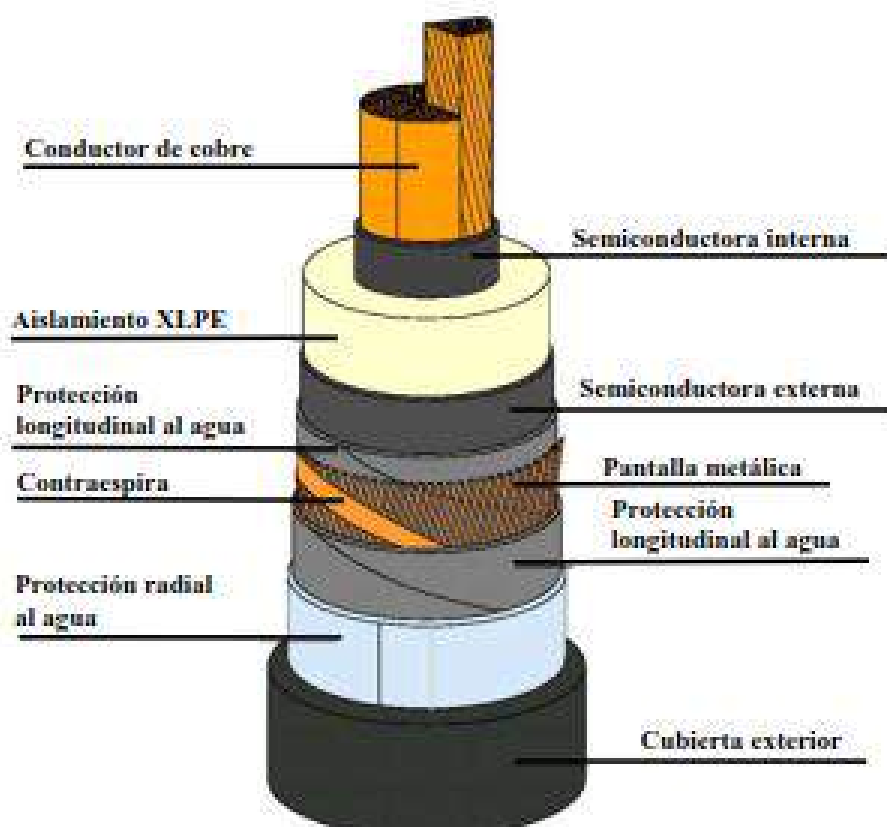
Se dispondrá un cable de cobre a lo largo del canal al aire bajo losas de hormigón.



2.6.4 Cable de potencia.

La composición general del cable aislado para el enlace de 220 [kV], será la que se muestra a continuación:

- Conductor: sección circular de cobre de cuerda segmentada tipo Miliken de 2.500 [mm²]
- Semiconductora interna: capa extrusionada de material semiconductor.
- Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE) super clean.
- Semiconductora externa: capa extrusionada de material semiconductor.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable de estanqueidad colocada antes de la pantalla.
- Pantalla: corona de alambres de cobre arrollados helicoidalmente.
- Contraespira: fleje de cobre que garantice la sujeción de la pantalla frente a los esfuerzos electrodinámicos.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable de estanqueidad colocada después de pantalla.
- Protección radial al agua: lámina de aluminio termosoldada adherida a la cubierta.
- Cubierta exterior: polietileno negro tipo Z1(AS) con una capa exterior semiconductora.



Tanto la pantalla de hilos de cobre como la contraespira de cobre podrán omitirse en el caso de que la protección radial al agua de aluminio termosoldado realice las funciones de pantalla metálica. En este caso la sección de la pantalla será de 375 [mm²].

El cable y todos los accesorios utilizados deberán cumplir los ensayos y pruebas indicados en la norma "IEC 62067, Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 [kV] ($U_m =$

170 [kV]) up to 500 [kV] ($U_m = 550$ [kV]) – Test methods and requirements”. Los ensayos sobre instalación acabada se realizarán con una fuente resonante de frecuencia.

2.6.5 Sistemas de puesta a tierra de las pantallas metálicas

2.6.5.1 Intensidad de corriente admisible en régimen permanente.

El cálculo para la determinación de la intensidad que va a circular en régimen permanente por la línea viene determinado por la norma “UNE 21144-1 de 2012”, este cálculo consiste en la hacer el análisis de transferencia de calor en servicio, de forma que las pérdidas de potencia activa generadas en el cable se disipen en el entorno sin que el aislamiento alcance una temperatura excesiva para deteriorar sus características eléctricas, mecánicas o químicas del cable.

2.6.5.1.1 Cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio.

La intensidad máxima admisible en servicio permanente es la que produce calentamiento en el conductor hasta su máxima temperatura admisible, lo cual limita la intensidad que transita por él.

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_d [0,5 T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{R T_1 + n R(1 + \lambda_1) T_2 + n R(1 + \lambda_1 + \lambda_2) (T_3 + T_4)} \right]^{0,5}$$

Donde:

- I : Intensidad de la corriente máxima que circula en el conductor [A]
- $\Delta\theta$: Incremento de temperatura del conductor respecto a la temperatura ambiente [K]
- R : Resistencia del conductor en corriente alterna, a temperatura máxima de servicio [Ω/m]
- W_d : Pérdidas dieléctricas del aislamiento que rodea al conductor [W/m]
- T_1 : Resistencia térmica entre el conductor y la envolvente [$K m/W$]
- T_2 : Resistencia térmica entre el relleno envolvente y la armadura [$K m/W$]
- T_3 : Resistencia térmica del revestimiento exterior del cable [$K m/W$]
- T_4 : Resistencia térmica entre la superficie del cable y el ambiente [$K m/W$]
- n : Número de conductores aislados en servicio en el cable.
- λ_1 : Relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de dicho cable.
- λ_2 : pérdidas en la armadura respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable.

Para la realización de este cálculo se debe tener en cuenta que existe pérdidas de potencia eléctrica que genera calor en el cable, se debe determinar las resistencias térmicas que intervienen según las condiciones de instalación y que al ser una disposición que se encuentra en intemperie se verá afectada por la radiación solar, así como lo indica la norma.

2.6.5.1.2 Resistencia del conductor en corriente alterna

La resistencia del conductor está dada por la siguiente expresión:

$$R = R' (1 + Y_s + Y_p) [\Omega/m]$$

Donde:

R' : Resistencia del conductor con corriente continua en la máxima temperatura de servicio $[\Omega/m]$

Y_s : Factor pelicular.

Y_p : Factor de efecto proximidad.

La resistencia de la pantalla de corriente alterna se calculará igual que para el conductor, pero con el valor de d_c correspondiente a la pantalla.

2.6.5.1.3 Perdidas dieléctricas

Las pérdidas dieléctricas están dadas por la siguiente expresión:

$$W_d = w \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \tan \delta [W/m]$$

Donde:

w : Componente angular.

C : Capacidad por unidad de longitud $[F/m]$

ε : Permitividad relativa del material aislante.

D_i : Diámetro exterior del aislamiento (Excluyendo la pantalla) $[mm]$

d_{c1} : Diámetro del conductor incluyendo la pantalla $[mm]$

U_0 : Tensión con relación a tierra $[V]$

$\tan \delta$: Factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y temperatura de servicio.

2.6.5.1.4 Factor de pérdidas en la pantalla

Las pérdidas en la pantalla (λ_1), se deben a las corrientes de circulación (λ_1') y las corrientes de Foucault (λ_1'') tal como se expresa en la norma, son calculadas de la siguiente forma:

$$\lambda_1 = \lambda_1' + \lambda_1''$$

Para nuestro caso son cables unipolares dispuestos en tresbolillo con las pantallas en cortocircuito, y debido a que es un conductor de gran sección y de construcción segmentada no se puede despreciar el valor de las corrientes de Foucault (λ_1''), dado lo anterior la norma dispone las siguientes expresiones para su cálculo de las corrientes de circulación (λ_1'):

$$\lambda_1' = \frac{R_s}{R} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{R_s}{X}\right)^2}$$

Donde:

R_s : Resistencia de la pantalla metálica en corriente alterna a temperatura máxima de servicio $[\Omega/m]$

θ_{sc} : Temperatura máxima de servicio de la pantalla del cable o cubierta metálica.

R_{so} : Resistencia de la cubierta metálica del cable o pantalla a 20°C [Ω/m]

X : Reactancia de la pantalla metálica [Ω/m]

s : Distancia entre ejes de conductores [mm]

d : Diámetro medio de la pantalla metálica [mm]

Ahora para el cálculo de las corrientes de Foucault (λ_1''), se deben utilizar las siguientes definiciones:

$$\lambda_1'' = \frac{R_s}{R} [g_s \lambda_0 (1 + \Delta_1 + \Delta_2) + \frac{(\beta_1 t_s)^4}{12 \cdot 10^{12}}]$$

$$g_s = 1 + \left(\frac{t_s}{D_s}\right)^{1,74} (\beta_1 \cdot D_s \cdot 10^{-3} - 1,6)$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4\pi w}{10^7 \rho_s}}$$

Donde:

ρ_s : Resistividad eléctrica del material que constituye la cubierta metálica a la temperatura de servicio [Ω/m]

D_s : Diámetro exterior del envolvente del cable [mm]

t_s : Espesor de la cubierta metálica [mm]

Las fórmulas para el cálculo de λ_0 , Δ_1 y Δ_2 se siguen las expresiones utilizadas en la norma.

Tenga en cuenta que para esta disposición se tendrá un $\lambda_2 = 0$.

2.6.5.1.5 Resistencias térmicas interiores

Para el cálculo de la resistencia térmica entre el conductor y el envolvente (T_1) se tendrá la siguiente expresión:

$$T_1 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 t_1}{d_c}\right) [K m/W]$$

Donde:

ρ_T : Resistencia térmica correspondiente al aislamiento.

t_1 : Espesor del aislamiento entre conductor y envolvente considerando las pantallas semiconductoras [mm]

La resistencia térmica entre cubierta y la armadura (T_2) será nula ya que es un cable sin armadura, y la resistencia térmica del revestimiento o de la cubierta exterior (T_3) se define con la siguiente expresión:

$$T_3 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(1 + \frac{2 t_3}{D_a}\right) [K m/W]$$

Donde:

t_3 : Espesor de la cubierta o revestimiento [mm].

D'_a : Diámetro exterior de la pantalla que se encuentra bajo [mm].

2.6.5.1.6 Resistencia térmica exterior

CABLES INSTALADOS EN TUBULAR HORMIGONADA

Para la realización del cálculo de la resistencia térmica del medio circundante a un cable instalado en tubular hormigonada se deben realizar tres secciones de cálculo: resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto (T'_4), resistencia térmica del material que constituye el tubo o conducto (T''_4) y la resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y medio ambiente (T'''_4).

$$T_4 = T'_4 + T''_4 + T'''_4$$

Primero procederemos al cálculo de la resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto (T'_4), la cual viene dada por la siguiente expresión:

$$T'_4 = \frac{U}{1 + 0,1 \cdot (V + Y \theta_m) \cdot D_e}$$

Donde:

U : Constante que depende de la instalación tipo de REE, $U = 5,2$

V : Constante que depende de la instalación tipo de REE, $V = 1,1$

Y : Constante que depende de la instalación tipo de REE, $Y = 0,011$

D_e : Diámetro exterior del cable [mm]

θ_m : Temperatura media del medio que se encuentra entre el cable y el tubo.

Ahora procederemos a realizar el cálculo de la resistencia térmica del material que constituye el tubo o conducto (T''_4), la cual se encuentra definida por la siguiente expresión:

$$T''_4 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left(\frac{D_0}{D_d} \right)$$

Donde:

D_0 : Diámetro exterior del conducto [mm]

D_d : Diámetro interior del conducto [mm]

ρ_T : Resistencia térmica correspondiente al aislamiento.

Finalmente se calcula la resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y medio ambiente (T'''_4) por lo cual seguiremos la siguiente expresión:

$$T'''_4 = \frac{\rho_T}{2 \cdot \pi} \ln \left((u + \sqrt{u^2 - 1}) \cdot \left(\frac{d'_{p1}}{d_{p1}} \right) \cdot \left(\frac{d'_{p2}}{d_{p2}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pq}}{d_{pq}} \right) \right)$$

Donde:

ρ_T : Resistencia térmica correspondiente al aislamiento [$K \cdot m/W$]

u : Constante que se representa con la siguiente expresión:

$$u = \frac{2L}{D_e}$$

D_e : Diámetro exterior de la tubular [mm]

L : Distancia de la superficie del suelo al eje del cable [mm]

2.6.5.2 Cálculo de la capacidad de transporte de la conexión

La capacidad de transporte de la interconexión viene dada por la expresión:

$$S = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot I_{max}$$

2.6.5.3 Pérdidas eléctricas nominales

Están constituidas por las pérdidas dieléctricas (W_d) que fueron calculadas anteriormente y pérdidas óhmicas, por lo cual se concentran en la siguiente expresión:

$$P_t = 3 \cdot (R \cdot I^2 \cdot (1 + \lambda_1) + W_d)$$

Con lo cual se tendrá hasta aquí:

Intensidad Máxima Admisible (I) [A]	1173,600
Capacidad de transporte de la conexión [MVA]	813,094
Pérdidas eléctricas nominales [W/m]	73,224

Pérdidas dieléctricas por unidad de longitud (W_d) [W/m]	1,426
Capacidad del cable (C) [F/m]	3,55E-11
Resistencia del conductor bajo los efectos de corriente alterna (R) [Ω /m]	1,67E-05
λ_1	2,10E-03
λ'_1	2,10E-03
λ''_1	2,36E-04
λ_2	0,000
Resistividad térmica entre conductor y el envolvente (T1) [K m /W]	0,286
Resistividad térmica entre el relleno del aislamiento y la armadura (T2) [K m /W]	0,000
Resistividad térmica del revestimiento exterior del cable (T3) [K m /W]	4,01E-02
Resistencia térmica externa del cable al aire libre (T4) [K m /W]	2,551

2.6.5.4 Intensidad de corriente admisible en cortocircuito

Los cálculos vienen determinados por las Normas IEC 60949 (UNE 21192) "Cálculo de la intensidad de corriente de cortocircuito, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático" y la IEC 61443 (UNE 211003) "Límites de temperatura de cortocircuito".

Por definición tenemos que la intensidad de cortocircuito adiabático es proporcional con la intensidad de cortocircuito, por lo que se tiene la siguiente expresión:

$$I_{AD} = \frac{I_{CC}}{\varepsilon}$$

A partir de la anterior expresión se puede definir la I_{CC} de la siguiente forma:

$$I_{CC} = K \cdot S \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{\sqrt{t}} \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}$$

Donde:

K : Constante dependiente del material del componente conductor [$A \cdot \sqrt{s} / mm^2$]

S : Sección correspondiente [mm^2]

t : Duración del cortocircuito [s]

θ_f : Temperatura final [$^{\circ}C$]

θ_i : Temperatura inicial [$^{\circ}C$]

β : Inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor (K)

Tanto el conductor del cable como la pantalla metálica del mismo serán aptos para la intensidad de corriente de defecto del sistema de 50 [kA] durante 0,5 [s]. Las temperaturas inicial y final para el caso del conductor serán de 90°C y 250°C respectivamente y para la pantalla metálica serán de 80°C y 250°C respectivamente.

Para calcular la intensidad de corriente admisible por el conductor en cortocircuito para conductores de pantalla no contiguos, se tiene en cuenta el factor de corrección no adiabático (ε)

Sustituyendo los valores anteriores, resulta para el conductor:

Intensidad de corriente admisible en Corto Circuito del conductor [kA]	526,793
Inversa del coeficiente de variación de resistencia K (β)	234,500

Para calcular la intensidad de corriente admisible por la pantalla en cortocircuito, se debe recalcular el factor de corrección no adiabático, y se realiza por medio de la siguiente expresión:

$$\varepsilon = 1 + 0,61 \cdot M \cdot \sqrt{t} - 0,069 \cdot (M \cdot \sqrt{t})^2 + 0,0043 \cdot (M \cdot \sqrt{t})^3$$

Donde:

M : Factor que se calcula basado en las características térmicas de los materiales metálicos.

Sustituyendo los valores anteriores, resulta para la pantalla:

Intensidad de corriente admisible en Corto Circuito de la pantalla [kA]	84,288
Factor ξ para la pantalla	1,070
Factor M	0,164

Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial

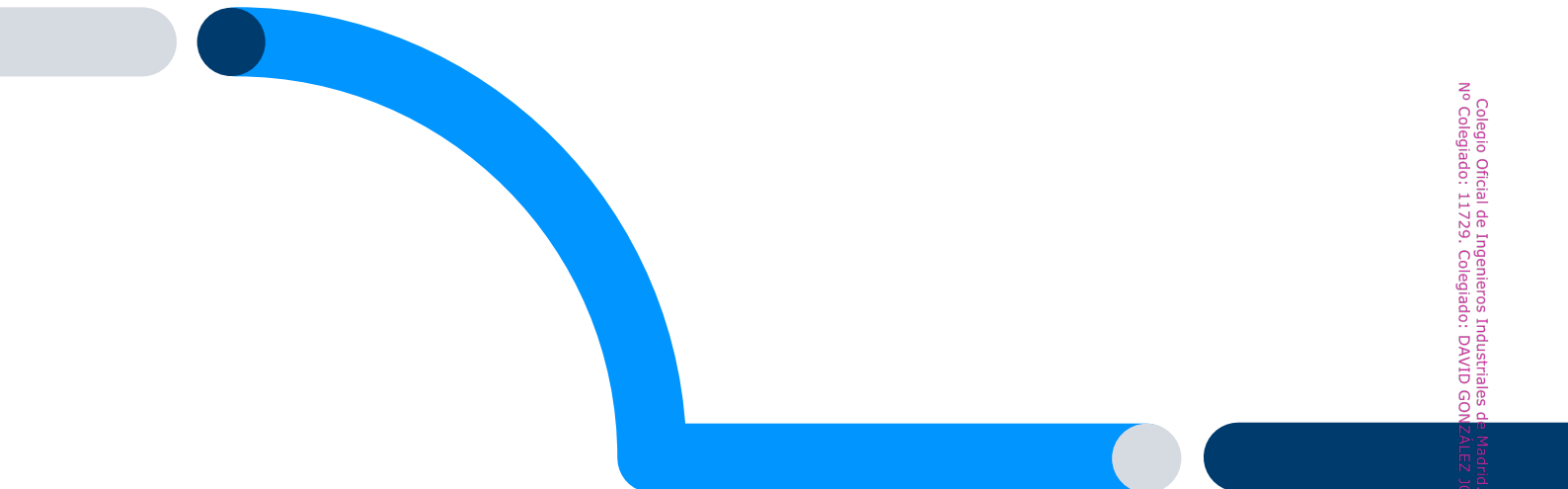


David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod Ver: 40160725.



red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN

ELS AUBALS 400 kV

DOCUMENTO 2

PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
octubre de 2025

Índice

1 OBJETO3

2 NORMATIVA APLICABLE4

 2.1 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE4

 2.2 OBRA CIVIL4

 2.2.1 Estructuras4

 2.2.2 Varios4

3 GESTIÓN DE CALIDAD6

4 GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL6

5 SEGURIDAD EN EL TRABAJO6

6 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN6

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404658. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11108. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>. Cod Ver: 40160725.

1 OBJETO

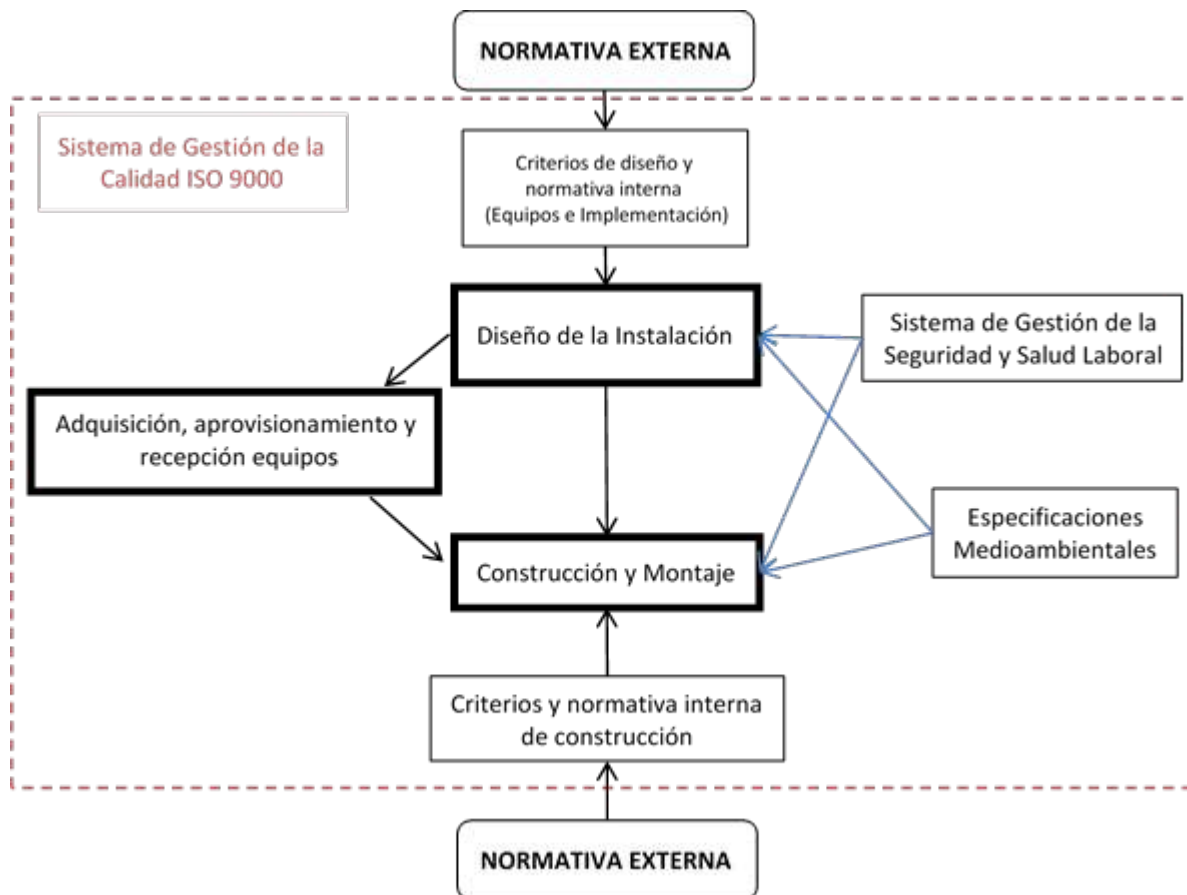
El objeto del presente Pliego de Condiciones es aportar la información necesaria para definir los materiales y equipos y su correcto montaje para lo que se han considerado los siguientes aspectos.

1º Normativa: Los equipos y su montaje será conforme a la normativa legal y de referencia.

2º Gestión de Calidad: El Plan de Calidad recoge las características técnicas de los equipos y su montaje. Además, la certificación ISO-9000 asegura la calidad de la instalación construida.

3º Gestión medioambiental: Con el objeto de minimizar los impactos que puedan acarrear la construcción y funcionamiento de la instalación.

4º Seguridad Laboral: Para asegurar que tanto el montaje como la explotación de los equipos de esta instalación cumplen con las medidas de seguridad requeridas.



2 NORMATIVA APLICABLE

Se aplicarán por el orden en que se relacionan, cuando no existan contradicciones legales, las siguientes normas:

- Normativa de RED ELÉCTRICA (DYES; Procedimientos Técnicos; y Procedimientos de Dirección).
- Normativa Europea EN.
- Normativa CENELEC.
- Normativa CEI.
- Normativa UNE.
- Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, AISC, etc).

2.1 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE

El presente Proyecto ha sido redactado basándose en los anteriores reglamentos y normas, y más concretamente, en los siguientes, que serán de obligado cumplimiento:

- 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 337/2014, de 9 de mayo.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT). Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE 18 de septiembre de 2002, e Instrucciones Técnicas Complementarias y sus modificaciones posteriores.
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre Equipos de trabajo.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- R.D. 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

2.2 OBRA CIVIL

2.2.1 Estructuras

- **Acciones en la edificación**
- Documento básico de seguridad estructural DB-SE-AE “Acciones en la Edificación” del Código técnico de la edificación. R.D. 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Norma de construcción sismo-resistente: parte general y edificación (NCSR-02). R.D. 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento. BOE 11 de octubre de 2002.
- **Acero**
- Código Estructural, aprobado por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio.
- **Hormigón**
- Código Estructural, aprobado por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio.
- **Forjados**
- Código Estructural, aprobado por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio.
- 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 337/2014, de 9 de mayo.

2.2.2 Varios

- Normas tecnológicas de la edificación. Decreto del Ministerio de la Vivienda nº 3565/72, de 23 de diciembre. BOE del 15 de enero de 1973.
- 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.
- Instrucciones técnicas complementarias en subestaciones. Real Decreto nº 842/02 de 2 de agosto, en BOE 18 de septiembre de 2002.
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre Equipos de trabajo.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

3 GESTIÓN DE CALIDAD

Afecta a los procesos: ingeniería, construcción, calificación de proveedores, compras, transferencia de instalaciones y gestión de proyectos y también a los recursos: cualificación de las personas, equipos de inspección, medida y ensayo y homologación de equipos. Sistema de calidad certificado que cumple con la normativa ISO 9000.

4 GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Las obras del proyecto se ejecutan garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación aplicable. En el *Anexo 2.1 Especificaciones técnicas de carácter ambiental* de este documento se detallan los aspectos medioambientales que rigen la ejecución de este proyecto.

5 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se incluye en el presente proyecto, el *Estudio de Seguridad y Salud* correspondiente para su ejecución.

6 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

De acuerdo con los sistemas de gestión certificados, se garantiza el correcto montaje verificado y validando la instalación y equipos mediante:

- **Pruebas en vacío**

Una vez finalizados los trabajos de obra civil y montaje electromecánico se procederá a la realización de las pruebas en vacío de la Instalación de acuerdo con las instrucciones técnicas correspondientes recogida en la normativa interna.

- **Pruebas en tensión**

Las pruebas en tensión tendrán por objeto comprobar la adecuación al uso de la instalación conforme a los criterios funcionales establecidos en el Proyecto.

Los protocolos de las pruebas a realizar así como los criterios para su ejecución serán redactados conforme a lo especificado en la documentación técnica aplicable.

Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

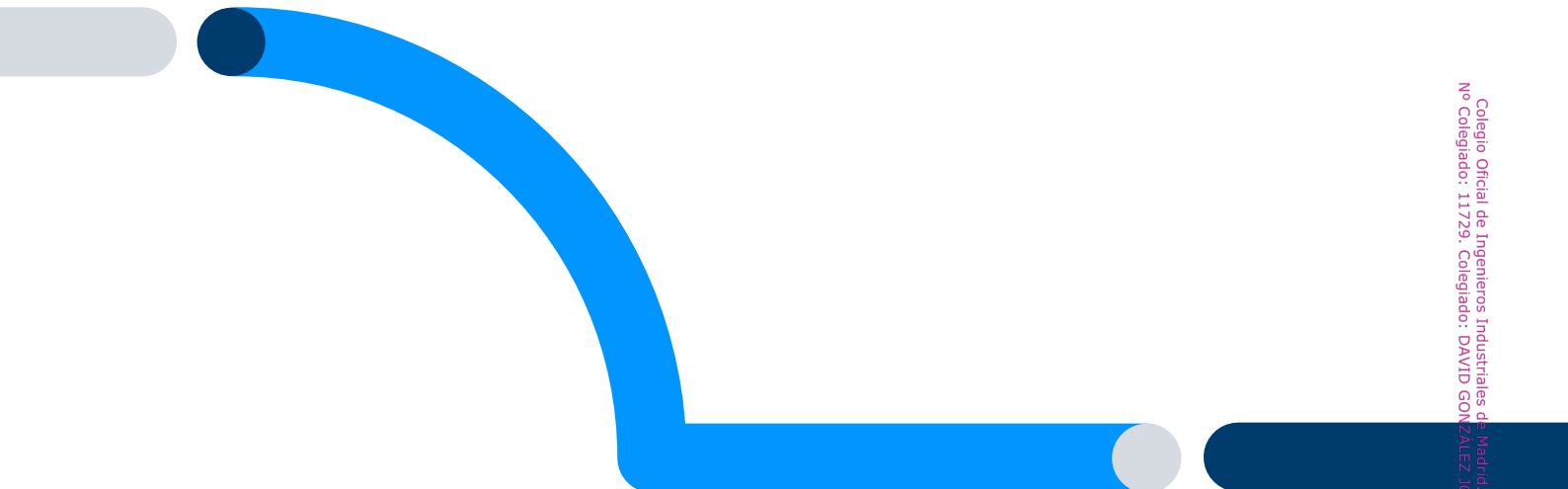
Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404558. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 19729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>. Cod Ver: 40160725.

red eléctrica

Una empresa de Redeia



PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN

ELS AUBALS 400 kV

DOCUMENTO 2

ANEXO 1

REQUISITOS AMBIENTALES
ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
octubre de 2025

Tabla de contenido

1 ÁMBITO DE APLICACIÓN3

2 REQUISITOS AMBIENTALES.....4

2.1 REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL4

2.1.1 Condicionados de los organismos de la Administración4

2.1.2 Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible4

2.1.3 Cambios de aceites y grasas.....4

2.1.4 Campamento de obra.....4

2.1.5 Gestión de residuos.....4

2.1.6 Incidentes con consecuencias ambientales4

2.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL4

2.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO4

2.3.1 Llenado de equipos con aceite4

2.3.2 Llenado de equipos con SF₆.....4

2.4 ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA.....4

3 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DE DEMOLICIÓN4

3.1 ANTECEDENTES.....4

3.1.1 Objeto.....4

3.1.2 Situación y descripción general del proyecto4

3.1.3 Descripción general de los trabajos4

3.2 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS A GENERAR4

3.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS4

3.4 MEDIDAS DE SEPARACIÓN, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN OBRA ..10

3.5 DESTINOS FINALES DE LOS RESIDUOS GENERADOS.....10

3.6 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE GESTIÓN.....10

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Colegiado: 1129, Colegiado: DAVILA GONZALEZ, para con posterioridad a la validación: https://www.coliim.es/Validacion, Código: 460725.

1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este documento tiene por objeto establecer los requisitos de carácter ambiental que se deben cumplir en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico que se van a realizar en la nueva subestación ELS AUBALS 400 kV para minimizar los posibles impactos ambientales que puede conllevar el desarrollo de los trabajos de construcción.

El alcance de esta especificación comprende todos los trabajos de obra civil y montaje electromecánico de la subestación.

2.1.6 Incidentes con consecuencias ambientales

Se consideran incidencias medioambientales aquellas situaciones que por su posible afección al medio requieren actuaciones de emergencia.

Los principales incidentes que pueden tener lugar son incendios y fugas/derrames de material contaminante.

El riesgo de incendios viene asociado principalmente al almacenamiento y manipulación de productos inflamables. Se establecerán todas las medidas de prevención de incendios y se prestará especial atención para que los productos inflamables no entren en contacto con fuentes de calor: trabajo de soldaduras, recalentamiento de máquinas, cigarros etc. En el lugar de trabajo se contará con los medios de extinción adecuados, contemplando el cumplimiento de la Normativa interna de REE, respecto a la prevención de incendios forestales (ET239) en caso de que ésta sea de aplicación.

Además de las medidas de prevención de fugas y derrames (descritas en apartados anteriores) se contará en obra con los materiales necesarios para la actuación frente a derrames de sustancias potencialmente contaminantes.

2.2 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL

Limpieza de cubas de hormigonado

Se delimitará y señalizará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la subestación. La zona será regenerada una vez finalizada la obra, gestionándose los residuos preferentemente a través de Gestor autorizado y devolviéndola a su estado y forma inicial.

2.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

2.3.1 Llenado de equipos con aceite

Cuando se llenan de aceite las máquinas de potencia se tomarán las máximas precauciones para evitar posibles accidentes con consecuencias medioambientales.

No se comenzará el llenado de equipos hasta que no estén operativos los fosos de recogida de aceite.

Como complemento y para evitar un accidente, debajo de todos los empalmes de tubos utilizados en la maniobra se deberán situar recipientes preparados para la recogida de posibles pérdidas, con el tamaño suficiente para evitar vertidos al suelo.

2.3.2 Llenado de equipos con SF₆

El llenado de equipos con SF₆ se llevará a cabo por personal especializado, evitándose así fugas de gas a la atmósfera. Las botellas de SF₆ (vacías y con SF₆ que no se ha utilizado en el llenado) serán retiradas por el proveedor para garantizar la adecuada gestión de las mismas.

2.4 ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA

Una vez finalizados todos los trabajos se realizará una revisión del estado de limpieza y conservación del entorno de la subestación, con el fin de proceder a la recogida de restos de todo tipo que pudieran haber quedado acumulados y gestionarlos adecuadamente.

Se procederá a la rehabilitación de todos los daños ocasionados sobre las propiedades derivadas de la ejecución de los trabajos.

Se revisará la situación de todas las servidumbres previamente existentes y el cumplimiento de los acuerdos adoptados con particulares y administración, acometiendo las medidas correctoras que fueran precisas si se detectan carencias o incumplimientos.

Donde sea viable, se restituirá la forma y aspecto originales del terreno.

De forma inmediata a la finalización de la obra y en el caso que sea necesario, se revegetarán las superficies desprovistas de vegetación que pudieran estar expuestas a procesos erosivos y si así se ha definido, se realizarán los trabajos de integración paisajística de la instalación.

3 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DE DEMOLICIÓN

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 Objeto

El presente *Estudio de residuos* se realiza para minimizar los impactos derivados de la generación de residuos en la construcción del presente proyecto, estableciendo las medidas y criterios a seguir para minimizar la generación de residuos, segregar y almacenar correctamente los residuos generados y proceder a la gestión más adecuada para cada uno de ellos. El *Estudio* se lleva a cabo en cumplimiento del R.D. 105/2008 de 1 de febrero, por el que se regula la *Producción y gestión de los residuos de construcción y demolición*, se ha redactado según los criterios contemplados en el artículo 4 de dicho R.D.

3.1.2 Situación y descripción general del proyecto

La situación y descripción general del proyecto está reflejado en el capítulo 2 del documento 1: *Memoria del presente Proyecto Técnico Administrativo*.

3.1.3 Descripción general de los trabajos

Las actividades a llevar a cabo y que van a dar lugar a la generación de residuos van a ser las siguientes:

- Actuaciones y tareas previas de preparación de los terrenos: desbroces etc.
- Realización de acopios, campamento de obra e instalación de medios auxiliares.
- Movimiento de tierras: retirada de tierra vegetal, excavaciones (desmontes y terraplenes), accesos, movimientos y traslados de tierras.
- Obra civil: cimentaciones, hormigonados, drenajes etc.
- Montaje electromecánico: aparamenta eléctrica, servicios auxiliares etc.
- Limpieza de obra y restauración.
- Actividades auxiliares (oficina).

3.2 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS A GENERAR

Durante los trabajos descritos se prevé generar los siguientes residuos, codificados de acuerdo a la Lista Europea de Residuos:

Tipo residuo	Código LER
RESIDUOS NO PELIGROSOS	
Excedentes de excavación	170504
Restos de hormigón	170101
Papel y cartón	150101 – 200101
Maderas	170201
Plásticos (envases y embalajes)	170203
Chatarras metálicas	170405/170407/170401/170402

Restos asimilables a urbanos	200301
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102/150104/150105/150106
Residuos vegetales (podas y talas)	200201
Tipo residuo	Código LER
RESIDUOS PELIGROSOS	
Trapos impregnados	150202*
Tierras contaminadas	170503*
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*

Es necesario aclarar que, en el *Plan de gestión residuos* (que se elabora en una etapa de proyecto posterior al presente estudio por los contratistas responsables de acometer los trabajos, poseedores de los residuos) e incluso durante la propia obra se podrá identificar algún otro residuo (Ejemplo: Mezclas bituminosas -asfaltos/aglomerados-, materiales de construcción que contienen amianto (Uralitas), etc.). Asimismo la estimación de cantidades, que se incluye en la tabla siguiente, es aproximada, teniendo en cuenta la información de la que se dispone en la etapa en la cual se elabora el proyecto de ejecución. Las cantidades, por tanto, también deberán ser ajustadas en los correspondientes Planes de gestión de residuos.

Tipo de residuo	Código	Unidad	PARQUE 400Kv y Maquinas		TOTAL
			O.C.	MONTAJE	
Excedentes de excavación(*)	170101	m³	9.605	0	9.605
Restos de hormigón	170101	m³	52	0	52
Papel y cartón	200101	kg	180	330	510
Maderas	170201	kg	4.100	5.000	9.100
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg	220	330	550
Chatarras metálicas	170405	kg	804	5.200	6.004
	170407				
	170401				
	170402				
Restos asimilables a urbanos	200301	kg	172	237	409
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102	kg	52	237	289
	150104				
	150105				
	150106				
Trapos impregnados	150202*	kg	34	19	53
Tierras contaminadas	170503*	m³	26	5	31

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, No 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, No Colegiado: 11729, Colegiado: 40160725, Para comprobar su validez: https://www.colim.es/Verificacion, Cod Ver: 40160725.

Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110* 150111*	kg	50	56	106
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg	0	0	0

(*) La cantidad estimada se corresponde con los excedentes de excavación que no está previsto reutilizar en la propia obra.

3.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

Trabajos de construcción:

Como norma general es importante separar aquellos productos sobrantes que pudieran ser reutilizables de modo que en ningún caso puedan enviarse a vertederos.

Además, es importante separar los residuos desde el origen, para evitar contaminaciones, facilitar su reciclado y evitar generar residuos derivados de la mezcla de otros.

Se exponen a continuación algunas buenas prácticas para evitar/minimizar la generación de algunos residuos:

- Tierras de excavación:
 - Separar y almacenar adecuadamente la tierra vegetal para utilizarla posteriormente en la obra de reforestación. La tierra vegetal se acumulará en zonas no afectadas por los movimientos de tierra hasta que se proceda a su disposición definitiva y la altura máxima de los acopios será de dos metros para que no pierda sus características.
 - Minimizar, desde la fase de elección del emplazamiento y diseño del proyecto, de los movimientos de tierras a llevar a cabo.
 - Utilizar de las tierras sobrantes de excavación en la propia obra: rampas de acceso, rellenos, restauraciones etc. (De este modo se reduce el transporte para reutilización en otras zonas o para traslado a vertedero)
 - En los casos en que sea preciso el aporte de materiales de excavación, ajenos a la zona de la subestación, controlar que los volúmenes aportados sean exclusivamente los precisos para los rellenos.
- Cerámicas mortero y hormigón:
 - Reutilización, en la medida de lo posible en la propia obra: rellenos.
- Medios auxiliares (palets de madera), envases y embalajes:
 - Utilizar materiales cuyos envases/embalajes procedan de material reciclado.
 - No separar el embalaje hasta que no vayan a ser utilizados los materiales.
 - Guardar los embalajes que puedan ser reutilizados inmediatamente después de separarlos del producto. Gestionar la devolución al proveedor en el caso de ser este el procedimiento establecido (ej. Botellas de SF₆ vacías o medio llenas).
 - Los palets de madera se han de reutilizar cuantas veces sea posible.
- Residuos metálicos:
 - Separarlos y almacenarlos adecuadamente para facilitar su reciclado
- Aceites y grasas:
 - Realizar el mantenimiento de la maquinaria y cambios de aceites en talleres autorizados.
 - Si es imprescindible llevar a cabo alguna operación de cambio de aceites y grasas en la obra, utilizar los accesorios necesarios para evitar posibles vertidos al suelo (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable).

- Establecer las medidas preventivas para evitar derrames de sustancias peligrosas:

- ### 3.4 MEDIDAS DE SEPARACIÓN, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN OBRA

Para que se pueda desarrollar una correcta segregación y almacenamiento de residuos en la obra, todo el personal implicado deberá estar adecuadamente formado (charlas de buenas prácticas ambientales) sobre cómo separar y almacenar cualquier tipo de residuos que pueda derivarse de los trabajos.

- Para una correcta valorización o eliminación se realizará una segregación previa de los residuos, separando aquellos que por su no peligrosidad (residuos urbanos y asimilables a urbanos) y por su cantidad puedan ser depositados en los contenedores específicos colocados por el correspondiente ayuntamiento, de los que deban ser llevados a vertedero controlado y de los que deban ser entregados a un gestor autorizado (residuos peligrosos). Para la segregación se utilizarán bolsas o contenedores, debidamente etiquetados, que impidan o dificulten la alteración de las características de cada tipo de residuo.

En ningún caso se mezclarán residuos peligrosos y no peligrosos.

En el campamento de obra, se procurará además segregar los RSU en las distintas fracciones (envases y embalajes, papel, vidrio y resto).

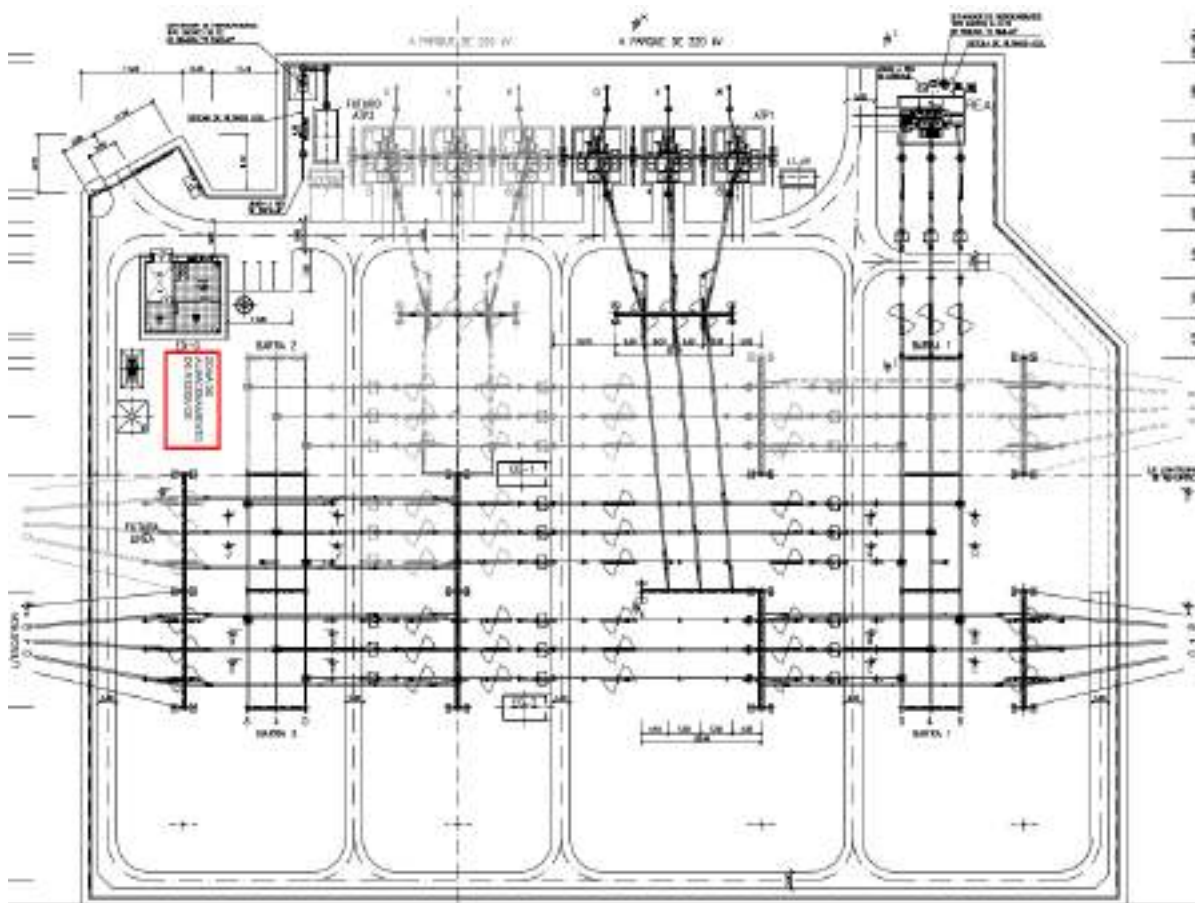
- Almacenamiento:

Desde la generación de los residuos hasta su eliminación o valorización final, éstos serán almacenados de forma separada en el lugar de trabajo, según vaya a ser su gestión final, como se ha indicado en el punto anterior.

Para las zonas de almacenamiento se cumplirán los siguientes criterios:

- Serán seleccionadas, siempre que sea posible, de forma que no sean visibles desde carreteras o lugares de tránsito de personas, pero con facilidad de acceso para poder proceder a la recogida de los mismos.
- Estarán debidamente señalizadas mediante marcas en el suelo, carteles, etc. para que cualquier persona que trabaje en la obra sepa su ubicación.
- Los residuos peligrosos estos deben estar protegidos de la intemperie y con sistemas de retención de vertidos y derrames.
- Los contenedores de residuos peligrosos estarán identificados según se indica en la legislación aplicable, con etiquetas o carteles resistentes a las distintas condiciones meteorológicas, colocados en un lugar visible y que proporcionen la siguiente información: descripción del residuo, icono de riesgos, código del residuo, datos del productor (incluido el NIMA) y fecha de inicio del depósito del residuo.
- Los residuos que por sus características puedan ser arrastrados por el viento, como plásticos (embalajes, bolsas...), papeles (sacos de mortero...) etc. deberán ser almacenados en contenedores cerrados, a fin de evitar su diseminación por la zona de obra y el exterior del recinto.
- Se delimitará e identificará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la subestación. La zona será regenerada una vez finalizada la obra, gestionando los residuos preferentemente a través de Gestor autorizado y devolviéndola a su estado y forma inicial.
- Se evitará el almacenamiento de excedentes de excavación en cauces y sus zonas de policía.

En el croquis siguiente se muestran las zonas destinadas al almacenamiento de residuos que deberá diferenciarse claramente el espacio de Residuos Peligrosos del de Residuos No Peligrosos. Estas zonas podrán ser redefinidas por el contratista que reflejará los cambios en el correspondiente Plan de Gestión de Residuos. Además, en dicho plan se incluirá la descripción de los distintos contenedores que se prevé utilizar para los distintos residuos.



3.5 DESTINOS FINALES DE LOS RESIDUOS GENERADOS

La gestión de los residuos se realizará según lo establecido en la legislación específica vigente.

Siempre se favorecerá la reutilización y valoración de los residuos frente a la eliminación en vertedero autorizado de los mismos.

- Residuos no peligrosos
 - **RSU:** Los residuos sólidos urbanos y asimilables (papel, cartón, vidrio, envases de plástico) separados en sus distintas fracciones serán recogidos por gestor autorizado y como última opción entregados en vertedero. En el caso de no ser posible la recogida por gestor autorizado y de tratarse de pequeñas cantidades, se podrán depositar en los distintos contenedores que existan en el Ayuntamiento más próximo.
 - **Restos vegetales:** La eliminación de los residuos vegetales deberá hacerse de forma simultánea a las labores de talas y desbroce. Los residuos obtenidos se apilarán y retirarán de la zona con la mayor brevedad, evitando así que se conviertan en un foco de infección por hongos, o que suponga un incremento del riesgo de incendios. Los residuos forestales generados se gestionarán según indique la autoridad ambiental competente. Con carácter general, y si no hubiera indicaciones, preferiblemente se entregarán a sus propietarios. Si no es posible se gestionará su entrega a una planta de compostaje y en último caso se trasladarán a vertedero autorizado.
 - **Excedentes de excavación, escombros, y excedentes de hormigón:** se tratará de reutilizarlos en la obra, si no es posible y existe permiso de los Ayuntamientos afectados y de la autoridad ambiental competente, (y siempre con la aprobación de los responsables de Medio Ambiente y de Permisos de RED ELÉCTRICA), podrán gestionarse mediante su reutilización en firmes de caminos, rellenos etc. Si no son posibles las opciones anteriores se gestionarán preferentemente a través de Gestor autorizado y como última opción en vertedero autorizado.
 - **Chatarra:** se entregará a gestor autorizado para que proceda al reciclado de las distintas fracciones.

- Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos se gestionarán mediante gestor autorizado. Se dará preferencia a aquellos gestores que ofrezcan la posibilidad de valorización como destino final frente a la eliminación.

En caso de que los hubiere, la gestión de residuos peligrosos resultantes del desmontaje de equipos se llevará a cabo directamente por RED ELÉCTRICA, siendo éstos gestionados por gestores autorizados para tal fin.

Antes del inicio de las obras los contratistas están obligados a programar la gestión de los residuos que prevé generar. En el *Plan de gestión de residuos de construcción* se reflejará la gestión prevista para cada tipo de residuo: planes para la reutilización de excedentes de excavación u hormigón, retirada a vertedero y gestiones a través de gestor autorizado (determinando los gestores autorizados), indicando el tratamiento final que se llevará a cabo en cada caso.

Como anexo a dicho Plan el contratista deberá presentar la documentación legal necesaria para llevar a cabo las actividades de gestión de residuos:

- Acreditación como productor de residuos.
- Autorizaciones de los transportistas y gestores de residuos.
- Autorizaciones de vertederos y depósitos.
- Contratos de tratamiento de los residuos que se prevé generar.

Al final de los trabajos, el contratista proporcionará la documentación acreditativa de las gestiones de residuos realizadas:

- Documentos de identificación.
- Notificaciones de traslado (si aplica).
- Permisos de vertido/reutilización de excedentes de excavación.

Para obras de corta duración (máximo 3 meses) se podrá realizar una entrega al finalizar la obra. En el caso de obras con mayor duración se entregará antes de 8 semanas a contabilizar desde la fecha de gestión de residuo.

3.6 VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE GESTIÓN

En la tabla siguiente se incluye una estimación de los costes de la gestión de los residuos. Se resalta que el coste es muy aproximado pues los precios están sometidos a bastante variación en función de los transportistas y gestores utilizados y las cantidades estimadas en este estado del proyecto también se irán ajustando con el desarrollo del mismo.

TIPO DE RESIDUO	CÓDIGO	UNIDAD	COSTE (€)
Excedentes de excavación	170504	m ³	25.932
Restos de hormigón	170101	m ³	385
Papel y cartón	150101 - 200101	kg	9
Maderas	170201	kg	228

Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg	30
Chatarras metálicas	170405/170407/170401/170402	kg	36
Restos asimilables a urbanos	200301	kg	1
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si segregan)	150102/150104/150105/150106	kg	0
Trapos impregnados	150202*	kg	58
Tierras contaminadas	170503*	m³	3.565
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*	kg	127
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg	0
TOTAL			30.371

Nota: los costes reflejados son costes estimados, dado que para su cálculo se han tomado precios de referencia. Los costes serán actualizados en el correspondiente plan de residuos, a entregar por el contratista.

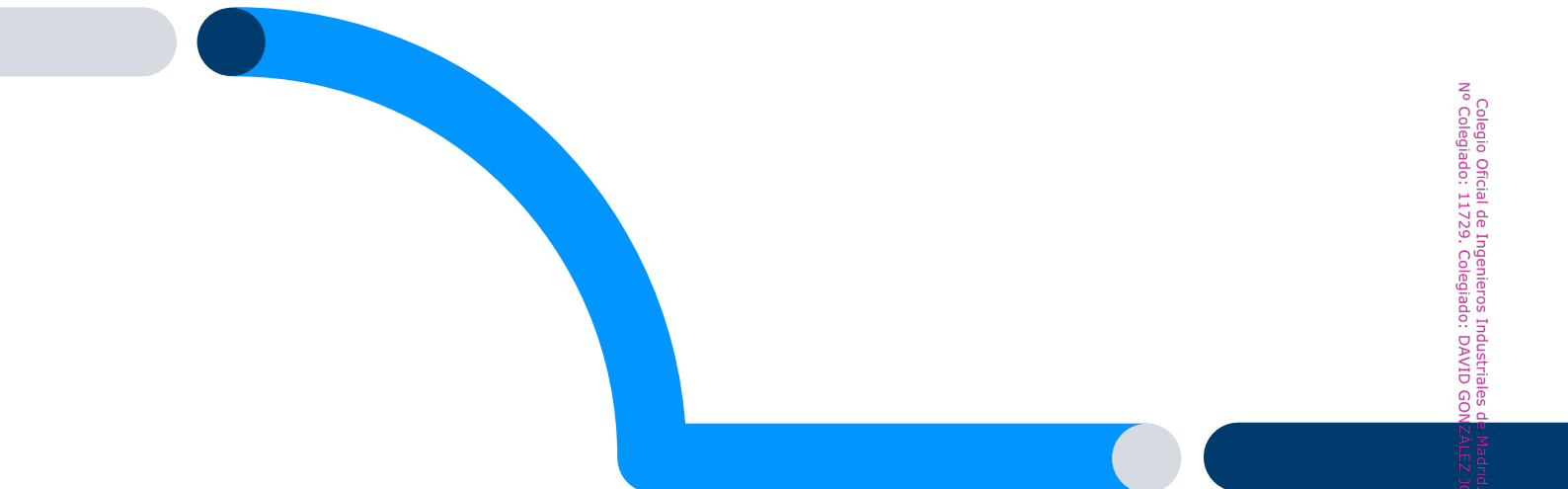
Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial

David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones
Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404658. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>. Cod Ver: 40160725.



red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN

ELS AUBALS 400 kV

DOCUMENTO 2

ANEXO 2

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
LABORAL

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
octubre de 2025

Indice

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM,
 Colegiador: 14529, Insignia: DA00G01LEZ0JIAN0AU, Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/verificacoin>, Cof/ver: 6016005

1 OBJETO DE ESTE ESTUDIO

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las medidas de Seguridad que deben adoptarse en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico a realizar en la nueva subestación ELS AUBALS 400 kV. Facilitando la aplicación que la Dirección Facultativa debe realizar de tales medidas, conforme establece el R.D. 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción.

El presente Estudio tiene carácter obligatorio y contractual para todas las empresas que participan en el desarrollo de la obra.

Este Estudio se incluye como anexo a todos los contratos firmados entre Red Eléctrica de España, S. A. (en adelante, RED ELÉCTRICA) y las empresas contratistas que intervengan en la obra.

La empresa contratista quedará obligada a elaborar un Plan de seguridad y salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, las previsiones contenidas en este Estudio.

RED ELÉCTRICA se reserva el derecho de la interpretación última del Plan de seguridad que se apruebe.

2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

2.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La subestación de ELS AUBALS 400 kV está situada en el término municipal de Garcia, provincia de Tarragona, en la comunidad autónoma de Cataluña, en las parcelas nº 26,27, 28 y 31 del polígono 15, calificadas como rústicas. El acceso a la subestación se realizará desde el camino que parte de la carretera local C-12, tomando la salida entre el PK 65 y 66 en dirección norte, a la salida de Mora la Nova..

La ubicación queda reflejada en el plano de situación geográfica del documento Planos del presente proyecto. Atendiendo las características ambientales del emplazamiento seleccionado esta instalación se realiza con tecnología convencional con aislamiento en aire.

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

- Altura media sobre el nivel del mar..... 37 m
- Temperaturas extremas + 40° C/-20° C
- Contaminación ambiental Bajo
- Nivel de niebla..... Medio

Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se ha considerado viento horizontal con velocidad de 140 km/h

La obra básicamente consiste en:

- La construcción de un nuevo parque de 400 kV en configuración de interruptor y medio, mediante equipos convencionales de intemperie.
- Una transformación 400/220 kV de 600 MVA mediante bancos de autotransformadores monofásicos.
- La explanación de una plataforma para contener tres calles de 400 kV, autotransformadores, viales vallado perimetral, con la siguiente distribución:

Calle	Posición	Nº de interruptores nuevos
0	Reactancia RPT1	1
1	Reserva	0
1	Reserva Central calle 1	0
1	Reserva	0
2	Autotransformador ATP1	1
2	Central calle 2	1
2	Reserva	0
3	L/La Secuita	1
3	Central calle 3	1
3	L/Escatrón	1

Calle	Posición	Nº de interruptores nuevos
4	Reserva	0
4	Reserva Central calle 4	0
4	Reserva	0

Para ello se procederá a realizar las siguientes actividades:

- Las cimentaciones de la estructura de pórticos de amarre de las líneas y de las estructuras metálicas de soporte de la aparamenta.
- Bancadas para los autotransformadores monofásicos y depósito de recogida de aceite.
- La construcción de un Edificio destinado a albergar los equipos de control y de maniobra de la instalación principal, así como los sistemas de alimentación de los servicios auxiliares.
- Obra Civil de 2 CR's donde se ubicarán los equipos de protección.
- Se construirán canales cables de reducida profundidad que unirán el parque con el edificio de control y las casetas de relés.
- Montaje de las estructuras metálicas de pórticos de entrada y de soportes de aparamenta. Estructura principal y soportes de aparatos fabricados en perfiles de alma llena
- Montaje de la aparamenta correspondientes a las calles equipadas y a sus embarrados de conexión.
- Se dispondrán las cajas de centralización para los transformadores de medida, así como para los circuitos de control y fuerza de las celdas a equipar.
- Montaje de embarrados principales y embarrado altos.
- Se implementarán los Sistemas de Control, Telecomunicaciones, Protección y Medida, instalando los BR's en sus casetas de relés.
- Se instalarán los servicios de c.a y c.c. de Servicios Auxiliares.
- Será realizará la red de tierras así como a la instalación de fuerza y alumbrado.
- Se procederá al cerramiento perimetral de parque.

La disposición física de los elementos del parque responde a lo normalizado por RED ELÉCTRICA para instalaciones de 400 kV, cuyas características principales son:

- Entre ejes de aparellaje 5.000 mm
- Entre ejes de conductores tendidos..... 6.000 mm
- Anchura de posiciones 20.000 mm
- Altura de embarrados de interconexión entre aparatos 7.500 mm
- Altura de embarrados altos..... 13.500 mm
- Altura de embarrados tendidos altos 20.450 mm

2.2 PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA

La obra adjudicada a contratistas se estima en los siguientes valores:

Actividad contratada	Presupuesto (K€)	Jornadas – hombre Previstas	Plazo ejecución (meses)
Movimiento de Tierras	414	250	3
Obra civil del parque	946	480	3
Montaje de la estructura	250	260	2
Montaje de la aparamenta	520	600	4
Montaje en b.t.	338	350	2
Presupuesto adjudicado	2468	Kilo €uros	
Volumen mano de obra estimada	1940	Jornadas - hombre	
Punta de trabajadores	12	Trabajadores	

En virtud de estos valores y conforme a lo establecido en el art. 4 del R.D. 1627/1997 para *Obras de construcción o ingeniería civil*, donde se expone que hay obligatoriedad de elaborar un Estudio de Seguridad en los casos en que se superen alguna de las de las circunstancias siguientes:

- Cuando el presupuesto total adjudicado de obra supere 450 k€.
- Cuando el volumen de mano de obra supere 500 jornadas – hombre.
- Cuando la duración sea superior a 30 días y haya 20 o más trabajadores.

Se procede a elaborar este Estudio de Seguridad y Salud.

2.3 CONTROL DE ACCESOS

Dado que la situación de la subestación, está alejada de núcleos urbanos o zonas de paso, la presencia de personal ajeno a la obra es improbable. A pesar de ello, la parcela se encuentra vallada, por lo que no procede ninguna actuación en este campo.

En el portón de acceso se dispondrán señales informativas de riesgo.

2.4 TRABAJOS PREVIOS, INTERFERENCIAS Y SERVICIOS AFECTADOS

Al realizarse la ampliación del parque de 400 kV en un terreno exterior al parque actual de 220 kV, no se prevé interferencias con las tareas de explotación del parque de 220 kV, salvo las referentes a las ampliaciones de la celda GIS de la pos ATP1 y la conexión al cable AT de conexión con la máquina, la cual lleva asociado la conexión con los embarrados principales de 220 kV y a las pruebas de la protección diferencial de barras, para las cuales se solicitarán cuantos descargos sean pertinentes.

Los trabajos de obra civil no estarán interferidos en su mayor parte con ningún otro, si bien en la fase final interferirán con el inicio de los trabajos de montaje.

Los desplazamientos y las maniobras de trabajadores y maquinaria prevista en obra estarán condicionados por la existencia de elementos en tensión. La actuación en cuanto a las vías de paso autorizado se planificará de forma que no afecte a la instalación en servicio y siempre conforme a las normas indicadas en este documento en los apartados que les afecten.

Los trabajos de Obra Civil no estarán interferidos en su mayor parte con ningún otro.

2.5 UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN LA OBRA

2.5.1 Movimiento de tierras

Consiste en preparar el terreno a fin de disponerlo en condiciones para ubicar los elementos componentes de la subestación.

Básicamente se utilizará maquinaria pesada de explanación y retirada de tierras.

- Acopio

Los materiales y equipos a instalar, provenientes de los suministradores se descargarán con medios mecánicos.

Se almacenarán en la campa situada en la propia subestación, en ubicación estable, apartado de las posiciones en construcción y donde no interfiera en el desarrollo posterior de los trabajos.

- Drenajes y saneamientos

La red cubrirá el parque de 400kV. Se realizará con tubo drenante en distribución que no produzca un efluente masivo. La zanja principal alcanzará en su punto más bajo una profundidad que se estima en 1,5 m.

2.5.2 Obra civil

Consiste en la realización de cimentaciones, canales de cables y drenajes.

Se dispondrá de campa de almacenaje de materiales de construcción en zona que no interfiera a los restantes trabajos y a las vías de circulación de vehículos.

La preparación de armaduras de encofrados se ubicará fuera las zonas de paso.

- Cimentaciones de soportes

Las cimentaciones para las estructuras soportantes de la nueva apartamenta se realizarán en dados de hormigón armado.

- Canales de cables

Se diseñan para proteger los cables de control y fuerza en su recorrido desde los mandos de cada equipo a las casetas de relés y desde estas últimas hasta el edificio de control. Los canales de cables serán prefabricados de hormigón.

- Casetas de Relés

Se construirán dos. De planta rectangular con dimensiones de 4x6 m, se construirán con paneles prefabricados de hormigón armado y forjado plano. La solera del suelo será un pavimento de hormigón industrial.

- Edificio de Control

Será de planta rectangular construido con paneles prefabricados de hormigón armado y cubierta plana. La solera del suelo será de falso suelo en las salas de equipos eléctricos y pavimento de hormigón industrial en las salas de taller y aseos.

Albergará los equipos de comunicaciones, unidad central y monitores del sistema de control digital, equipos cargador-batería, cuadros de servicios auxiliares de c.c./c.a. y centralitas de alarmas de los sistemas de seguridad y antiintrusismo.

Los paneles serán de 20 cm de grueso, de hormigón armado, con malla doble de acero electrosoldada. En los paneles que se precise se dejarán los huecos necesarios para puertas, entrada de cables, aire acondicionado, etc., y se armarán convenientemente. La cubierta será plana y se resolverá del siguiente modo: sobre el forjado de piezas prefabricadas de placa alveolar pretensada con capa de compresión, se dispondrá

una capa aislante de poliestireno extrusionado, y sobre ella, el resto de los elementos que conforman la cubierta. Se dispondrá una capa de mortero ligero con perlita de espesor variable, armada con malla de gallinero, para evacuar el agua de lluvias y membrana impermeabilizante.

La cimentación vendrá determinada por las cargas propias y de uso, así como de las condiciones de cimentación del terreno que determine el oportuno estudio geotécnico.

En la solera de la sala de servicios auxiliares, en todo el perímetro, se construirá un canal para el paso de cables. Las salas de control y comunicaciones contarán con falso suelo. Para el paso de cables entre dependencias se dispondrán tubos en la solera.

2.5.3 Montaje de estructuras y equipos

En esta fase se instalarán los embarrados altos, las estructuras soportantes de los equipos, los propios equipos y los embarrados de conexión.

Se planificarán las actividades de montaje de forma que no interfieran entre sí y especialmente se cuidará que no afecten a las de obra civil que aún persistan.

Las estructuras metálicas y soportes de la aparamenta se construirán con perfiles normalizados de alma llena.

- **Trabajos de cableado y trabajos en baja tensión (b.t.)**

El tendido de cables de fuerza y control desde los equipos del parque a las casetas de relés se realizará manualmente siguiendo el trazado marcado por los canales.

El montaje de los equipos de control, protecciones, comunicaciones y medidas se realizará simultáneamente a los trabajos de cableado.

- **Puesta en servicio**

Se prevé que la puesta en servicio se realice por fases terminadas conectando eléctricamente la nueva posición / instalación a la red de transporte de electricidad.

Las calles y equipos puestos en servicio se delimitarán y se aislarán, de forma que permitan la ejecución de las posteriores fases de trabajo.

2.6 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Las empresas adjudicatarias de las obras han de considerar que la evaluación de los riesgos asociados a cada una de las actividades de construcción de subestaciones supone el análisis previo de:

- Las condiciones generales del trabajo, a las máquinas y equipos que se manejen, a las instalaciones próximas existentes y a los agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.
- Las características de organización y control del trabajo que cada empresa tiene establecidas, lo que influye en la magnitud de los riesgos.
- La inadecuación de los puestos de trabajo a las características de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos.

Por ello las empresas contratistas adjudicatarias de los trabajos deben disponer de una evaluación de riesgos genérica concerniente a sus trabajos.

No obstante, se prevé que los riesgos que se pueden presentar son:

Situaciones pormenorizadas de riesgo

Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo, por pisar o tropezar con objetos, por existencia de vertidos o líquidos, por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.).
Caídas de personas a distinto nivel	Caída desde escaleras portátiles, desde andamios y plataformas temporales, desniveles, huecos, zanjas, taludes, desde estructuras pórticos.
Caídas de objetos	Caída por manipulación manual de objetos y herramientas o de elementos manipulados con aparatos elevadores.
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimientos de elementos de montaje fijos, desplome de muros o hundimiento de zanjas o galerías
Choques y golpes	Choques contra objetos fijos, contra objetos móviles, golpes por herramientas manuales y eléctricas.
Maquinaria automotriz y vehículos	Atropello a peatones, choques y golpes entre vehículos, vuelco de vehículos y caída de cargas
Atrapamientos por mecanismos en movimiento	Atrapamientos por herramientas manuales, portátiles, eléctricas. Atrapamientos por mecanismos en movimiento.
Cortes	Cortes por herramientas portátiles eléctricas o manuales y cortes por objetos superficiales o punzantes.
Proyecciones	Impacto por fragmentos, partículas sólidas o líquidas.
Contactos térmicos	Contactos con fluidos o sustancias calientes / fríos. Contacto con proyecciones.
Contactos químicos	Contacto con sustancias corrosivas, irritantes/ alergizantes u otras.
Contactos eléctricos	Contactos directos, indirectos o descargas eléctricas
Arcos eléctricos	Calor, proyecciones o radiaciones no ionizantes.
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al empujar, tirar de objetos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Explosiones	Máquinas, equipos y botellas de gases.
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables. Focos de ignición, proyecciones de chispas o partículas calientes.
Confinamiento	Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido. Dificultades para rescate.
Tráfico	Choques entre vehículos o contra objetos fijos Atropello de peatones o en situaciones de trabajo Vuelco de vehículos por accidente de tráfico.
Agresión de animales	Picadura de insectos, ataque de perros o agresión por otros animales.
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor o al frío

Situaciones pormenorizadas de riesgo

	Cambios bruscos de temperatura.
Radiaciones no ionizantes	Exposición a radiación ultravioleta, infrarroja o visible.
Carga física	Movimientos repetitivos. Carga estática o postural (espacios de trabajo) o dinámica (actividad física). Condiciones climáticas exteriores.
Carga mental	Distribución de tiempos. Horario de trabajo

2.6.1 Organización de la seguridad

- Coordinador en materia de seguridad y salud

Las tareas de obra civil y montaje electromecánico si bien estarán programadas en su mayor parte en periodos distintos, pueden que en algún momento interfieran entre sí, por lo que si así fuera sobre la base del Art. 3 del R.D. 1627, RED ELÉCTRICA en su calidad de promotor procederá a nombrar coordinador en materia de seguridad.

- Jefes de trabajo de las empresas contratistas

Las personas que ejerzan in situ las funciones de jefe de trabajo, dirigiendo y planificando las actividades de los operarios, garantizarán que los trabajadores conocen los principios de acción preventiva y velarán por su aplicación.

- Vigilante de seguridad de la empresa contratista

La empresa contratista reflejará en el Plan de seguridad el nombre de una persona de su organización que actuará como su vigilante de seguridad para los trabajos, bien a tiempo total o compartido, con formación en temas de seguridad (cursillo, prueba, etc.) o con suficiente experiencia para desarrollar este cometido.

Quien actúe como jefe de obra organizará la labor del vigilante y pondrá a su disposición los medios precisos para que pueda desarrollar las funciones preventivas.

2.6.2 Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva que se recogen en su artículo 15 se aplicarán durante la ejecución de la obra y en particular:

- Garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada pueden acceder a las zonas de riesgo grave o específico.
- Dar las debidas instrucciones a los empleados.
- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- El mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo.
- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- La adaptación, en función de la evolución de obra, del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.

i) La cooperación entre RED ELÉCTRICA y el contratista.

2.6.3 Formación

El personal de la empresa contratista que sea habitual en estos trabajos debe estar instruido en seguridad. No obstante, en las fechas inmediatas a la incorporación recibirá información específica acorde al trabajo que va a realizar.

La empresa contratista garantizará que el personal de sus empresas subcontratadas será informado del contenido del Plan de seguridad.

Los operarios que realicen trabajos con riesgo eléctrico tendrán la categoría de “personal autorizado o cualificado” para las funciones que le asigna el R.D. 614/2001.

2.6.4 Medicina preventiva

La empresa contratista queda obligada a aportar a la obra trabajadores con reconocimiento médico realizado. Si como consecuencia de este reconocimiento fuera aconsejable el cambio de puesto de trabajo, la empresa contratista queda obligada a realizarlo.

En cualquier momento RED ELÉCTRICA podrá solicitar certificados de estos reconocimientos.

2.6.5 Medios de protección

Antes del inicio de los trabajos todo el material de seguridad estará disponible en la obra, tanto el de asignación personal como el de utilización colectiva.

Así mismo, todos los equipos de protección individual se ajustarán a lo indicado en el R.D. 773/1997 sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*.

2.7 LOCALES DE DESCANSO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS

A tenor de lo establecido en el R.D. 486/1997 sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo* y particularmente en su Anexo V, el contratista dispondrá de los locales y servicios higiénicos necesarios.

Si se utilizasen instalaciones permanentes existentes en la instalación, no será preciso dotar a la obra de instalaciones temporales. Esta circunstancia será reflejada en el Plan de Seguridad.

2.8 DISPOSICIONES DE EMERGENCIA

2.8.1 Vías de evacuación

Dadas las características de la obra, trabajos en exterior, casetas y edificios de pequeñas dimensiones no es necesario la definición de vías o salidas de emergencia para una posible evacuación.

Si en la construcción del edificio de control estima la presencia de más de 20 trabajadores, se realizará un plano con las distintas vías de evacuación que serán definidas teniendo en cuenta el número de los posibles usuarios, que deberá instalarse en un lugar visible a la entrada del edificio. Además, se instalará señalización indicando las diferentes vías de emergencia con la mayor prontitud posible.

Cuando sea necesario, la decisión de la evacuación del lugar trabajo será tomada por el coordinador de seguridad, y en el caso de que no esté presente, del supervisor de RED ELÉCTRICA. Siendo el punto de reunión el portón principal de entrada a la subestación.

Dado el limitado número de personas que se prevén van a coincidir en la obra y la no existencia de recintos cerrados no se considera necesario establecer equipos de evacuación ni realizar simulacros al respecto.

2.8.2 Iluminación

Al tratarse de trabajos que se realizarán a la intemperie y en horario diurno, no será necesaria la instalación de alumbrado.

En el caso, que se realicen trabajos en horario nocturno, se instalará un sistema de alumbrado adecuado al trabajo que se va a realizar y que incluirá las vías de acceso los puntos de trabajo. Complementando el sistema de alumbrado se dispondrá de una alternativa de emergencia de suficiente intensidad (linternas o cualquier otro sistema portátil o fijo).

- Instalaciones de suministro y reparto de energía

Se instalará un grupo electrógeno para el suministro de la energía eléctrica.

El suministro eléctrico se tomará de la red existente

Las instalaciones de suministro y reparto de energía en la obra deberán instalarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

Cuando se trate de instalaciones eléctricas el acceso a las partes activas de las mismas quedará limitado a trabajadores autorizados o cualificados.

2.8.3 Ventilación

No se prevé la necesidad de realizar controles de ventilación dado el tipo de obra.

En los trabajos en galerías, centros subterráneos, etc. Previo al acceso al recinto y durante su permanencia en el mismo, se procederá a las determinaciones higiénicas oportunas de la atmósfera confinada que permitan conocer si los valores de oxígeno son suficientes o si los niveles de contaminantes tóxicos o inflamables están por encima de los niveles máximos permitidos.

Los trabajos a realizar en este tipo de recintos deberán en todo momento tener vigilancia desde el exterior con una comunicación continua entre los trabajadores que permanezcan en el interior y exterior del recinto confinado. Tomándose todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.

Dado que será necesario utilizar herramientas o máquinas que producen gases o vapores que reducen de forma peligrosa la concentración de oxígeno (<18%), y no está asegurada una buena renovación del aire existente en el lugar de trabajo, se instalará un sistema de ventilación de aire limpio.

Al preverse la existencia de contaminantes inflamables, las herramientas a utilizar serán compatibles con el riesgo detectado (herramientas antideflagrantes).

2.8.4 Ambientes nocivos y factores atmosféricos

Dado que se trata de un trabajo a la intemperie, la planificación de tareas que requieran un consumo metabólico alto se planificarán para que no coincidan con los periodos de temperatura extremos.

En caso de tormenta eléctrica se suspenderán los trabajos.

Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvo, ...), sin la protección adecuada.

2.8.5 Detección y lucha contra incendios

No se prevé en la obra la existencia de carga térmica elevada, para facilitar lo se mantendrán adecuadas condiciones de orden y limpieza.

La obra dispondrá de extintores la cantidad suficiente. Los extintores deberán situarse en lugares de fácil acceso.

No existirán bocas de extinción de incendios al no disponer el recinto de acometida de aguas.

El sistema de detección de incendios en casetas y edificio se instalará en cuanto el avance de la obra lo permita.

2.8.6 Primeros auxilios

Todo el personal debe conocer que el número de solicitud de ayuda de primeros auxilios es el **112**. La Administración dispondrá ayuda técnica o sanitaria que se solicite en dicho número.

La empresa contratista dispondrá de un botiquín de obra para prestar primeros auxilios. Se podrá hacer uso de los medios de primeros auxilios (camilla, elementos de cura, etc.) que exista en la subestación. Asimismo deberá estar disponible en la obra un vehículo, para evacuar a un posible accidentado.

El contratista expondrá, para conocimiento de todos sus trabajadores la dirección de los centros de asistencia más próximos.

2.9 PLAN DE SEGURIDAD

El Plan de Seguridad que elabore la empresa adjudicataria de los trabajos debe establecer su forma particular de ejecutarlos, debe ser un documento ajustado a las situaciones de riesgos previsibles en la obra.

El Plan de Seguridad una vez aprobado debe ser el documento aplicable en obra, para lo cual debe permanecer en poder del jefe de trabajo y del coordinador de seguridad.

3 PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 NORMATIVA LEGAL DE APLICACIÓN

La ejecución de la obra, objeto del Estudio de Seguridad, estará regulada por la normativa que a continuación se cita, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales
- Ley 54/03 de 12 de diciembre de Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 1627/97 de 24 de octubre sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- R.D. 171/04 de 30 enero, por el que desarrolla el Art. 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- R.D. 614/2001 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 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.

3.2 NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA

La ejecución de la Obra queda igualmente condicionada por la normativa de RED ELÉCTRICA que se referencia, a efectos de aspectos más generales que aplican a la obra.

- TM-001. Organización de la seguridad en los trabajos en instalaciones de AT.
- IM-002. Medidas de seguridad en instalaciones de AT. para trabajos sin tensión.
- IM-013. Medidas de seguridad en trabajos en instalaciones de BT.
- AM-004. Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas.
- AM-005. Trabajos de manutención manual y mecánica.
- IC-003. Subcontratación por proveedores de RED ELÉCTRICA a terceros.

4 PRESUPUESTO DE SEGURIDAD

Sub Els Aubals 400 kV

Duración del trabajo: (meses) 12

Operarios previstos: 12

Material de asignación personal

Nº de orden	Concepto	Dotación anual por operario	Unidades equiv.	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Casco de protección	2	24	5,11	123
2	Botas de seguridad	4	48	46,58	2.236
3	Botas de agua.	2	24	38,43	922
4	Guantes de trabajo.	36	432	4,38	1.892
5	Arnés de cintura o completo	0,5	6	146,12	877
6	Dispositivos anticaída y compl.	0,5	6	90,29	542
7	Trajes impermeables.	2	24	28,33	680
8	Gafas antiimpactos.	6	72	4,78	344
9	Pantalla de protección facial	2	24	9,44	227
10	Pantallas y gafas para soldadura	1	12	7,81	94
11	Mandiles, polaina, guantes soldadura	1	12	26,38	317
12	Ropa de trabajo	2	24	69,20	1.661
				Coste Parcial	9.915

Material de asignación colectiva

Nº de orden	Concepto	Dotación anual	Unidades equivalente s	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Cuerda 100m Línea de Seguridad	4	4	107,94	432
2	Complementos uso Lín. Seg.	10	10	120,05	1.201
3	Malla perforada de delimitación	1.000	1000	0,49	490
4	Cinta o cadena de delimitación	1000	1000	0,04	40
5	Señales de obligación e informativas	60	60	3,01	181
6	Botiquín primeros auxilios	2	2	18,06	36
7	Tablero o camilla evac. accidentados	1	1	253,80	254
8	Extintores	4	4	30,80	123
				Coste Parcial	2.757

Formación + Medicina preventiva

Nº de orden	Concepto	Unidades	Precio Udad (€uros)	Coste total (€uros)
1	Charla informativa seg. y prim.auxilios	12	34,00	408
2	Reconocimientos médicos	12	30,50	366
			Coste Parcial	774

Total 13.446

Asciende este Presupuesto de Seguridad a la cantidad de: **TRECE MIL CUATROCIENTOS CUARENTA SEIS EUROS.**

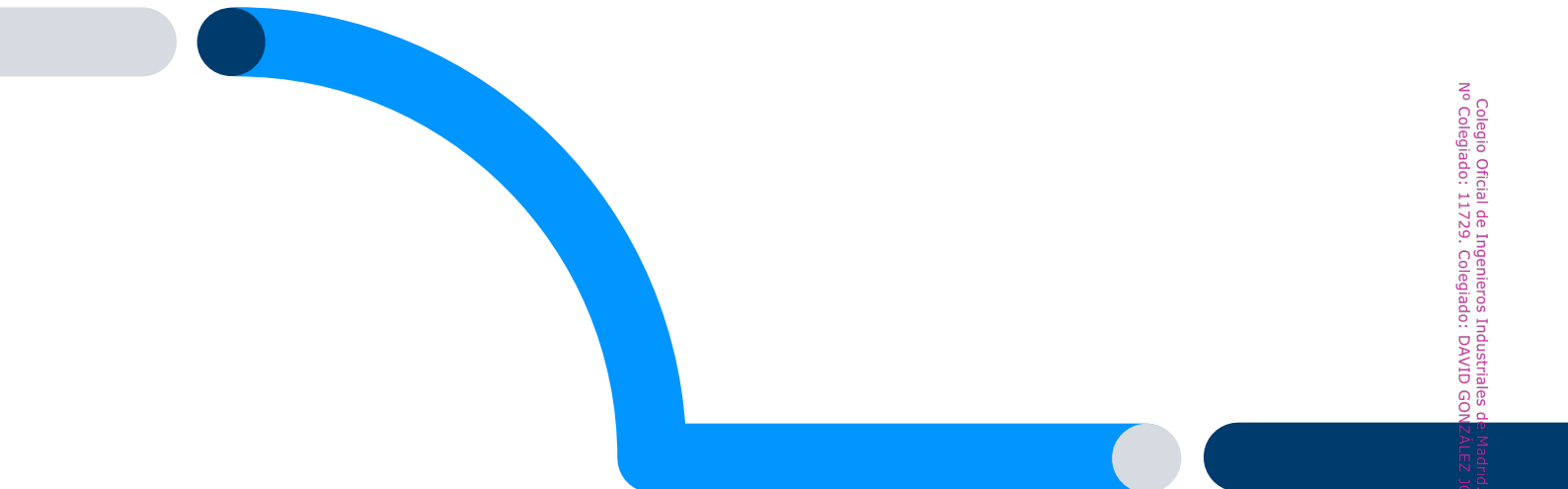
Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial


David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.



red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN

ELS AUBALS 400 kV

DOCUMENTO 3

PLANOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
octubre de 2025

ÍNDICE DE PLANOS

	Nº DE PLANO
1. Situación y emplazamiento	P-AUBB1000
2. Esquema unifilar simplificado. Parque de 400	P-AUBA1000
3. Implantación general	P-AUBB1001
4. Relación de Bienes y Derechos (RBD)	P-AUBB1002_A
5. Planta general	P-AUBB2000
6. Secciones generales. Parque de 400	P-AUBB2001
7. Planta general fundaciones y canales	P-AUBC5000
8. Planta general de red de tierras	P-AUBF1000
9. Edificio de control. Planta de distribución	P-AUBD1000
10. Edificio de control. Alzados	P-AUBD1001
11. Edificio de control. Secciones	P-AUBD1002
12. Caseta de relés ED-2 y ED-3. Planta	P-AUBD2000
13. Caseta de relés ED-2 y ED-3. Detalles y Alzados	P-AUBD2001
14. Edificio de Control. Disposición de Equipos	P-AUBJ2-EC
15. Caseta de relés ED-1. Disposición de Equipos	P-AUBJ2-ED-1
16. Caseta de relés ED-2. Disposición de Equipos	P-AUBJ2-ED-2

Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial

**David González Jouanneau**

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

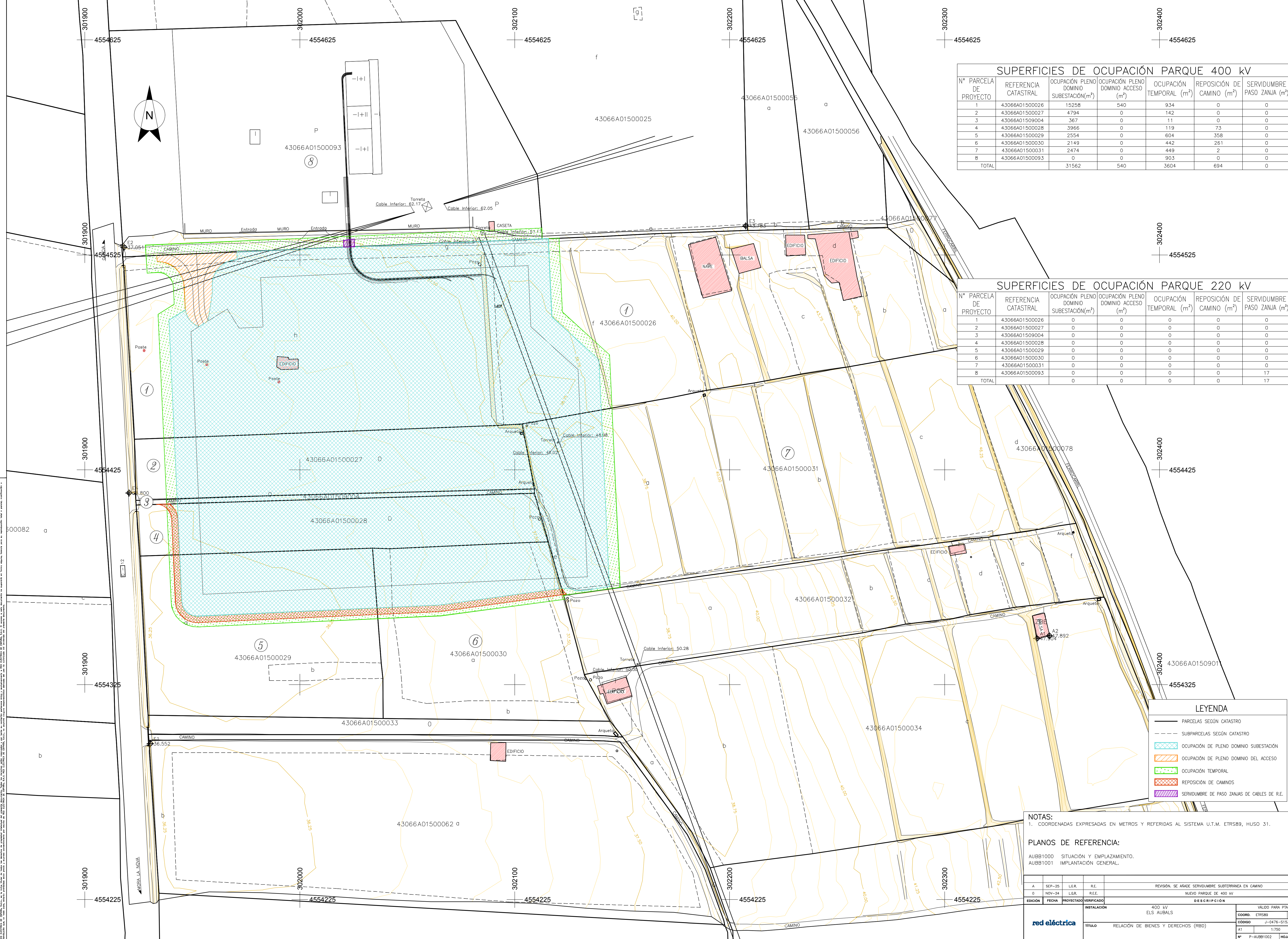


LOCALIZACIÓN SE ELS AUBALS, PARQUE DE 400 kV (ETRS89):
COORDENADAS: 0° 38' 31.55" E, 41° 7' 3.05" N.

0	FEB-23	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 kV
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
red eléctrica		INSTALACIÓN		400 kV ELS AUBALS
		TÍTULO		SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
				VÁLIDO PARA PTA 0
				COORD. HUSO
				CÓDIGO J-0476-S1538-1
				A3 SIN ESCALA
				Nº P-AUBB1000
				HOJA



0	JUL-24	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 kV		
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN		
		INSTALACIÓN 400 kV ELS AUBALS		VALIDO PARA PTA 0		
				COORD. HUSO		
		TÍTULO ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO		CÓDIGO J-0476-S1538-2		
				A3	SIN ESCALA	
				Nº	P-AUBA1000	HOJA



SUPERFICIES DE OCUPACIÓN PARQUE 400 kV						
Nº PARCELA DE PROYECTO	REFERENCIA CATASTRAL	OCUPACIÓN PLENO DOMINIO SUBESTACIÓN(m²)	OCUPACIÓN PLENO DOMINIO ACCESO (m²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m²)	REPOSICIÓN DE CAMINO (m²)	SERVIDUMBRE PASO ZANJA (m²)
1	43066A01500026	15258	540	934	0	0
2	43066A01500027	4794	0	142	0	0
3	43066A01509004	367	0	11	0	0
4	43066A01500028	3966	0	119	73	0
5	43066A01500029	2554	0	604	358	0
6	43066A01500030	2149	0	442	261	0
7	43066A01500031	2474	0	449	2	0
8	43066A01500093	0	0	903	0	0
TOTAL		31562	540	3604	694	0

SUPERFICIES DE OCUPACIÓN PARQUE 220 kV						
Nº PARCELA DE PROYECTO	REFERENCIA CATASTRAL	OCUPACIÓN PLENO DOMINIO SUBESTACIÓN(m²)	OCUPACIÓN PLENO DOMINIO ACCESO (m²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m²)	REPOSICIÓN DE CAMINO (m²)	SERVIDUMBRE PASO ZANJA (m²)
1	43066A01500026	0	0	0	0	0
2	43066A01500027	0	0	0	0	0
3	43066A01509004	0	0	0	0	0
4	43066A01500028	0	0	0	0	0
5	43066A01500029	0	0	0	0	0
6	43066A01500030	0	0	0	0	0
7	43066A01500031	0	0	0	0	0
8	43066A01500093	0	0	0	0	17
TOTAL		0	0	0	0	17

LEYENDA

PARCELAS SEGÚN CATASTRO

SUBPARCELAS SEGÚN CATASTRO

OCUPACIÓN DE PLENO DOMINIO SUBESTACIÓN

OCUPACIÓN DE PLENO DOMINIO DEL ACCESO

OCUPACIÓN TEMPORAL

REPOSICIÓN DE CAMINOS

SERVIDUMBRE DE PASO ZANJAS DE CABLES DE R.E.

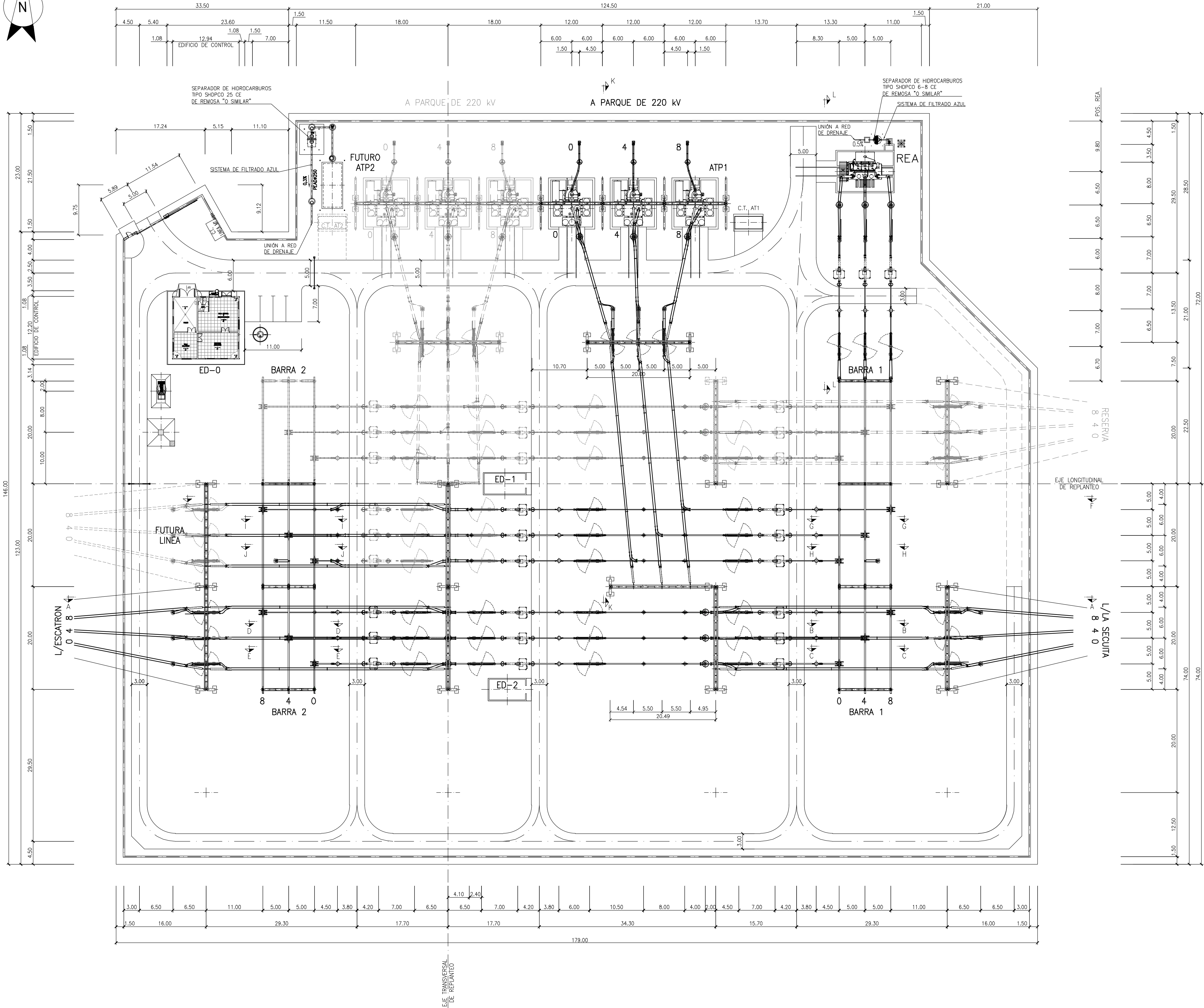
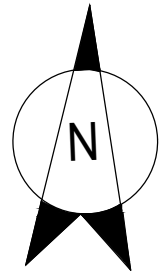
NOTAS:
1. COORDENADAS EXPRESADAS EN METROS Y REFERIDAS AL SISTEMA U.T.M. ETRS89, HUSO 31.

PLANOS DE REFERENCIA:

AUBB1000 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.
AUBB1001 IMPLANTACIÓN GENERAL.

A		SEP-25	L.G.R.	R.E.	REVISIÓN. SE AÑADE SERVIDUMBRE SUBTERRANEA EN CAMINO								
O		NOV-24	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 kV								
EDICIÓN		FECHA		PROYECTADO		VERIFICADO		DESCRIPCIÓN					
red eléctrica		INSTALACIÓN		400 kV ELS AUBALS				VÁLIDO PARA PTA 3					
		TÍTULO		RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS (RBD)		COORD.		ETRS89		HUSO 31			
						CÓDIGO		J-0476-S1538-1					
						A1		1:750					
								Nº		P-AUBB1002		HOJA	

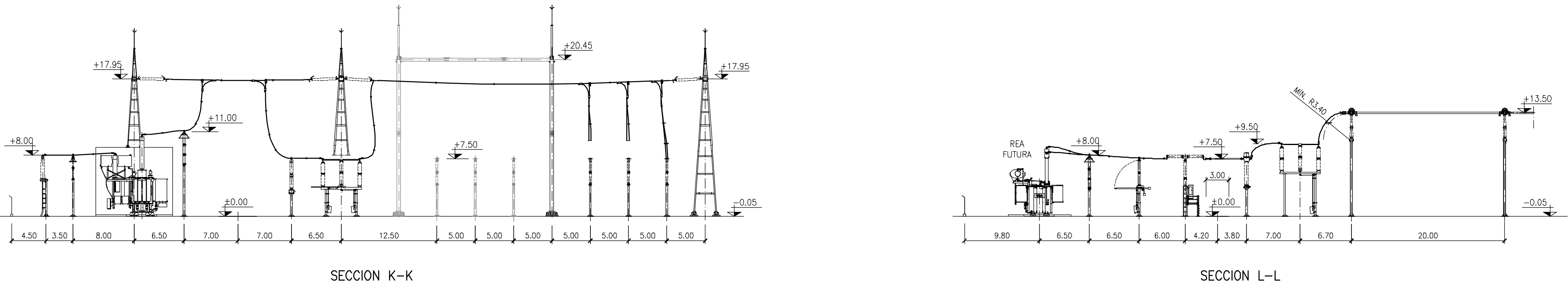
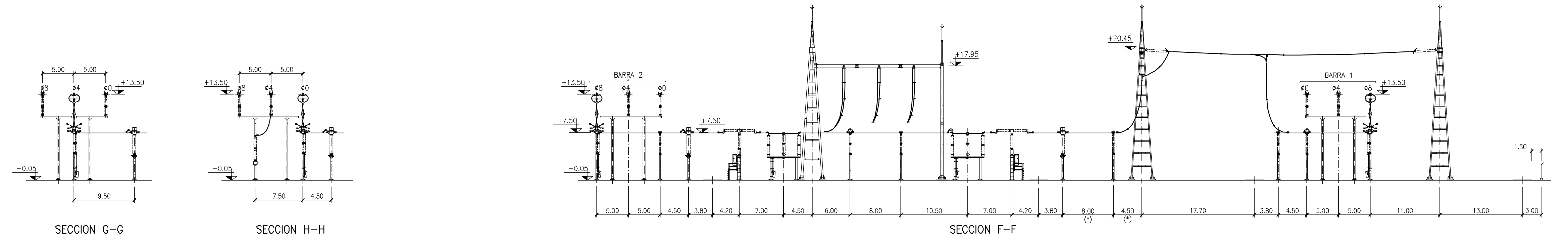
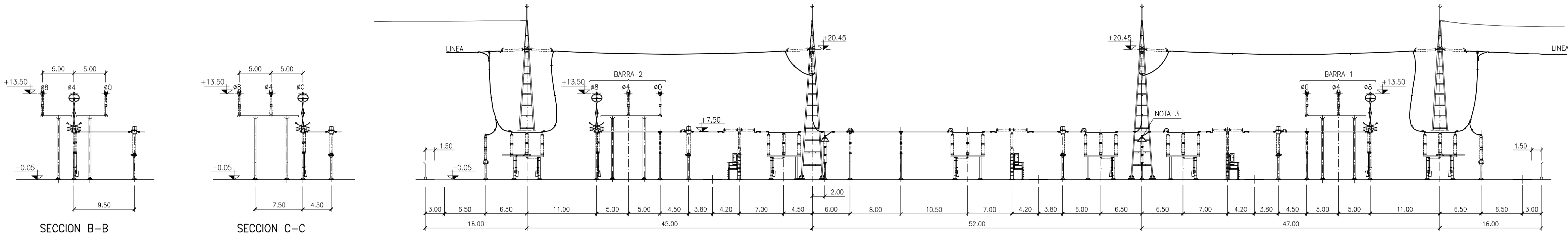
Red Eléctrica de España, S.A. es la única titular de todos los derechos de explotación de las líneas de transporte de energía eléctrica y de las instalaciones de transformación de energía eléctrica que forman parte del sistema eléctrico nacional. Red Eléctrica de España, S.A. es la única titular de todos los derechos de explotación de las líneas de transporte de energía eléctrica y de las instalaciones de transformación de energía eléctrica que forman parte del sistema eléctrico nacional. Red Eléctrica de España, S.A. es la única titular de todos los derechos de explotación de las líneas de transporte de energía eléctrica y de las instalaciones de transformación de energía eléctrica que forman parte del sistema eléctrico nacional.



NOTAS:
1. DIMENSIONES EN METROS.
PLANOS DE REFERENCIA:
AUBB2001 SECCIONES GENERALES.

0	NOV-24	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 kV	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
				INSTALACIÓN	VÁLIDO PARA PTA. 2
				400 kV	CÓDIGO
				ELS AUBALS	J-0476-S1538-2
				TÍTULO	PLANTA GENERAL
				Nº	P-AUBB2000
				HOJA	1-400

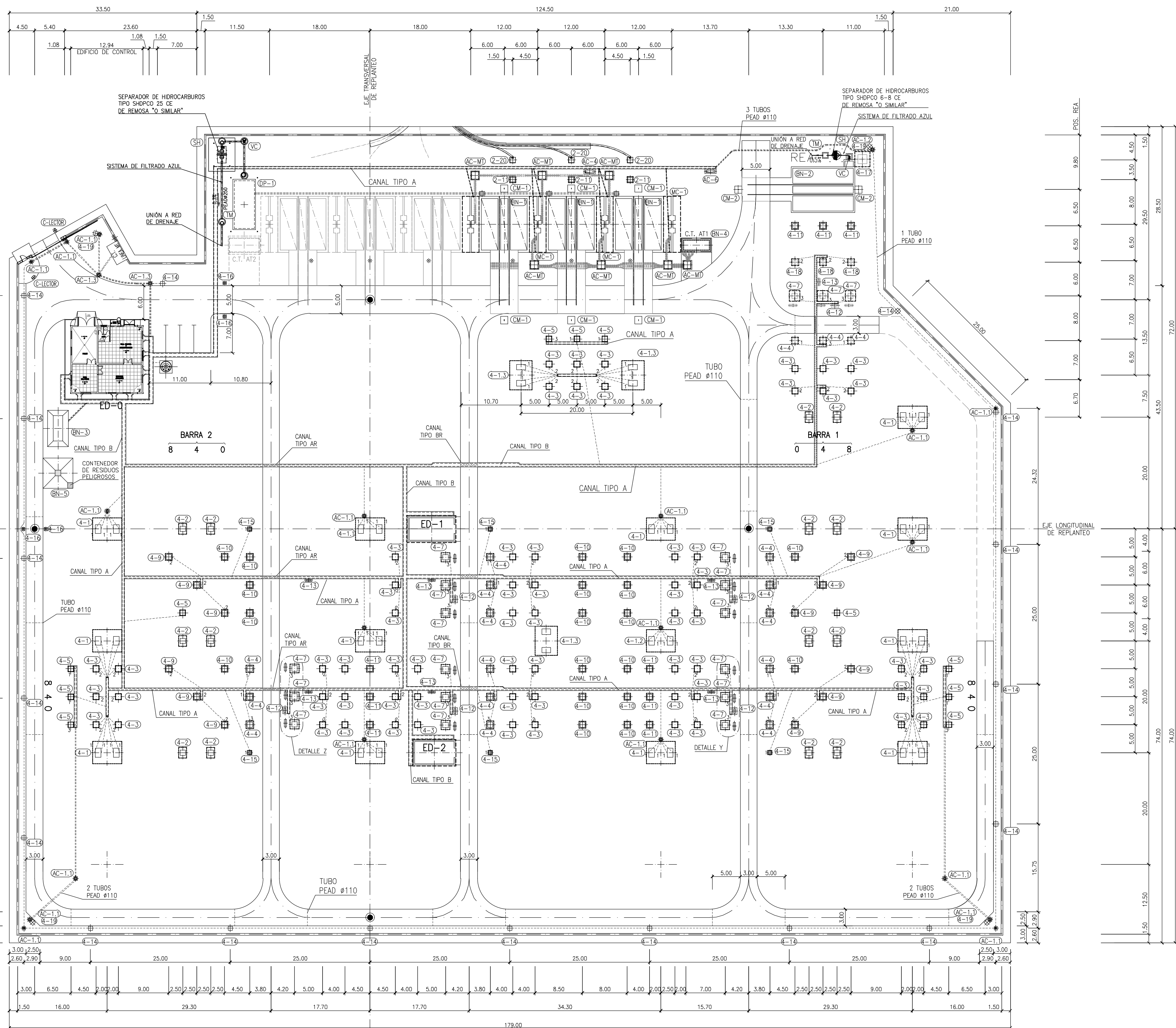
Red eléctrica de 400 kV, para la zona de...
El presente documento es propiedad de...
No se permite la reproducción total o parcial...
Sin el consentimiento escrito de...
Red eléctrica de 400 kV, para la zona de...
El presente documento es propiedad de...
No se permite la reproducción total o parcial...
Sin el consentimiento escrito de...



- NOTAS:
- DIMENSIONES EN METROS.
 - LAS COTAS (*) VARIARAN SEGÚN EL FABRICANTE DE LOS SECCIONADORES. SE HAN REPRESENTADO LOS DE MESA.
 - LA INSTALACIÓN DE AUTOVALVULAS EN LAS LINEAS DEPENDERÁ DE LA UBICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN.

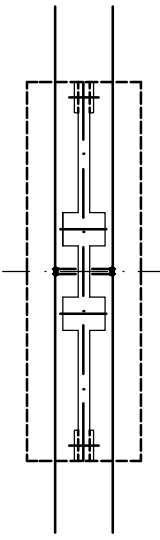
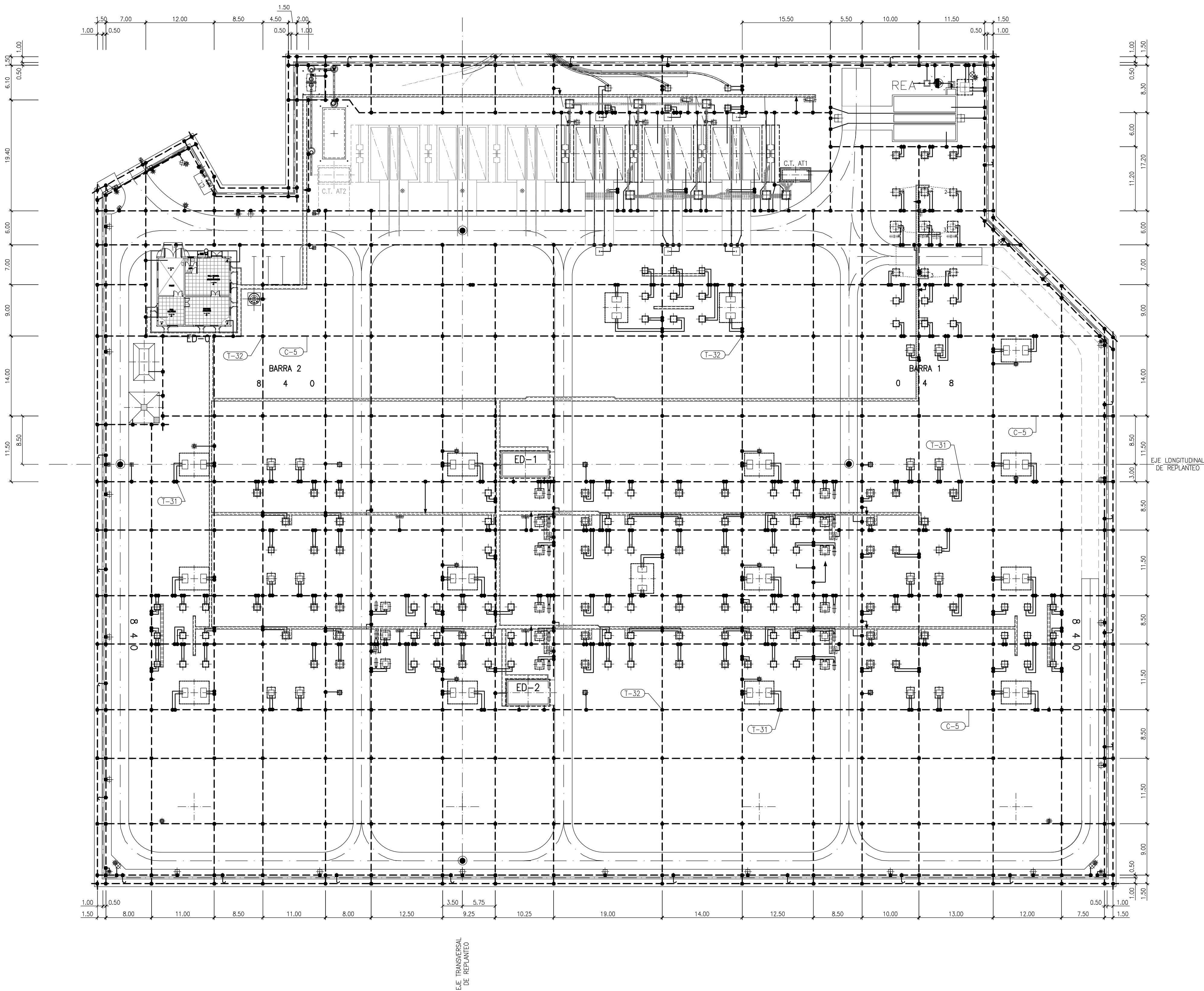
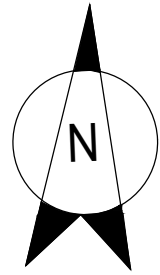
PLANOS DE REFERENCIA:
AUBB2000 PLANTA GENERAL.

0	FEB-23	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 kV
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
INSTALACIÓN				400 kV ELS AUBALS
TÍTULO				SECCIONES GENERALES
VÁLIDO PARA PTA. 0				HUBO
CÓDIGO				J-0476-S1538-1
A1				1:400
Nº				P-AUBB2001
HOJA				



PLANOS DE REFERENCIA	
AUBB2000	PLANTA GENERAL.
AUBB2001	SECCIONES GENERALES.
DYESC2010	PUERTA DE ENTRADA PRINCIPAL - CERRAMIENTO TIPO A/B. PILASTRA PARA SOPORTE DE PUERTA, PLANTA Y ALZADO.

[illegible][illegible]



DETALLE -1-
ESCALA 1:200

SÍMBOLOS

- SOLDADURA EXOTERMICA EN CRUZ O EN "T"
- CONEXION A ESTRUCTURA (LOS LATIGUILLOS IRAN PROTEGIDOS CON TUBO CORRUGADO SENCILLO DE DIAMETRO MAYOR DE 20 mm)
- CONEXION A CERRAMIENTO
- CONEXION A RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO (HASTA DENTRO DE CANAL DE CABLES CERCANO)
- MALLA PRINCIPAL DE CABLE DE Cu DE 120 mm2 A 60 cm DE PROFUNDIDAD (SE EJECUTARA PREFERENTEMENTE DURANTE LOS TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA).
- CONEXIONES CON LA MALLA PRINCIPAL CON CABLE DE Cu DE 120 mm2 (SE REALIZARAN DURANTE LOS TRABAJOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS):
 - DEBAJO DE CADA CIMENTACION SE DEJARA UNA COCA POR CADA LATIGUILLO CON LONGITUD DE CABLE SUFICIENTE PARA CONECTAR A LA ESTRUCTURA CUANDO SE INSTALE LA MISMA.
 - PARA LOS SOPORTES DE APARAMENTA SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 1.50 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACION.
 - PARA LAS COLUMNAS PRINCIPALES SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 2.0 m DE LONGITUD EN LA CIMENTACION.
 - EN LOS MUROS CORTAFUEGOS SE DEJARAN LATIGUILLOS DE 2.50 m DE LONGITUD APROXIMADA EN AMBOS LADOS A LA ALTURA DEL EJE CENTRAL (DETALLE 1).
 - PARA LAS TIERRAS INTERIORES DE CASITAS Y EDIFICIOS DEJAR LATIGUILLOS DE 1.50m EN EL INTERIOR

NOTAS:

- LOS SIGUIENTES ELEMENTOS DEBERÁN SER CONECTADOS A LA MALLA DE TIERRAS :
- CERRAMIENTO APROXIMADAMENTE CADA 20 m (MOVIMIENTO DE TIERRAS)
 - PUERTA DE ENTRADA SUBESTACION (MOVIMIENTO DE TIERRAS)
 - CERCOS METALICOS DE ARQUETAS (TANTO DE CABLES COMO DE DRENAJE) Y CANALES REFORZADOS (OBRA CIVIL)
 - MUERTELOS DE ARRASTRE (OBRA CIVIL)
 - RAILES DE VIALES DE RODADURA (OBRA CIVIL)
 - CIMENTACIONES DE EDIFICIOS Y CASITAS (OBRA CIVIL)
 - TODO LOS ELEMENTOS METALICOS QUE SE EJECUTEN EN LA FASE DE MOVIMIENTO DE TIERRAS/OBRA CIVIL QUE REQUIERAN CONEXION A TIERRA.
1. SE DARÁ CONTINUIDAD EN LAS CASITAS Y EDIFICIO A LAS ARMADURAS DE MURO DE CIMENTACIÓN Y SOLERA
2. LA SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES CON LA ESTRUCTURA EN CADA CIMENTACIÓN ES ORIENTATIVA. EN CADA PROYECTO SE HARÁN COINCIDIR CON EL LADO INDICADO EN LOS PLANOS DE MONTAJE DE CADA EQUIPO
3. AL INTERIOR DE LAS ARQUETAS DE P. o T. DE LOS NEUTROS SE LLEVARAN ADEMAS 4 CABLES DE Cu DE 120 mm2

PLANOS DE REFERENCIA:

AUBC5000 PLANTA GENERAL CIMENTACIONES Y CANALES DE CABLES

RELACION DE MATERIALES					
CODIGO/LOTE	POS.	CANT.	DENOMINACIÓN	OBSERVACIONES	SUMINISTRO
3050033	C-5	5370m	CABLE DE Cu DESNUDO DE 120mm2 #14,2mm	---	---
--	T-31	130	SOLDADURA EXOTERMICA EN "T" PARA CABLES DE Cu DESNUDOS 120mm2 (#14,2mm)	---	---
--	T-32	228	SOLDADURA EXOTERMICA EN CRUZ PARA CABLES DE Cu DESNUDOS 120mm2 (#14,2mm)	---	---
--	---	338	LATIGUILLO DE CONEXION A LA RED GENERAL DE TIERRAS	COMPUTADO POR UNIDAD	---

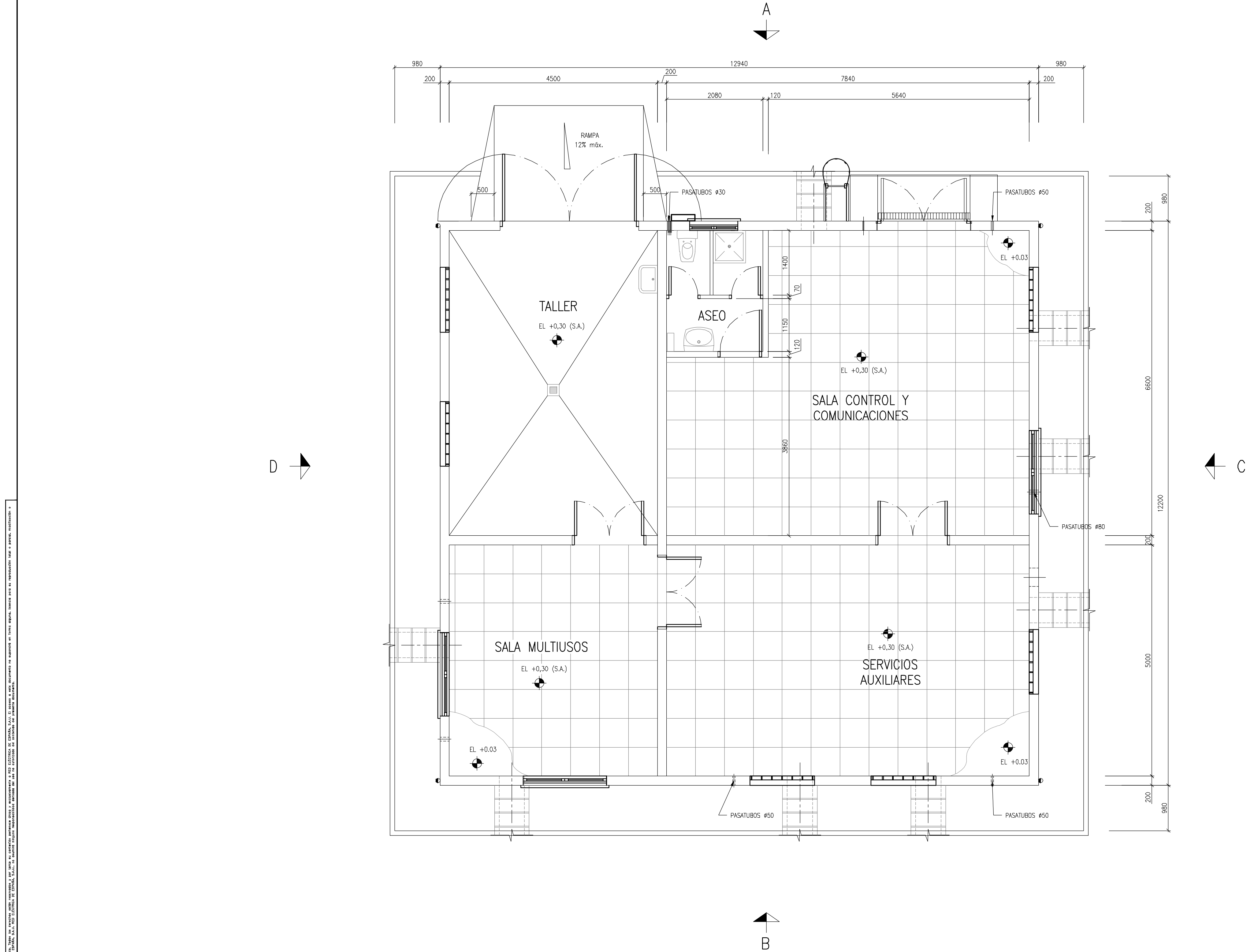
Este documento es propiedad de RED ELÉCTRICA, S.A. y no puede ser reproducido, copiado, distribuido o utilizado sin el consentimiento escrito de RED ELÉCTRICA, S.A. Toda infracción de esta prohibición será sancionada con las penas establecidas en la legislación aplicable. RED ELÉCTRICA, S.A. no se responsabiliza de los daños o perjuicios que se deriven del uso no autorizado de este documento.

Código oficial de planos: Industrial de Obras, Versión: 20240408, Fecha: 12/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COPIA.

Nº Certificado: 11729. Certificado: DAVID GONZALEZ DOMINICU. Para consultar su validez: <https://www.cdm.com.uy/verificacion>. Cód. Ver: 40360725.

0				NOV-24				L.G.R.				R.E.E.				NUEVO PARQUE DE 400 kV			
EDICIÓN				FECHA				PROYECTADO				VERIFICADO				DESCRIPCIÓN			
red eléctrica				INSTALACIÓN				400 kV ELS AUBALS				VÁLIDO PARA PTA 2							
				TÍTULO				PLANTA GENERAL RED DE TIERRAS INFERIORES				COORD.				HUBO			
												CÓDIGO				J-0476-S1538-2			
												A1				1:400			
												Nº				P-AUB1000			
																HOJA			

El presente documento es propiedad de la empresa que lo ha elaborado y no puede ser reproducido, total o parcialmente, sin su consentimiento expreso. Toda infracción de esta ley será sancionada de acuerdo a la legislación vigente. El presente documento es propiedad de la empresa que lo ha elaborado y no puede ser reproducido, total o parcialmente, sin su consentimiento expreso. Toda infracción de esta ley será sancionada de acuerdo a la legislación vigente. El presente documento es propiedad de la empresa que lo ha elaborado y no puede ser reproducido, total o parcialmente, sin su consentimiento expreso. Toda infracción de esta ley será sancionada de acuerdo a la legislación vigente.



LEYENDA

- (S.A.) Suelo acabado
(EL) Elevación

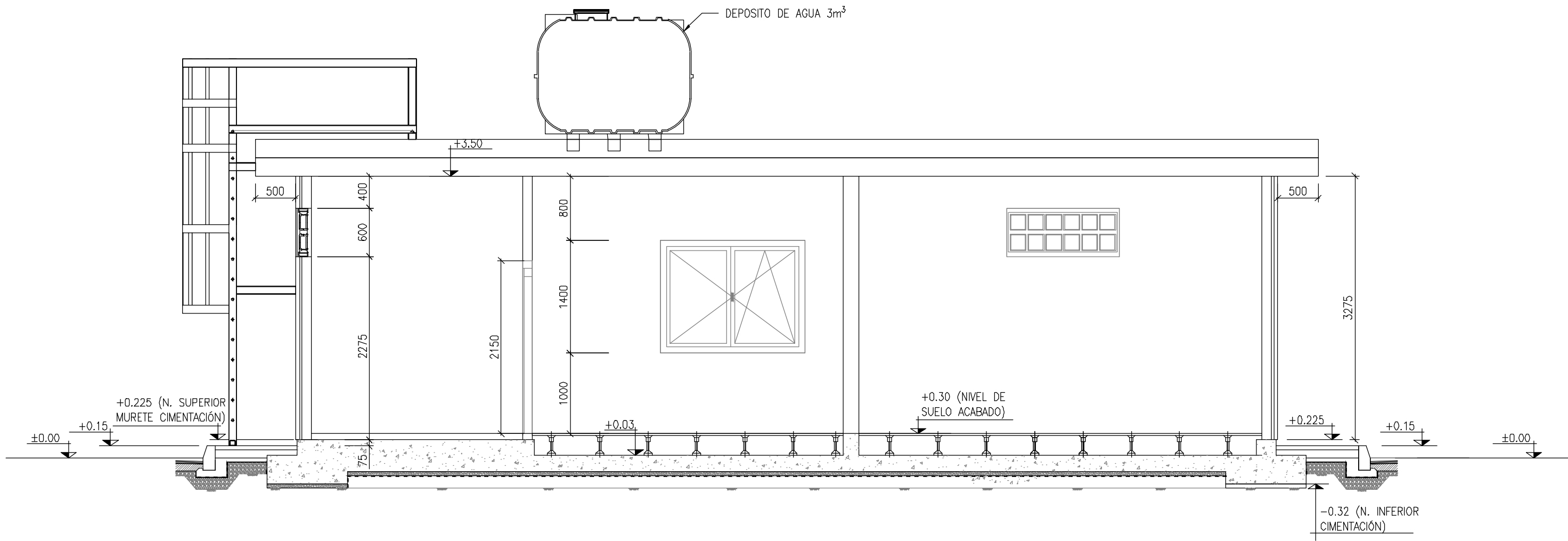
NOTAS:

- 1.- TODAS LAS COTAS ESTÁN EN MILÍMETROS, SALVO LAS ELEVACIONES QUE ESTÁN EN METROS (SALVO INDICACIÓN CONTRARIA).
- 2.- TODOS LOS EQUIPOS QUE SE INSTALEN, SE CONECTARÁN A LA TOMA DE TIERRA GENERAL A TRAVÉS DE LAS DERIVACIONES PREVISTAS, EN LAS DISTINTAS DEPENDENCIAS.
- 3.- ANTES DE COMENZAR A CONSTRUIR, SE COMPROBARÁ QUE SE CUMPLEN LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENTRE ESTE EDIFICIO Y LAS PARTES MÁS PRÓXIMAS EN TENSIÓN.
- 4.- LA DISTRIBUCIÓN DEL EDIFICIO SE PODRÁ REPLANTEAR SIMÉTRICAMENTE RESPECTO A LOS EJES VERTICAL Y HORIZONTAL, SEGÚN LAS NECESIDADES DE IMPLANTACIÓN.
- 5.- LA PENDIENTE DE LA RAMPA DE ACCESO AL ALMACÉN SE PODRÁ MODIFICAR EN LONGITUD Y PENDIENTE SEGÚN EL PROYECTO Y EL ESPACIO DISPONIBLE DE IMPLANTACIÓN.
- 6.- LAS ENTRADAS DE CABLES SE DEFINIRÁN EN LOS PLANOS DE PLANTA GENERAL DE CADA SUBESTACIÓN.

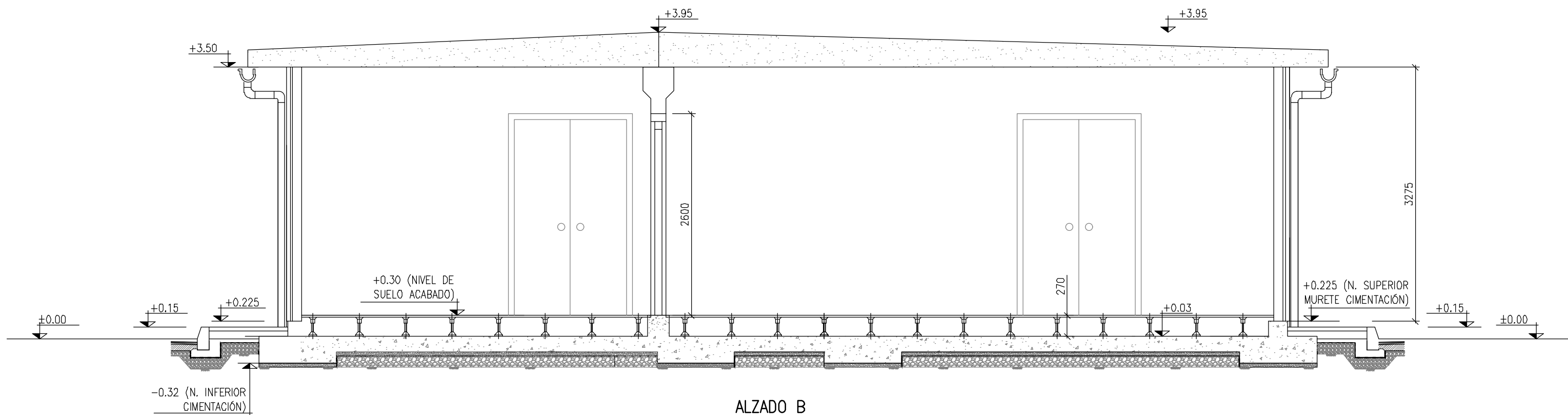
PLANOS DE REFERENCIA:

- AUBC5000 PLANTA GENERAL DE CIMENTACIONES Y CANALES DE CABLES.
DYESC6001 DEFINICIÓN DE NIVELES.
DYESC6002 CARACTERÍSTICAS MATERIALES.

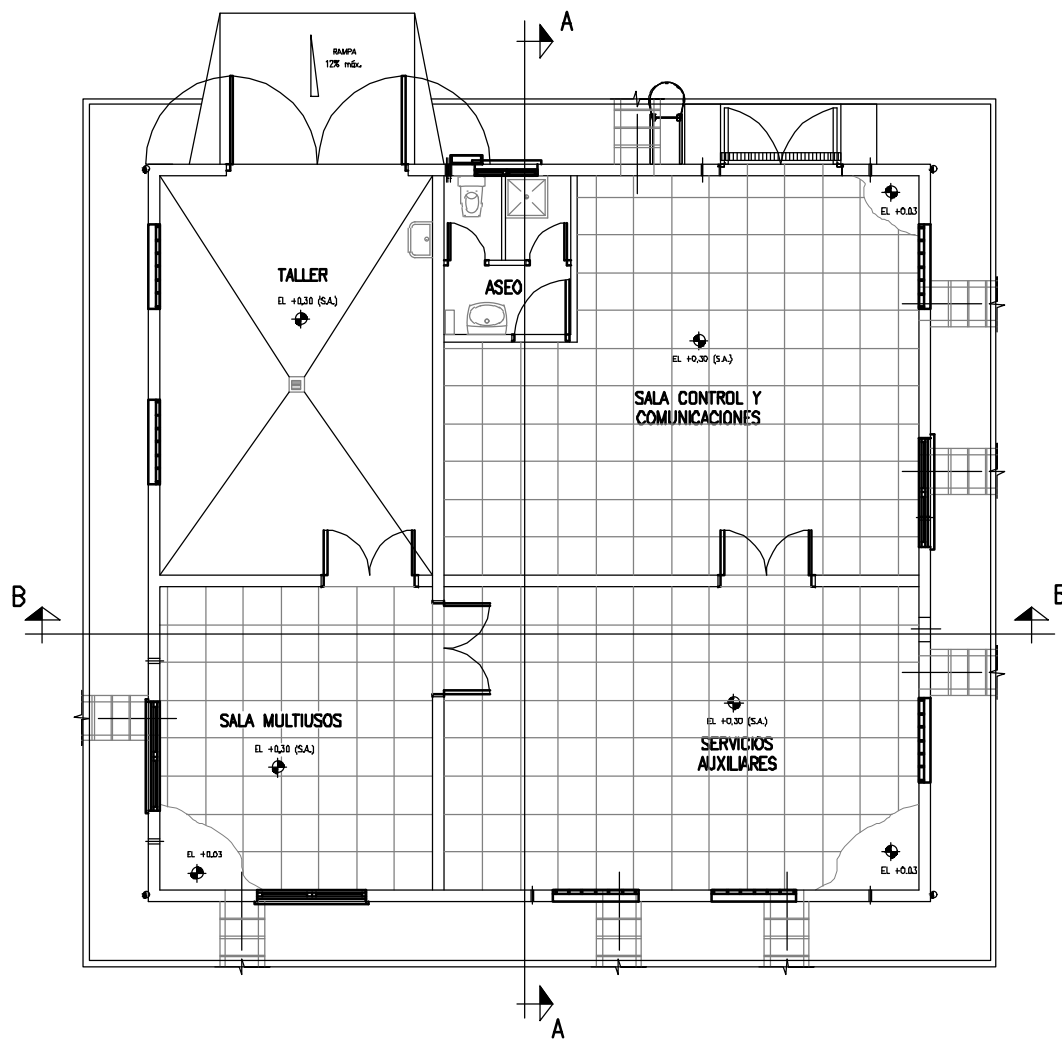
0	JUL-24	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 kV	
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN	
red eléctrica	INSTALACIÓN			400 kV ELS AUBALS	VÁLIDO PARA PTA 1
	TÍTULO			EDIFICIO DE CONTROL TIPO PARQUE AIS (CONVENCIONAL)	CÓORD. J-0476-S1538-2
				CUBIERTA PLANA PREFABRICADA	A1 1:50
				PLANTA DE DISTRIBUCIÓN	Nº P-AUBD1000 HOJA



ALZADO A
ESCALA 1/50



ALZADO B
ESCALA 1/50

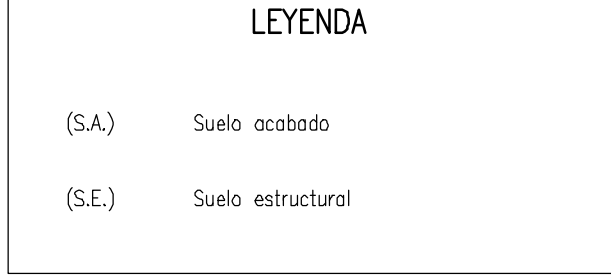


PLANTA
ESCALA S/E

- NOTAS:
- 1.- COTAS EN mm. ELEVACIONES EN m.
 - 2.- LA CIMENTACIÓN DIBUJADA ES VÁLIDA PARA TERRENO QUE TENGA UNA TENSIÓN 1kp/cm² Y ASIENTOS DIFERENCIALES DESPRECIABLES. EN EL CASO DE QUE A LA ELEVACIÓN INDICADA NO APAREZCA TERRENO FIRME DE DICHAS CARACTERÍSTICAS, SE RELLENARÁ CON HORMIGÓN CICLOPEO EL ESPACIO ENTRE LA REFERIDA ELEVACIÓN Y EL MENCIONADO FIRME. SI EL FIRME NO APARECE A UNA PROFUNDIDAD RAZONABLE, PUEDE SER NECESARIO RECALCULAR LA CIMENTACIÓN.

- PLANOS DE REFERENCIA:
- AUBD1000 PLANTA DE DISTRIBUCIÓN.
 - AUBC5000 PLANTA GENERAL DE CIMENTACIONES Y CANALES DE CABLES.
 - DYESC6001 DEFINICIÓN DE NIVELES.
 - DYESC6002 CARACTERÍSTICAS MATERIALES.

0	JUL-24	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 KV			
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN			
	INSTALACION			400 KV ELS AUBALS		VÁLIDO PARA PTA 1	
						COORD.	HUSO
						CODIGO	J-0476-S1538-2
	TITULO			EDIFICIO DE CONTROL TIPO PARQUE AIS (CONVENCIONAL)		A1	1:50
				CUBIERTA PLANA PREFABRICADA			
			SECCIONES		N° P-AUBD1002		HOJA



PLANTA DE PREFABRICADOS



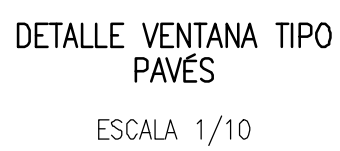
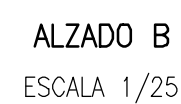
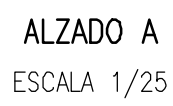
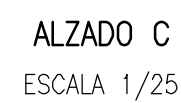
- 1.- COTAS EN MILIMETROS, ELEVACIONES EN METROS.
- 2.- ANTES DE COMENZAR A CONSTRUIR, SE COMPROBARÁ QUE SE CUMPLEN LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENTRE ESTE EDIFICIO Y LAS PARTES MÁS PRÓXIMAS EN TENSIÓN.
- 3.- LAS ENTRADAS DE CABLES SE DEFINIRÁN EN LOS PLANOS DE PLANTA GENERAL DE CADA SUBESTACIÓN.
- 4.- LOS PANELES PROPUESTOS SON MERAMENTE INDICATIVOS PUDIENDO SER MODIFICADOS POR EL CONTRATISTA PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA DIRECCIÓN DE OBRA. ASIMISMO, EL CONTRATISTA DEBERÁ VERIFICAR QUE ES POSIBLE EN OBRA EL MONTEAJE DE LOS MISMOS.
- 5.- LA CIMENTACIÓN DIBUJADA ES VÁLIDA PARA TERRENO QUE TENGA UNA TENSIÓN 1 kg/cm^2 Y ASIENTOS DIFERENCIALES DESPRECIABLES. EN EL CASO DE QUE LA ELEVACIÓN INDICADA EN PLANOS NO APAREZCA TERRENO FIRME DE DICHAS CARACTERÍSTICAS, SE RELLENARÁ CON HORMIGÓN C10/PELO EL ESPACIO ENTRE LA REFERIDA ELEVACIÓN Y EL MENCIONADO FIRME SI EL FIRME NO APARECE A UNA PROFUNDIDAD RAZONABLE, PUEDE SER NECESARIO RECALCULAR LA CIMENTACIÓN (VER PLANOS SECCIONES Y DETALLES).
- 6.- LA SOBREELEVACIÓN SE RELLENARÁ, EN CASO DE SER NECESARIA, CON HORMIGÓN EN MASA HNE-15.
- 7.- SI EL NIVEL DE HELADAS ESTÁ POR DEBAJO DEL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SE DEBERÁ RECALCULAR LA MISMA.
- 8.- SE UTILIZARÁ UN MORTERO SIN RETRACCIÓN (TIPO BETTONGROUT O SIMILAR) EN EL APOYO DE LOS PANELES CON LA CIMENTACIÓN.
- 9.- PARA EL CALZADO DE LOS PANELES, SE UTILIZARÁN CHAPAS DE ACERO INOXIDABLE O TERMOPLÁSTICAS CON JUSTIFICACIÓN DE SU RESISTENCIA A COMPRESIÓN/DEFORMACIÓN.
- 10.- PERFILES DE ACERO Y PLACAS DE FARMADY GALVANIZADOS POR INMERSIÓN EN CALIENTE.
- 11.- TODOS LOS EQUIPOS QUE SE INSTALEN, SE CONECTARÁN A LA TOMA DE TIERRA GENERAL A TRAVÉS DE LAS DERIVACIONES PERMISAS.
- 12.- PASAJITOS PEAD 450 QUE EN EL CONEXIONADO DE LA RED DE PUESTA A TIERRA PERIMETRAL CON LA RED DE ACOMPAÑAMIENTO BAJO EL SUELO TÉCNICO.
- 13.- LOS PERFILES UPON 80 TRANSVERSALES A LOS CANALES SERÁN SUMINISTRADOS Y COLOCADOS POR M.O. SEGÚN LA DISPOSICIÓN DEFINITIVA DE LOS ARMARIOS A INSTALAR.
- 14.- EN EL LAJO OPUESTO A LAS ENTRADAS DE CABLES ACCESIBLES SEGÚN PLANTA GENERAL, SE REALIZARÁN DOS PRERROS DE ENTRADA SEGÚN DETALLES.
- 15.- SE PODRÁ APLICAR LA PRIMERA CAPA DE PINTURA EN FÁBRICA DEBIÉNDOSE APLICAR UNA SEGUNDA POSTERIORMENTE EN OBRA.
- 16.- LAS CAPAS DE ACABADO EN EL ACERO SIN GALVANIZAR SE DARÁN SOBRE DOBLE MANO DE IMPRIMACIÓN ANTICORROSIVA EN EL ACERO INOXIDABLE, SE DARÁ SOBRE "WASH PRIMER".
- 17.- SELLADO DE JUNTAS:
 - EXTERIOR: SELLADOR MONOCOMPONENTE ELASTOMÉRICO A BASE DE POLÍMERO MS DE CURADO A TEMPERATURA AMBIENTE EN CONTACTO CON LA HUMEDAD TIPO JUNTACHEM O SIMILAR.
 - INTERIOR: SELLADOR MONOCOMPONENTE DE BAJO MÓDULO TIPO SIKAFLEX-11 FC PLUS O SIMILAR.
- 18.- TODAS LAS CARPINTERÍAS METÁLICAS SERÁN DEBIDAMENTE CONECTADAS A LA RED DE PUESTA A TIERRA, SEGÚN LAS ESPECIFICACIONES, DIRECTIVAS, PUELOS Y NORMATIVA DE R.E.E.
 - EL PREMARIO SERÁ METÁLICO IRÁ CONECTADO A LA ARMADURA DEL PANEL CORRESPONDIENTE, Y ESTÁ, A SU VEZ, IRÁ CONECTADO A LA CIMENTACIÓN (BARRA REFORZADA) Y FINALMENTE SE CONECTARÁ A LA RED DE PUESTA A TIERRA.
 - PARA EL CONEXIONADO DE LAS AGUAS DE LA CARPINTERÍA, SE DECLARAN DOS TORNILLOS M10 Y M8 GALVANIZADOS, SITUADOS A 300mm SOBRE LA COTA DE SUELO ACABADO, PARA LA POSTERIOR CONEXIÓN A LA PUESTA TIERRA. ÉSTA CONEXIÓN SE REALIZARÁ MEDIANTE LATIGUJO DE COBRE.
- 19.- PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN SE REALIZARÁ LA APLICACIÓN DE UN MORTERO IMPERMEABLE FLEXIBLE TIPO ELASCHEN-C O SIMILAR CON UN ACABADO DE PROTECCIÓN FRENTE A LA RADIAIÓN ULTRAVIOLETA MEDIANTE UN RECUBRIMIENTO DE POLIURETANO DE ALTA RESISTENCIA A LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA TIPO POLIURECHER O SIMILAR, SEGÚN PROCEDIMIENTO NORMALIZADO.

PLANOS DE REFERENCIA

AUBC5000	PLANTA GENERAL DE CIMENTACIONES Y CANALES.
DYESC6001	DEFINICIÓN DE NIVELES.
DYESC6002	CARACTERISTICAS DE MATERIALES.

0	MAR-23	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARGUE DE 400 kV				
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN				
				INSTALACION		400 kV ELS AUBALS		
				TÍTULO		CASETA DE RELES (ANCHO 4.00 METROS) PREFABRICADA Y CUBIERTA PLANA DEFINICIÓN GENERAL		
				COORD.		VALIDO PARA PTA 0		
				ORDIGO		J-0476-51538-1		
red eléctrica				A1	1:25		1-4	
				Nº	P-AUBD2000		HOJA	

CD ELECTRA DE ESPAÑA, S.A.U., en la línea de las acciones de responsabilidad social y medioambiental, se compromete a ser transparente en la información que genera en materia de sostenibilidad, tanto a nivel interno como externo, y a ser accesible para todos los grupos de interés. En este sentido, el presente informe de sostenibilidad constituye una herramienta clave para la comunicación de la información relevante en materia de sostenibilidad, así como para la gestión de la reputación corporativa.



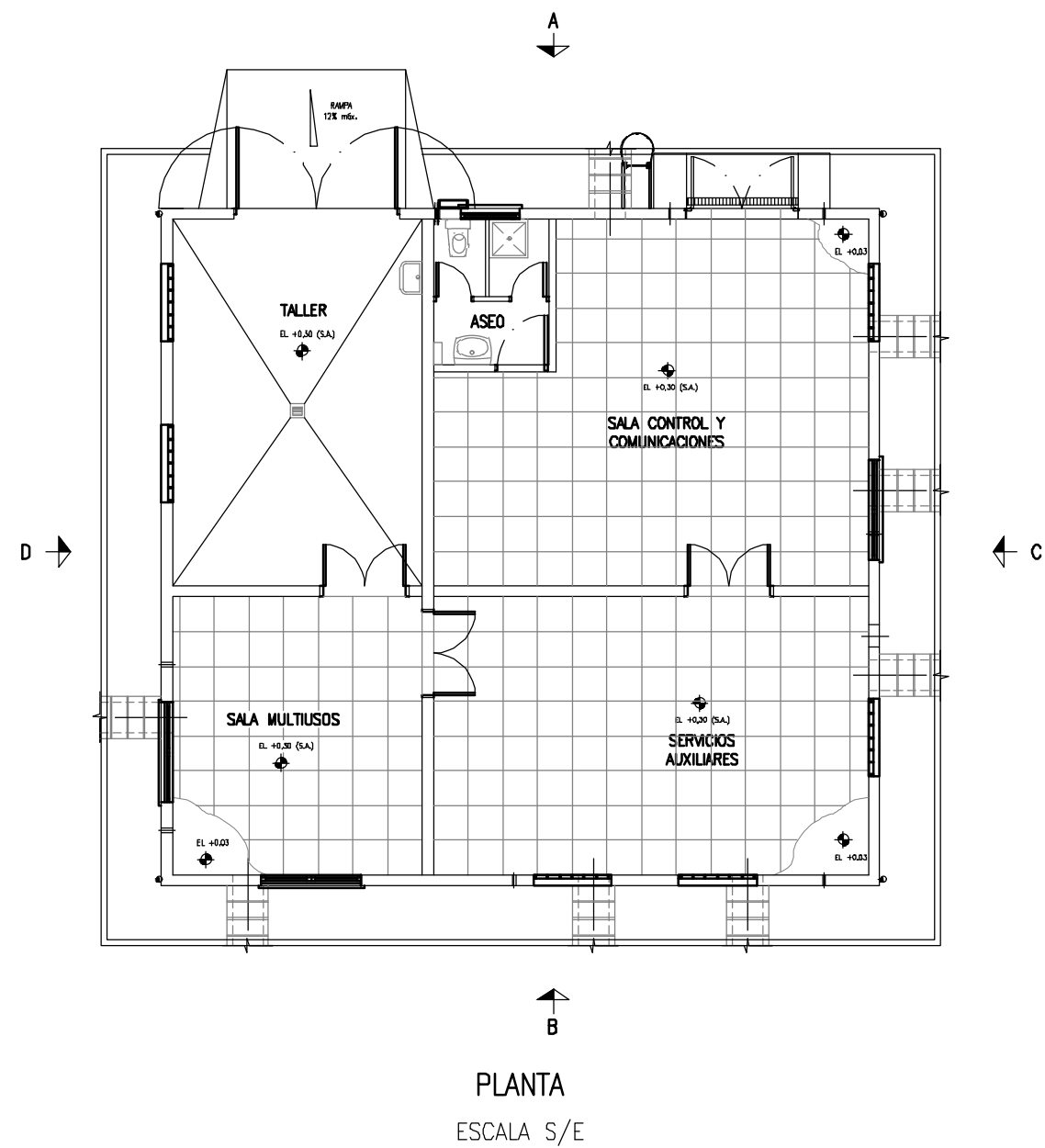
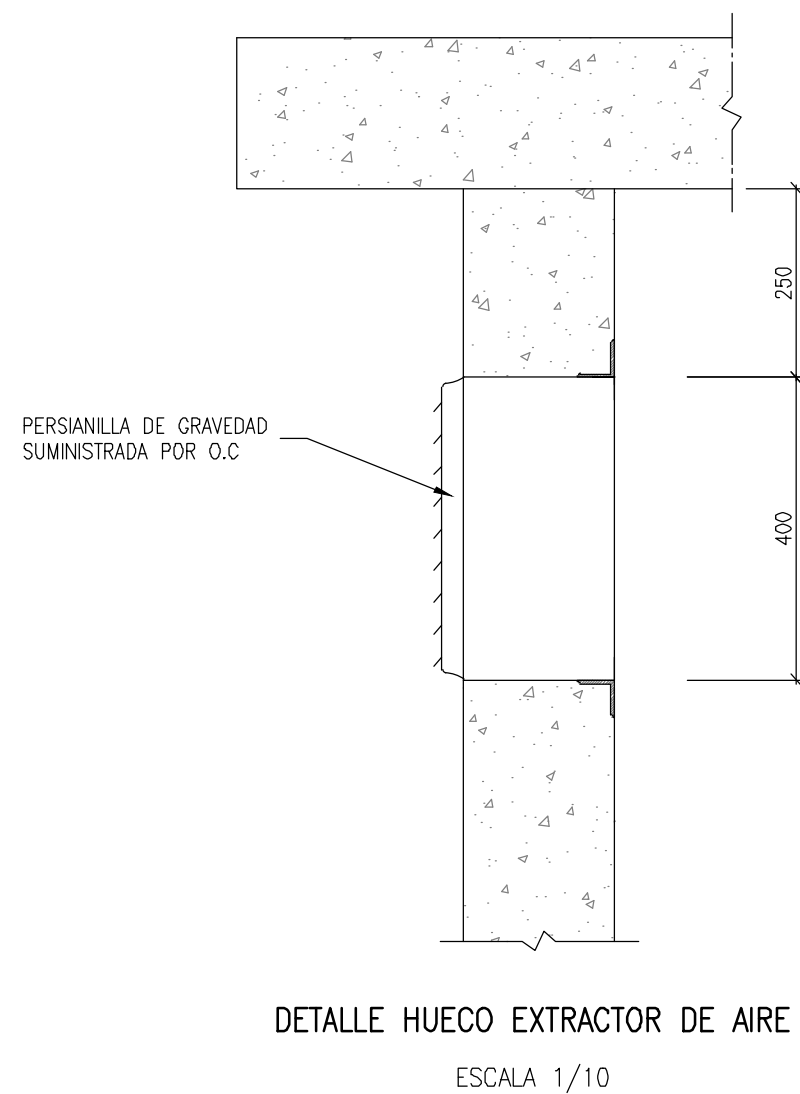
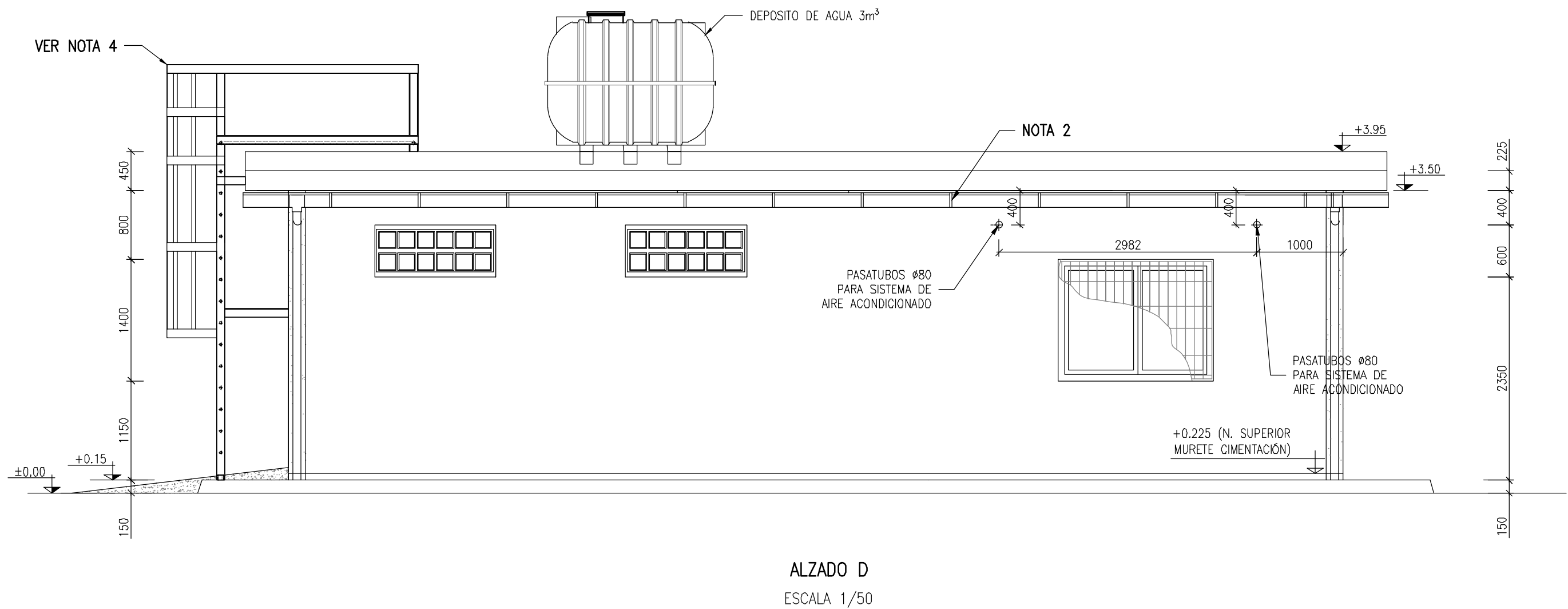
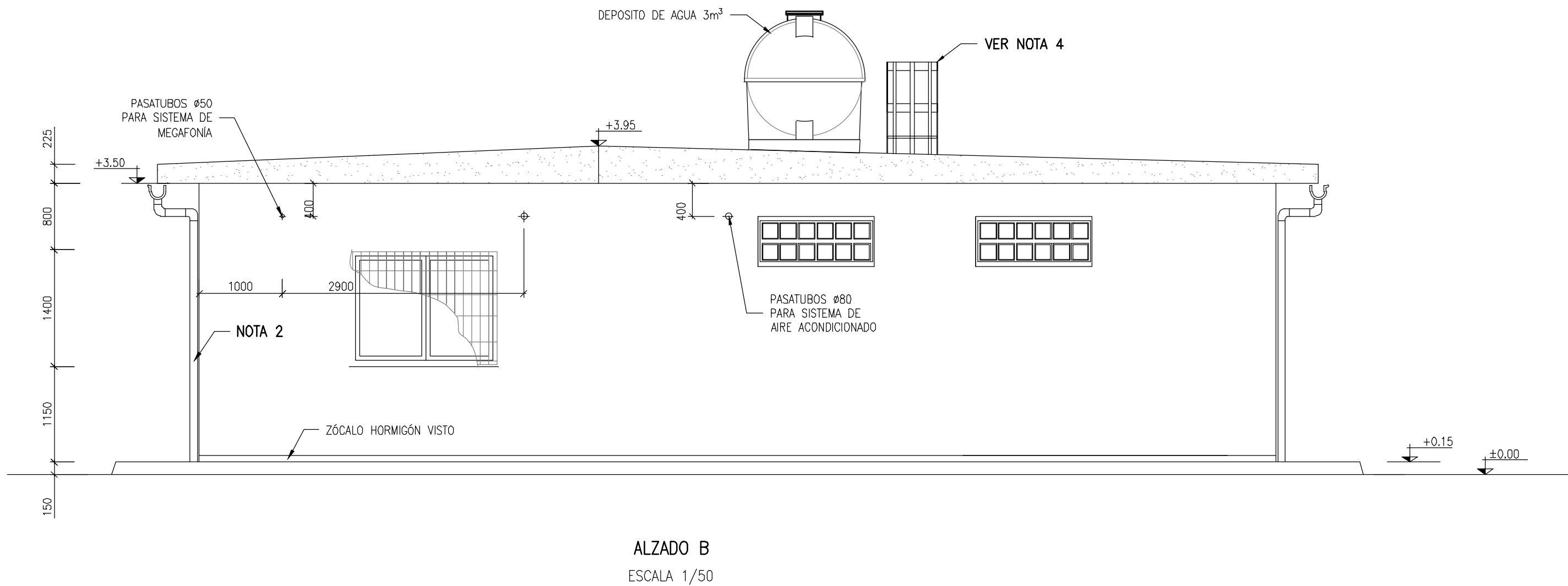
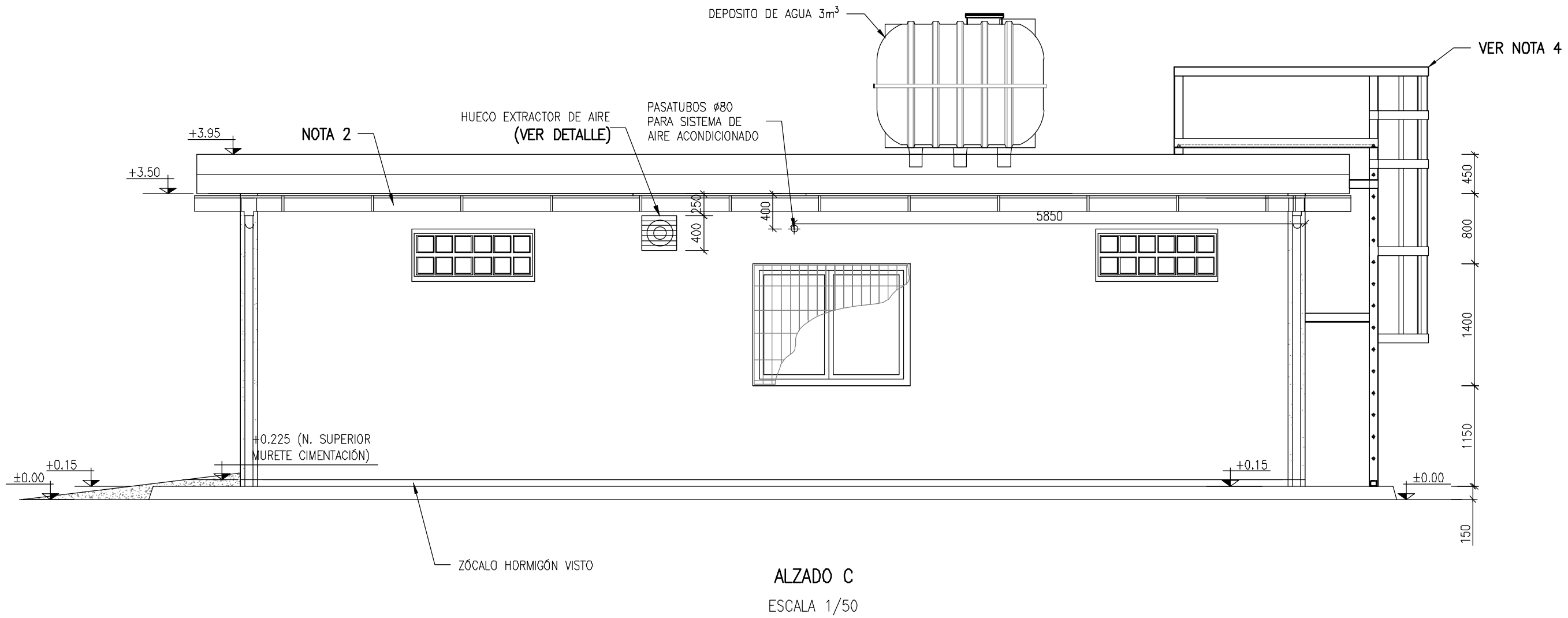
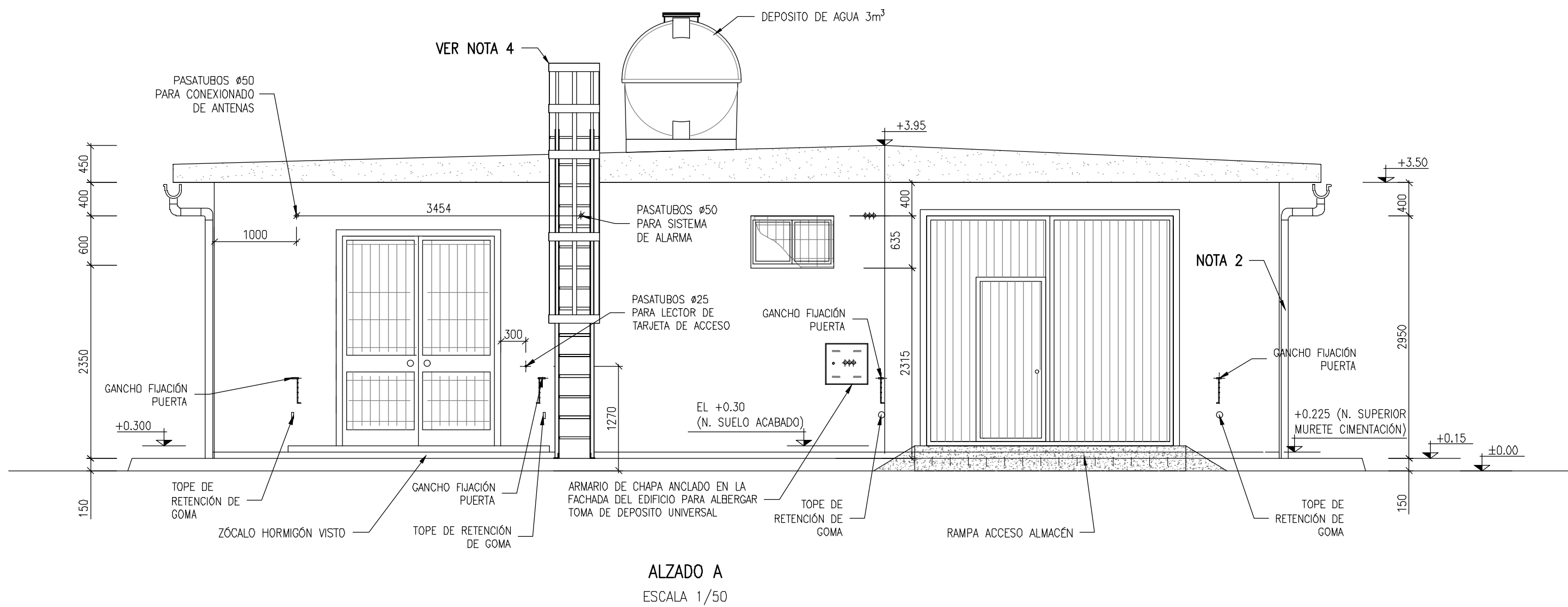
NOTAS

- 1.- COTAS EN MILIMETROS, ELEVACIONES EN METROS.
- 2.- ACABADO EXTERIOR DE PANELES:
 - ÁRIDO LAVADO BLANCO MACAEL.
 - GRANULOMETRIA 12-20.
- 3.- DESDE LA MAQUINA DE AIRE ACONDICIONADO SE LLEVARÁ UN DESAGÜE GRAPADO AL PANEL HASTA LA COTA DE ACERA.

PLANOS DE REFERENCIA	
AUBD2000	DEFINICIÓN GENERAL.
AUBC5000	PLANTA GENERAL DE CIMENTACIONES Y CANALES.
DYESC6001	DEFINICIÓN DE NIVELES.
DYESC6002	CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES.

[illegible]

Red Eléctrica de España, S.A. es una sociedad anónima de capital abierto, inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, con domicilio social en Madrid, España, y con domicilio administrativo en Madrid, España. Red Eléctrica de España, S.A. es una sociedad anónima de capital abierto, inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, con domicilio social en Madrid, España, y con domicilio administrativo en Madrid, España. Red Eléctrica de España, S.A. es una sociedad anónima de capital abierto, inscrita en el Registro Mercantil de Madrid, con domicilio social en Madrid, España, y con domicilio administrativo en Madrid, España.



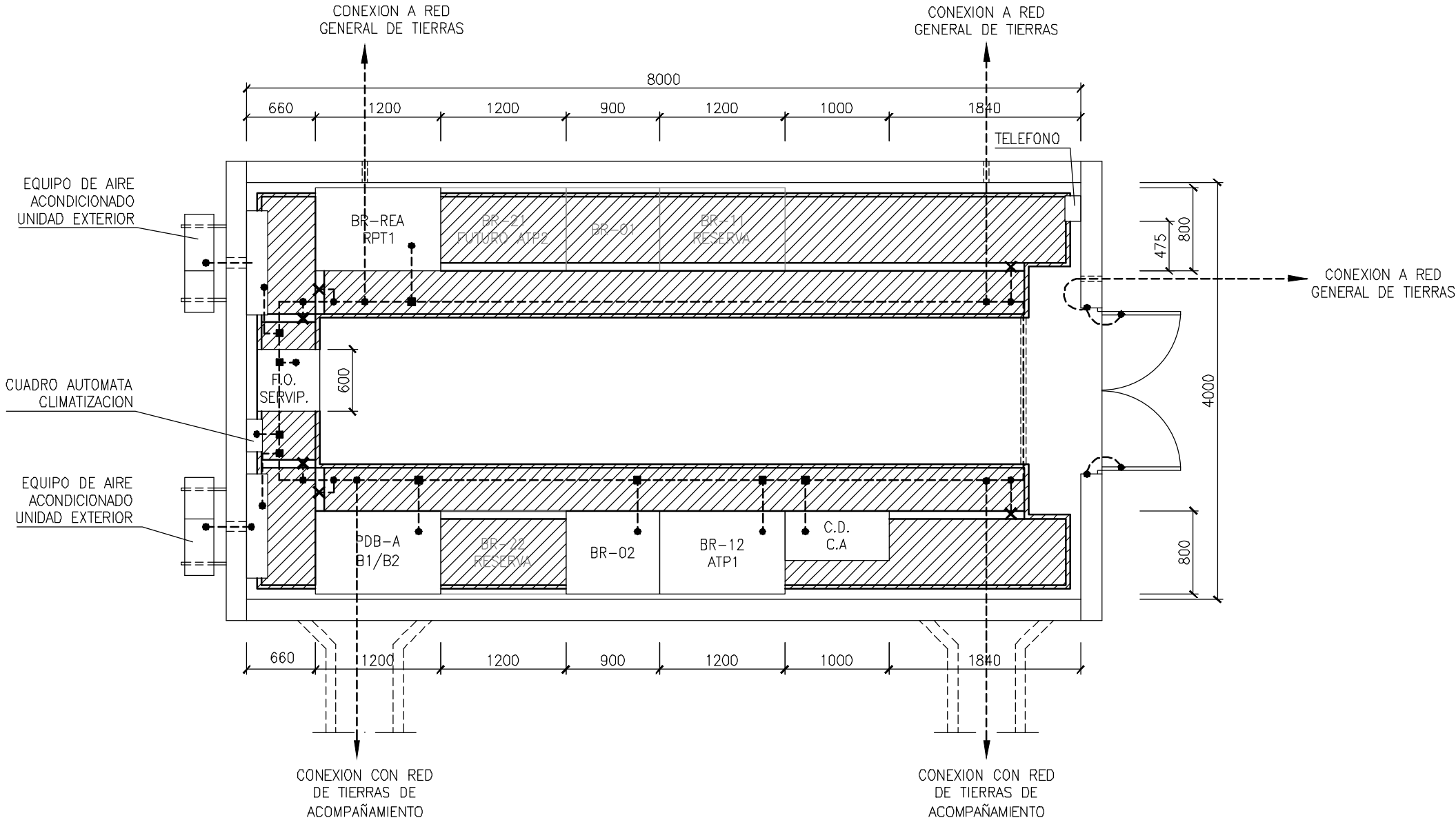
- NOTAS:
- COTAS EN mm. ELEVACIONES EN m.
 - CANALÓN CIRCULAR DE PVC, DESARROLLO D=33cm, COLOR RAL7044, CON PENDIENTE HACIA LAS BAJANTES DE PVC DIÁMETRO NOMINAL 90mm. SITUADAS EN LOS EXTREMOS DE LOS ALZADOS CON PENDIENTE DE CUBIERTA. EL CANALÓN IRA COLOCADO EN TODA LA LONGITUD DEL ALZADO EN SU PARTE DE CUBIERTA CON SOBREMEDIDA EN LAS TERMINACIONES. LAS BAJANTES SE CONECTARÁN A ARQUETAS DE RECOGIDA DE PLUVIALES SITUADAS EN LA ACERA Y ESTAS AL SISTEMA DE DRENAJE. (VER SITUACIÓN DE ARQUETAS DE PLUVIALES EN PLANO DYSD1007) EL SISTEMA DE INSTALACIÓN Y FIJACIÓN DEL CANALÓN, BAJANTES Y ACCESORIOS SE REALIZARÁ SEGÚN LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE.
 - ACABADO EXTERIOR DE PANELES: ÁRIDO LAVADO BLANCO MACAEL GRANULOMETRÍA 12-20.
 - LA ESCALERA DE ACCESO A LA CUBIERTA DEBERÁ LLEVAR UN SISTEMA DE CIERRA QUE IMPIDA EL ACCESO. CUMPLIRÁ EN TODO CASO LA NORMA NTP408 Y EL RD486 / 1997, Y LA ACTUALIZACIÓN PUBLICADA EL 13 DE NOVIEMBRE DE 2004.
 - EL DEPÓSITO SE SITUARÁ EN LO POSIBLE ENCIMA DEL ASE.
 - DEPÓSITO DE CAPACIDAD UTIL 3M3, VÁLIDO PARA EL AGUA POTABLE Y CON SISTEMA DE ANCLAJE VÁLIDO PARA CUBIERTAS DE HORMIGÓN. DISPONDRÁ DE TOMA DE ENTRADA Y DE TOMA DE SALIDA ESTANDAR ASÍ COMO DE BOCA ACCESIBLE PARA LA LIMPIEZA INTERIOR.

- PLANOS DE REFERENCIA:
- AUBD1000 PLANTA DE DISTRIBUCIÓN.
 - AUBC5000 PLANTA GENERAL DE CIMENTACIONES Y CANALES DE CABLES.
 - DYSC0001 DEFINICIÓN DE NIVELES.
 - DYSC6002 CARACTERÍSTICAS MATERIALES.

0	JUL-24	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 kV
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
INSTALACIÓN				400 kV ELS AUBALS
TÍTULO				EDIFICIO DE CONTROL TIPO PARQUE AIS (CONVENCIONAL) CUBIERTA PLANA PREFABRICADA ALZADOS
red eléctrica				VÁLIDO PARA PTA 1
				COORD. HUBO
				CÓDIGO J-0478-S1538-2
				A1 1:50
				Nº P-AUBD1001 HOJA

SÍMBOLOS:

- CABLE DESNUDO DE Cu de 120mm2
- DERIVACION MEDIANTE GRAPA DE CONEXION (TIPO T-3, S/PL. DYESF2001)
- DERIVACION EN "T" MEDIANTE SOLDADURA EXOTERMICA
- CONEXION A EQUIPO O CUADRO MEDIANTE TERMINAL DE PRESION (TIPO T-5, S/PL. DYESF2001)
- PUESTA A TIERRA PUERTAS Y MARCO CON CABLE AISLADO DE Cu 16mm2
- X PUESTA A TIERRA SOPORTES METALICOS DE ARMARIOS
- ▨ PANEL LAMINADO COMPACTO TIPO PARKLEX O SIMILAR



NOTAS:

- LOS CABLES DE ACOMPAÑAMIENTO SE UTILIZARAN PARA LA CONEXION A TIERRA DE TODAS LAS PANTALLAS DE LOS CABLES DE FUERZA, MANDO Y CONTROL, REALIZADA EN LOS RESPECTIVOS CUADROS DE LA APARAMENTA Y EN LAS CASETAS DE RELES.
- EL CONTRATISTA DE O.C. SUMINISTRARÁ EL PANEL, MIENTRAS QUE EL CONTRATISTA DE M.O. SE ENCARGARÁ DE SU MONTAJE Y AJUSTE ASÍ COMO DEL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS PERFILES TRANSVERSLAES AL CANAL DE APOYO A LOS EQUIPOS.
- EN CASO DE CONTENER LA CASETA POSICIONES ADIF O EQUIPOS DE TELEPROTECCION, SE INSTALARA UN CUADRO DE 48V c.c. DE 600x600mm AL LADO DEL CUADRO DE C.A.

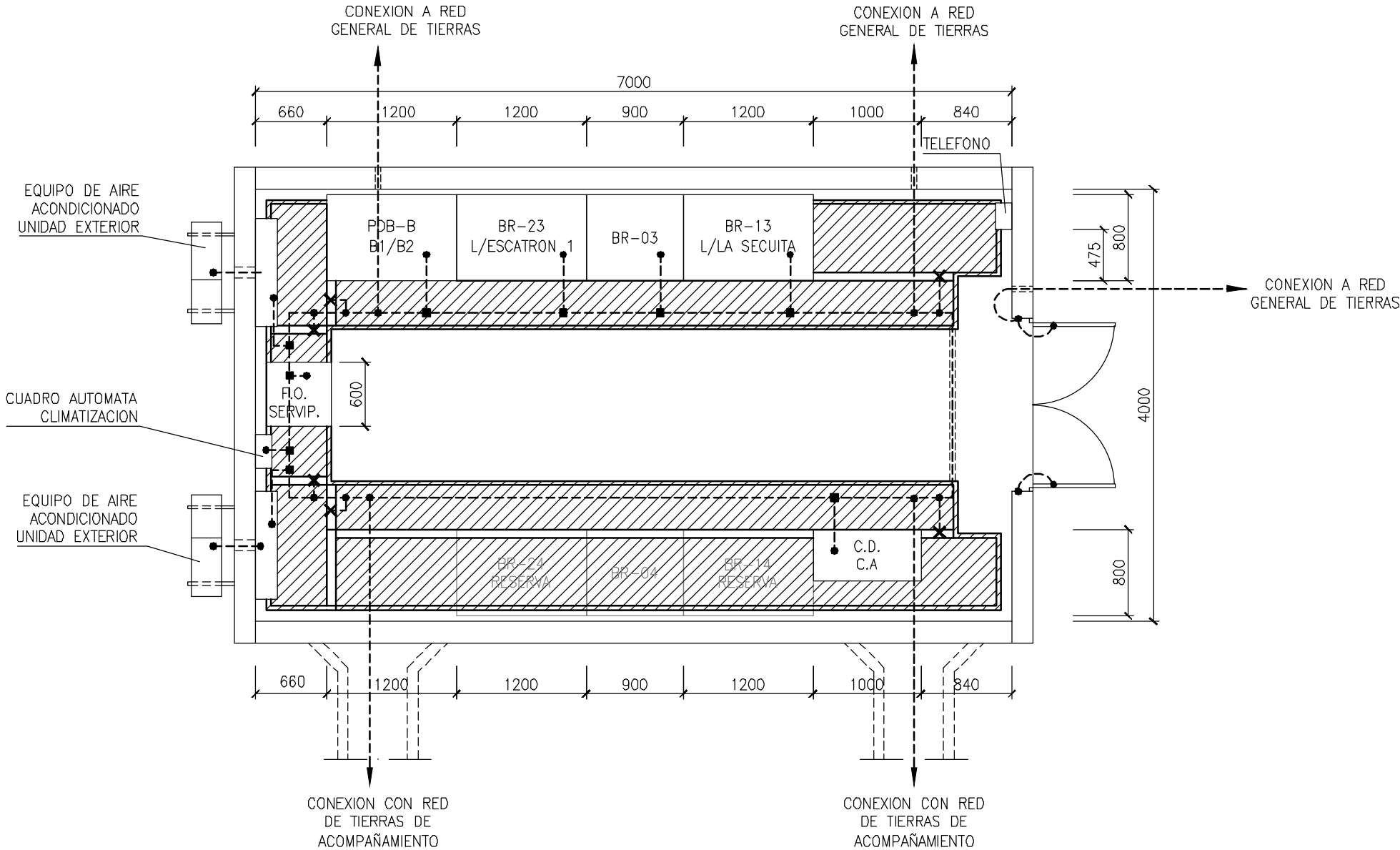
PLANOS DE REFERENCIA:

PLANTA GENERAL. RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO

0	JUL-24	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 kV
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
		INSTALACIÓN		400 kV ELS AUBALS
		TÍTULO		CASETA DE RELÉS ED-1 IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS
				VALIDO PARA PTA 0
				COORD. HUSO
				CÓDIGO J-0476-S1538-2
				A3 1:50
				Nº P-AUBJ2-ED1
				HOJA

SÍMBOLOS:

- CABLE DESNUDO DE Cu de 120mm2
- DERIVACION MEDIANTE GRAPA DE CONEXION (TIPO T-3, S/PL. DYESF2001)
- DERIVACION EN "T" MEDIANTE SOLDADURA EXOTERMICA
- CONEXION A EQUIPO O CUADRO MEDIANTE TERMINAL DE PRESION (TIPO T-5, S/PL. DYESF2001)
- PUESTA A TIERRA PUERTAS Y MARCO CON CABLE AISLADO DE Cu 16mm2
- X PUESTA A TIERRA SOPORTES METALICOS DE ARMARIOS
- [Hatched Box] PANEL LAMINADO COMPACTO TIPO PARKLEX O SIMILAR



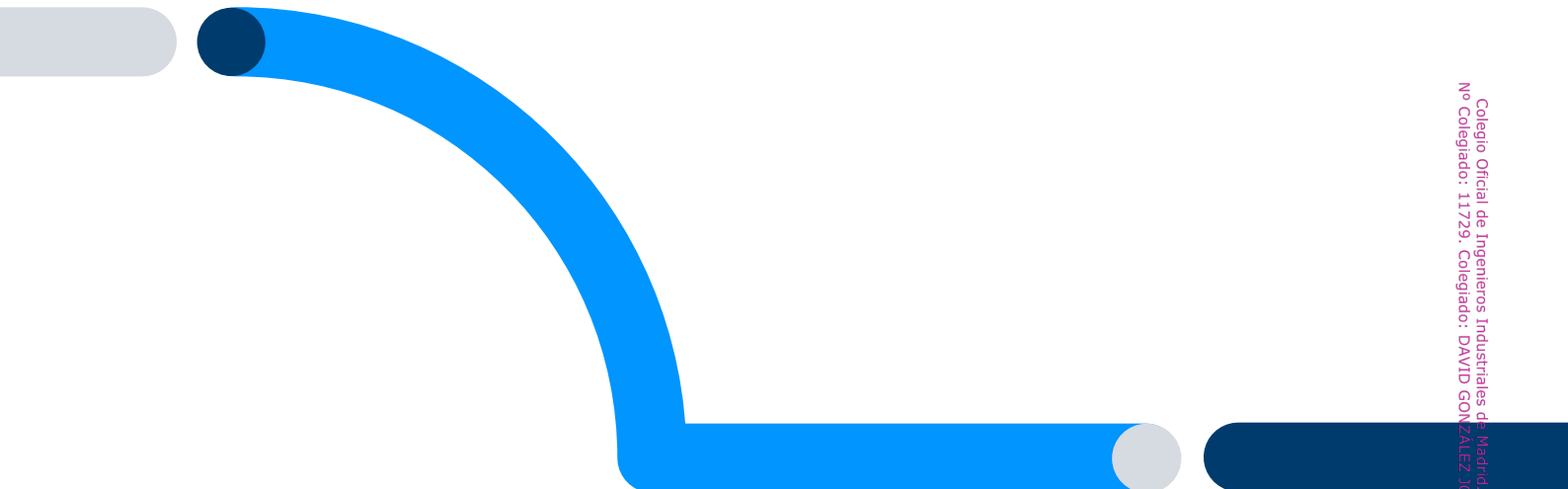
NOTAS:

- LOS CABLES DE ACOMPAÑAMIENTO SE UTILIZARAN PARA LA CONEXION A TIERRA DE TODAS LAS PANTALLAS DE LOS CABLES DE FUERZA, MANDO Y CONTROL, REALIZADA EN LOS RESPECTIVOS CUADROS DE LA APARAMENTA Y EN LAS CASETAS DE RELES.
- EL CONTRATISTA DE O.C. SUMINISTRARÁ EL PANEL, MIENTRAS QUE EL CONTRATISTA DE M.D. SE ENCARGARÁ DE SU MONTAJE Y AJUSTE ASÍ COMO DEL SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS PERFILES TRANSVERSLAES AL CANAL DE APOYO A LOS EQUIPOS.
- EN CASO DE CONTENER LA CASETA POSICIONES ADIF O EQUIPOS DE TELEPROTECCION, SE INSTALARA UN CUADRO DE 48V c.c. DE 600x600mm AL LADO DEL CUADRO DE C.A.

PLANOS DE REFERENCIA:

PLANTA GENERAL. RED DE TIERRAS DE ACOMPAÑAMIENTO

0	JUL-24	L.G.R.	R.E.E.	NUEVO PARQUE DE 400 kV
EDICIÓN	FECHA	PROYECTADO	VERIFICADO	DESCRIPCIÓN
		INSTALACIÓN		400 kV ELS AUBALS
		TÍTULO		CASETA DE RELÉS ED-2 IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS
				VÁLIDO PARA PTA 0
				COORD. HUSO
				CÓDIGO J-0476-S1538-2
		A3	1:50	
		Nº P-AUBJ2-ED2	HOJA	



red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN

ELS AUBALS 400 kV

DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
octubre de 2025

El presupuesto del presente proyecto incluye las partidas necesarias para el diseño y ejecución del proyecto. En este presupuesto no se incluyen otros costes incurridos para la final realización de la instalación, como son los costes de terrenos, licencias y tasas, costes financieros y costes de gestión y administración

PRESUPUESTO DESGLOSADO SUBESTACIÓN DE ELS AUBALS 400 kV
(en euros)

Resumen de costes

Materiales.....	18.856.454 €
Servicios.....	3.370.860 €
Mano de obra.....	274.488 €
Directo.....	16.301.802 €
Indirecto.....	1.353.049 €
Completo final esperado.....	18.854.852 €

1 Desglose de costes directos

1.1 Definición	333.171 €
1.1.1 Mano de obra propia: 333.171 €	
1.2 Ingeniería	175.469 €
1.2.1 Elaboración del PTA: 175.469 €	
Telecontrol	7.052 €
Ingeniería de subestaciones	136.951 €
Geotecnia y topografía	31.466 €
1.3 Tramitaciones	9.795 €
1.3.1 Convenios y expropiaciones: 1.914 €	
Gestión de daños	1.914 €
1.3.2 Tramitación AAP, DUP y AAC: 7.881 €	
Mediadores oficiales	7.881 €
1.4 Aprovisionamientos	12.656.454 €
1.4.1 MÁQUINAS DE POTENCIA: 9.100.000 €	
REACTANCIA TRIFASICA 400KV 150MVA	2.500.000 €
AUTOTRAFO MONOFAS.200MVA 420/245KV C/REG	6.600.000 €

Collegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU, Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>, Cod Ver: 40160725.

1.4.2 PARARRAYOS: 78.360 €

PARARRAYOS 420KV (POLIMERICO) L.L.F.	78.360 €
--------------------------------------	----------

1.4.3 TRANSFORMADORES DE MEDIDA: 552.370 €

TTI 420KV 110/v3V	148.800 €
TTC 420KV 110/V3v (POLIMERICO)	134.038 €
TI 420KV 1-1.5-2-3KA/4X5A(POLIM)	269.532 €

1.4.4 SECCIONADORES: 730.052 €

SECC 3M 420KV (CERAM)UNIP	326.000 €
SECC 3M1 420KV (CERAM)UNIP	167.412 €
SECC PN 420KV (CERAM)UNIP	219.615 €
SECC DE PAT 420KV (CERAM)UNIP	17.025 €

1.4.5 INTERRUPTORES: 703.770 €

INTERRUPTOR 420KV 50KA (POLIMERICO) LLF	703.770 €
---	-----------

1.4.6 FUENTE CONMUTADA: 72.087 €

FUENTE CONMUTADA+BAT 125VCC 60A	48.440 €
OTROS ESTABILIZADORES DE TENSION	23.647 €

1.4.7 GRUPO ELECTROGENO: 23.750 €

GRUPO ELECTROGENO 400 V 100kVA	23.750 €
--------------------------------	----------

1.4.8 EQUIPOS DE PROTECCIÓN: 220.592 €

PROTECCION DIFERENCIAL REACTANCIA	11.568 €
PROTECCION DIFERENCIAL TRANSFORMADOR	20.093 €
EQUIPO CAPTACION OSCILOGRAFIA Y AJUSTES	7.468 €
PROTECCION DE LINEA	77.072 €
PROTECCION DIFERENC.BARRAS IYM 7 CALLES	81.588 €
CONVERSOR OE 2MB INGTEAM (21-219FIBERS)	9.194 €
RELE MANIOBRA CONTROLADA (REA,BC,CABLES)	13.608 €

1.4.9 INSTALACION EQUIPOS CONTROL REMOTO: 69.084 €

CCS/SCI CT.CTRL. SUBES REDUNT.	23.882 €
XMULC-C/MULC EXT.CENTRAL C/VT	19.192 €
XMULC-L/MULC EXT.LATERAL	20.202 €
IOS PARA ENCASTRAR EN CCS	3.314 €
IOS SIMPLE (SIN MOBILIARIO)	1.853 €
MOBILIARIO COMPLETO IOS SENC.	640 €

1.4.10 CENTROS DE TRANSFORMACION MEDIA TENSION: 98.000 €

CENTRO TRANSFORM. TERCARIO 24KV 400KVA	98.000 €
--	----------

1.4.11 RESTO DE MATERIALES: 0 €

1.4.12 CAJAS CUADROS Y BASTIDORES: 197.763 €

CAJA CTRLZCN.CONTROL+FUERZA CELDA(CC-04)	11.880 €
CAJA CTRLZCN.INTENSIDAD (CC-01)	5.850 €
CAJA CTRLZCN.TENSION BARRAS(CC-03)(1T/C)	2.442 €
CAJA CTRLZCN.TENSION (CC-02)	6.239 €
CAJA CTRLZCN.TERCIARIO TRAF0 (CC-06)	950 €
CUADRO DISTRIBUCION INTEMP.B.T. TIPO 4	8.846 €
CUADRO PRINCIPAL 400/230VCA MODELO 1	22.568 €
MODULO AMPLIAC.CPCA 400/230VCA MODELO 2	4.875 €
CUADRO PRINCIPAL 125VCC MODELO 1	8.788 €
MODULO AMPLIACION CPCC 125VCC MODELO 2	3.371 €
CUADRO FUERZA/CLIMATIZA.EDIFICIO CONTROL	5.297 €
CUADRO GENERAL ALUMBRADO EDIFIC.CONTROL	5.983 €
CUADRO DISTRIBUCION 400/230VCA P/COMUNIC	5.718 €
CUADRO PRINCIPAL 48VCC EDIFICIO CONTROL	6.529 €
CUADRO SERV.AUX.400/230VCA CASETAS RELE	7.500 €
CUADRO CONMUTACION RED/GRUPO EN EDIFICIO	5.140 €
BAO BASTIDOR ACOPLADORES OPTOELECTRICOS	3.831 €
CUADRO CONTROL CLIMATIZACIÓN CASETA	1.353 €
CUADRO 125/48V SUBRACK 4 CONVERTIDORES	20.482 €
BASTIDOR MULTI IYM LINEA 1200	20.428 €
BASTIDOR MULTI IYM CENTRAL 900	13.677 €
BASTIDOR MULTI IYM TRAF0 REE 1200	14.325 €
BASTIDOR MULTI SB REA 1200	11.682 €

1.4.13 AISLADORES DE SUBESTACIONES: 53.489 €

AISLADOR SOPORTE CERAM (C8-1550) LLF	24.737 €
AISLADOR SOPORTE CERAM (C16-1550) LLF	28.752 €

1.4.14 CABLES BAJA TENSION DE SUBESTACIÓN: 134.012 €

CABLE 1X70 0.6/1KV FUERZA (ET071)	1.694 €
CABLE 2X10 0.6/1KV FUERZA (ET071)	3.534 €
CABLE 2X35 0.6/1KV FUERZA (ET071)	17.819 €
CABLE 4X10 0.6/1KV FUERZA (ET071)	2.073 €
CABLE 4X35 0.6/1KV FUERZA (ET071)	3.089 €
CABLE 4X50 0.6/1KV FUERZA (ET071)	14.390 €
CABLE 10X1 0.6/1KV CONTROL (ET071)	3.306 €
CABLE 10X2.5 0.6/1KV CONTROL (ET071)	3.351 €
CABLE 14X1 0.6/1KV CONTROL (ET071)	2.949 €
CABLE 14X2.5 0.6/1KV CONTROL (ET071)	10.552 €
CABLE 19X1 0.6/1KV CONTROL (ET071)	4.472 €
CABLE 19X2.5 0.6/1KV CONTROL (ET071)	11.188 €
CABLE 2X2.5 0.6/1KV CONTROL (ET071)	1.164 €

CABLE 2X4	0.6/1KV CONTROL (ET071)	11.069 €
CABLE 2X6	0.6/1KV CONTROL (ET071)	620 €
CABLE 4X1	0.6/1KV CONTROL (ET071)	3.033 €
CABLE 4X2.5	0.6/1KV CONTROL (ET071)	4.699 €
CABLE 4X4	0.6/1KV CONTROL (ET071)	8.369 €
CABLE 4X6	0.6/1KV CONTROL (ET071)	10.935 €
CABLE 6X6	0.6/1KV CONTROL (ET071)	1.580 €
CABLE 7X1	0.6/1KV CONTROL (ET071)	1.285 €
CABLE 7X2.5	0.6/1KV CONTROL (ET071)	12.213 €
CABLE 7X4	0.6/1KV CONTROL (ET071)	616 €

1.4.15 EQUIPOS DE SINCRONISMO: 12.607 €

DIFUSOR SINCRONIZACION TX	1.388 €
DIFUSOR SINCRONIZACION RX	8.142 €
UNIDAD SINCRONIZA.HORARIA GPS (C37.118)	2.831 €
ANTENA GPS BULLET (HUEVO)	245 €

1.4.16 CABLES UTP / ETHERNET: 61 €

LATIGUILLO RJ45 UTP-5 SIN CRUZAR 20MT	61 €
---------------------------------------	------

1.4.17 RELÉS, AUTOMÁTICOS, Y OTROS EQUIPOS AUXILIARES: 444 €

CONVERTIDOR DC/DC 125/48 250W	444 €
-------------------------------	-------

1.4.18 ESTRUCTURA METÁLICA DE SUBESTACIONES: 610.009 €

ESTRUCTURA METALICA SUBESTACIONES	610.009 €
-----------------------------------	-----------

1.5 Construcción 3.126.912 €

1.5.1 Construcción: 2.824.109 €

Filtro azul	67.497 €
Deposito de aceite	50.371 €
Telecomunicaciones	50.092 €
Montaje electromecánico	1.108.171 €
Obra civil	946.982 €
Pruebas	80.594 €
Afección red natura	9.066 €
Supervisión MA	52.565 €
Movimiento de tierras	414.439 €
Alquiler grupo electrógeno	24.178 €
Prospección arqueológica	3.022 €
Supervisión arqueológica	4.533 €
Diagnóstico territorial	9.570 €
Estudio avifauna	3.022 €

1.5.2 Bancada autotransformador monofásico: 181.337 €

Obra civil 181.337 €

1.5.3 Ejecución del Tendido: 574 €

PVA 574 €

1.5.4 Muro cortafuegos prefabricado: 120.891 €

Obra civil 120.891 €

TOTAL PRESUPUESTO 1 17.654.852 euros

2 PRESUPUESTO DE MEDIO AMBIENTE (en euros)

2.1. Gestion de Residuos.....30.371 €

TOTAL PRESUPUESTO 230.371 euros

3 PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL (en euros)

3.1. Seguridad y salud laboral.....13.446

TOTAL PRESUPUESTO 213.446 euros

4 CABLE 220 Kv Interconexión ATP1 (en euros)

4.1. 175 m cable RHZ1-RA+2OL(AS)1X2500M+T375Al1.050.000

4.2. Tendido y confección de terminales AT.....150.000

TOTAL PRESUPUESTO 21.200.000 euros

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202404658, Fecha Visado: 13/10/2025, Firmado Electrónicamente por el COIIM, Nº Colegiado: 11729, Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU Para comprobar su validez: https://mex.es/verificacion, Cod Ver: 40160725.

5 PRESUPUESTO TOTAL

5.1. SUBESTACIÓN.....	17.654.852
5.2. GESTION DE RESIDUOS.....	30.371
5.3. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL.....	13.446
5.4. CABLE AT.....	1.200.000
TOTAL.....	18.898.669 EUROS

El presupuesto total de la nueva subestación ELS AUBALS 400kV asciende a **DIECIOCHO MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS.**

Madrid, octubre de 2025

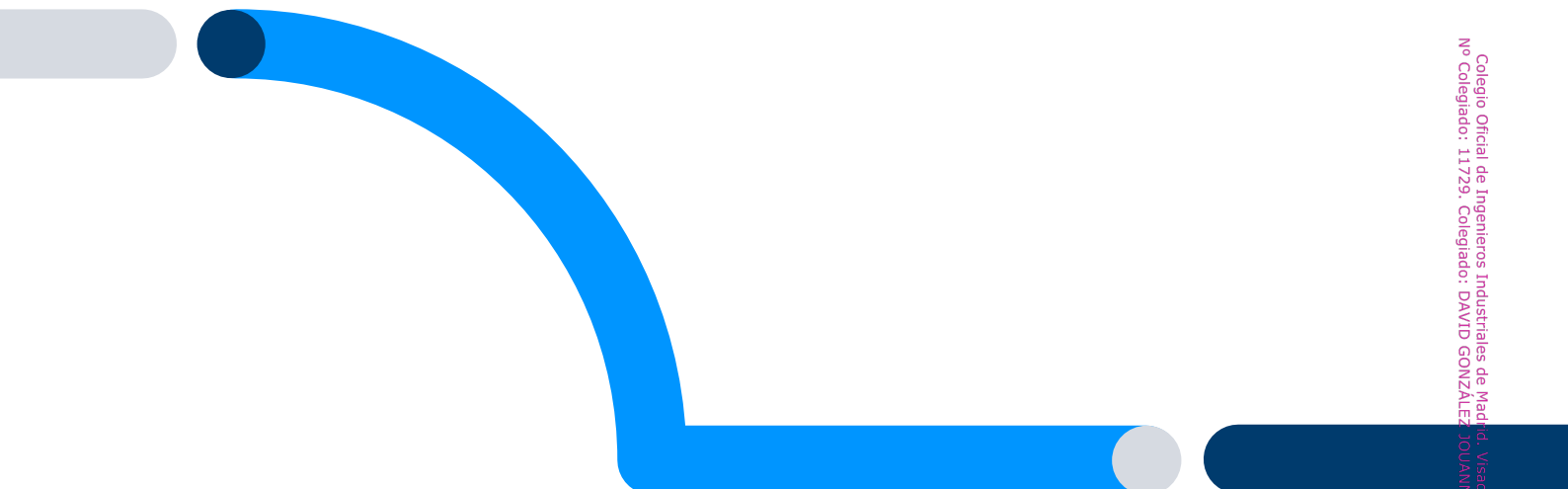
El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones
Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404658. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 11129. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>. Cod Ver: 40160725.



red eléctrica

Una empresa de Redeia

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO

NUEVA SUBESTACIÓN

ELS AUBALS 400 kV

DOCUMENTO 5

ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

Dirección de **Tecnología del Transporte**
Departamento de **Subestaciones**
octubre de 2025

Índice

1 OBJETO3

2 NORMATIVA VIGENTE.....3

3 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CAMPOS MAGNÉTICOS4

4 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN Y DATOS DE CÁLCULO5

5 RESULTADOS10

6 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....11

7 CONCLUSIONES.....11

8 REFERENCIAS11

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404658. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 1729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.coiim.es/Verificacion>. Cod Ver: 40160725.

1 OBJETO

El objeto de este estudio es estimar las emisiones de campo magnético en el exterior accesible por el público del parque de 400 kV AIS del proyecto tipo, con el propósito de comprobar el cumplimiento de los límites establecidos por la normativa vigente.

El estudio comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que por razón del funcionamiento de la subestación pueden alcanzarse en su entorno, y su evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente.

El cálculo se circunscribe al parque de 400 kV AIS del proyecto tipo según se observa en la figura 4.

2 NORMATIVA VIGENTE

El R.D. 337/2014 de 9 de mayo, recoge el “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” (RAT). Este nuevo Reglamento limita los campos electromagnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión, remitiendo al R.D. 1066/2001.

El R.D. 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el “Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas”, adopta medidas de protección sanitaria de la población estableciendo unos límites de exposición del público a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas acordes a las recomendaciones europeas. Para el campo magnético generado a la frecuencia industrial de 50 Hz, el límite establecido es de 100 microteslas (100 μ T).

En el RAT, las limitaciones y justificaciones necesarias aparecen indicadas en las instrucciones técnicas complementarias siguientes:

1. ITC-RAT-14. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIOR. 4.7: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
2. ITC-RAT-15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EXTERIOR. 3.15: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
3. ITC-RAT-20. ANTEPROYECTOS Y PROYECTOS. 3.2.1: Memoria.

En relación al campo magnético generado por los transformadores de potencia, se aplica la norma UNE CLC/TR 50453 IN de noviembre de 2008, “Evaluación de los campos electromagnéticos alrededor de los transformadores de potencia”.

Aunque la medida de campos magnéticos no es objeto del presente documento, a continuación se indican las normas aplicables a la misma:

1. Norma UNE 20833 de abril de 1997: “Medida de los campos eléctricos a frecuencia industrial”.
2. Norma UNE-EN 62110 de mayo de 2013. “Campos eléctricos y magnéticos generados por sistemas de alimentación en corriente alterna. Procedimientos de medida de los niveles de exposición del público en general”.
3. Norma UNE-EN 61786-1 de octubre de 2014. “Medición de campos magnéticos en corriente continua, campos eléctricos y magnéticos en corriente alterna de 1 Hz a 100 kHz. Parte 1: Requisitos para los instrumentos de medida”.
4. Norma IEC 61786-2 de diciembre de 2014. “Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings. Part 2: Basic standard for measurements”.

Los resultados obtenidos se presentan en los límites exteriores de la subestación accesibles por el público considerándose para el cálculo una distancia de 0,2 m del vallado y a una altura de 1 m, según UNE-EN 62110. De igual forma, se facilita el cálculo del campo B en toda la superficie de la subestación a una altura de 1 m a efectos informativos.

El parque de 400 kV AIS del proyecto tipo tiene las siguientes características:

- Tipo..... Intemperie convencional
- Topología..... Interruptor y medio
- Posiciones de línea..... 4
- Posiciones de transformador..... 2
- Posiciones de barras..... 2
- Posiciones de reactancia..... 1
- Superficie aprox. del parque..... 27830 m²

El estado de carga considerado consiste en considerar las líneas 1 y 3 aportando su máxima potencia, los dos transformadores 400/220 kV evacuando su potencia máxima, la línea 2 evacuando su potencia máxima y la línea 4 evacuando la potencia que no ha sido evacuada por los transformadores y la línea 2, hasta completar el total de la potencia aportada por las líneas 1 y 3. La reactancia consume su máxima potencia reactiva.



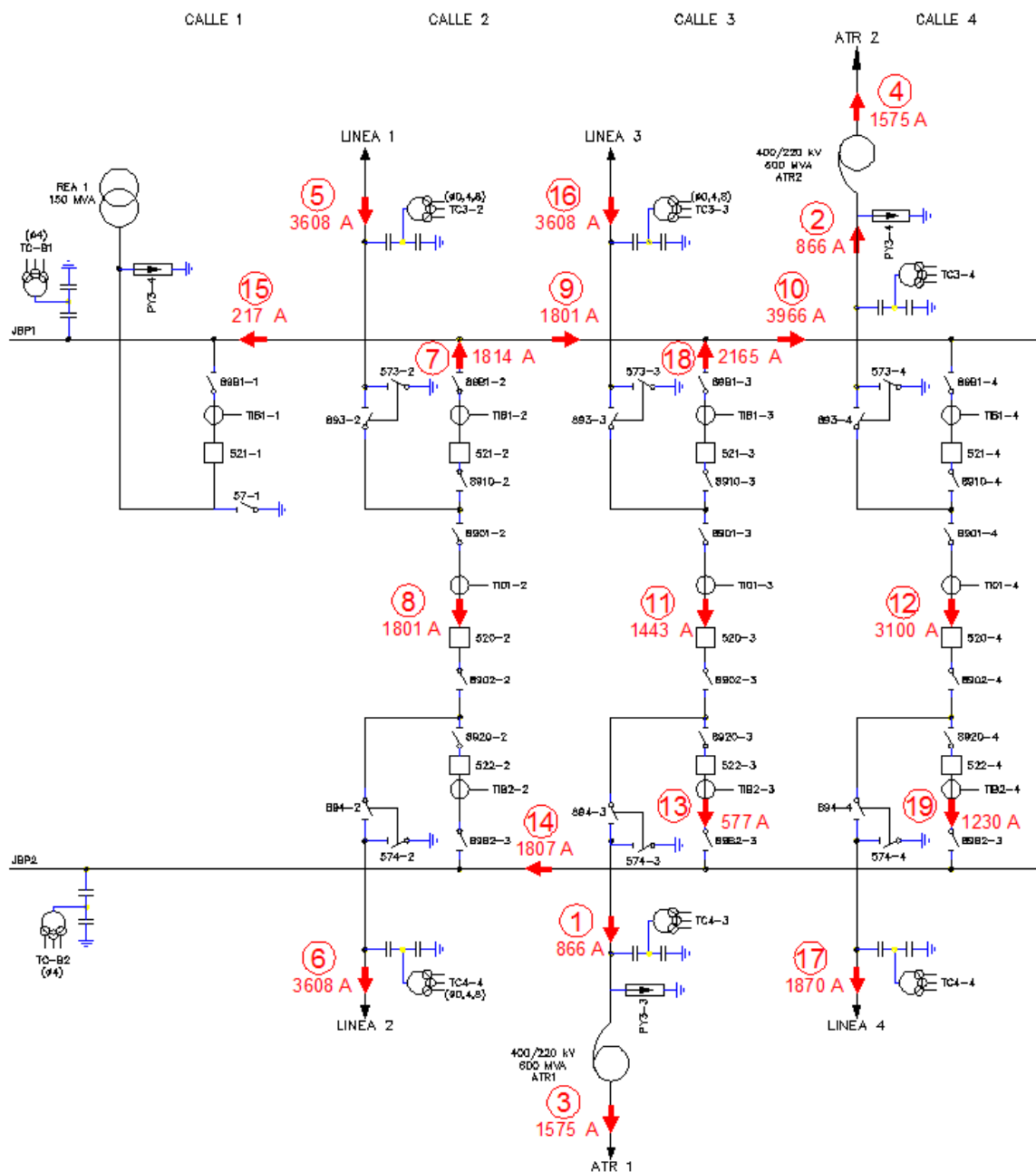


Figura 2. Unifilar con intensidades consideradas

Las intensidades consideradas para el cálculo del campo magnético son las siguientes:

POSICIÓN O TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE (°)	TIPO
TRAFO 1 400 kV	1	866 ₍₂₎	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 2 400 kV	2	866 ₍₂₎	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 1 220 kV	3	1575 ₍₂₎	0	Trifásica equilibrada
TRAFO 2 220 kV	4	1575 ₍₂₎	0	Trifásica equilibrada
LÍNEA 1	5	3608 ₍₁₎	-3.4	Trifásica equilibrada
LÍNEA 2	6	3608 ₍₁₎	0	Trifásica equilibrada
CALLES 2 – BARRAS 1	7	1814	-6.9	Trifásica equilibrada
CALLE 2	8	1801	0	Trifásica equilibrada
BARRAS 1: CALLE 2 – CALLE 3	9	1807	0	Trifásica equilibrada
CALLE 4 – BARRAS 1	10	3966	0	Trifásica equilibrada
CALLE 3	11	1443	0	Trifásica equilibrada
CALLE 4	12	3100	0	Trifásica equilibrada
CALLE 3 – BARRAS 2	13	577	0	Trifásica equilibrada
CALLE 2 – BARRAS 2	14	1807	0	Trifásica equilibrada
REACTANCIA	15	217 ₍₃₎	-90	Trifásica equilibrada
LÍNEA 3	16	3608 ₍₁₎	0	Trifásica equilibrada
LÍNEA 4	17	1870	0	Trifásica equilibrada
CALLE 3 – BARRAS 1	18	2165	0	Trifásica equilibrada
CALLE 4 – BARRAS 2	19	1230	0	Trifásica equilibrada

(1) Intensidad correspondiente a la capacidad de transporte máxima de la línea, 2500 MVA.

(2) Intensidad correspondiente a la potencia máxima del transformador, 600 MVA.

(3) Intensidad correspondiente a la potencia máxima de la reactancia, 150 MVA.

El Real Decreto 1066/2001 aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético. En el caso que nos ocupa, las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación, permiten reducir los niveles de exposición al público en general por debajo de los límites establecidos en el Real Decreto.

No se consideran las aportaciones del parque adyacente de 220 kV, salvo los representados en la figura 3.

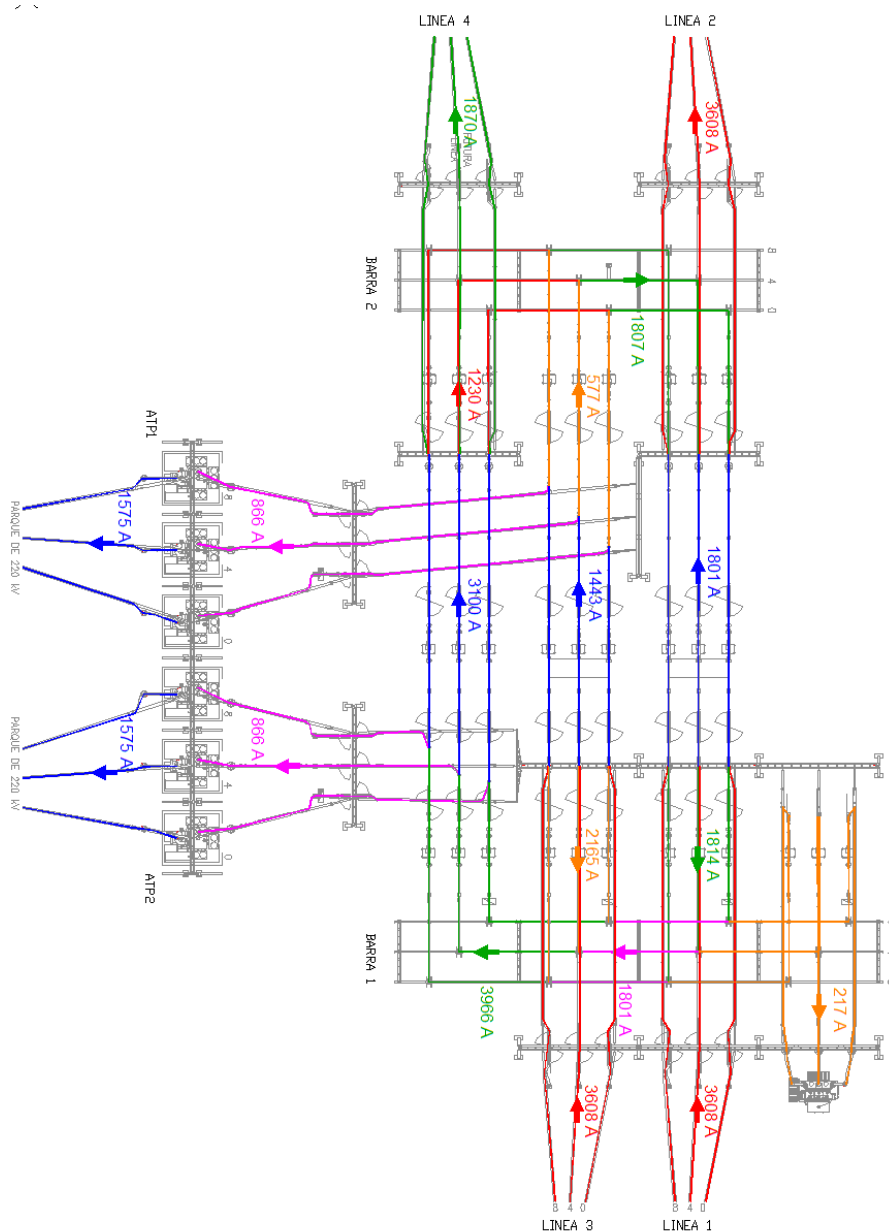


Figura 3. Intensidades estimadas para cálculo de campo magnético

Para la introducción de la topología del parque se ha partido de los planos de planta general del parque cortes de las calles, así como la potencia de los transformadores y potencia máxima de las líneas.

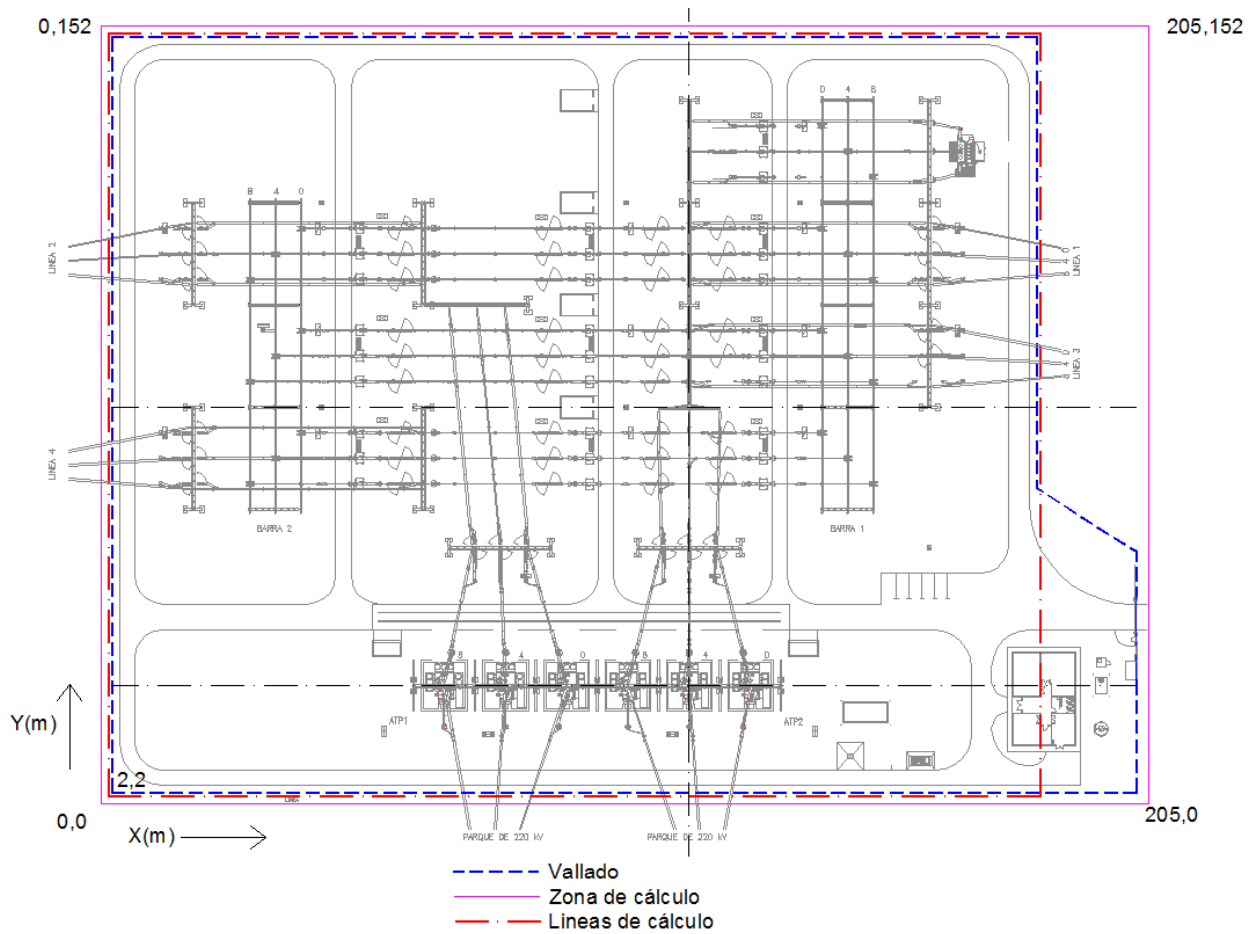


Figura 4. Vallado y zonas límite del cálculo

5 RESULTADOS

La simulación del campo magnético ha sido realizada con el estado de carga indicado anteriormente, estado de carga máximo realizable. Por tanto, los valores de campo magnético calculados y representados serán superiores a los que se producirán durante el funcionamiento habitual de la subestación.

Se ha obtenido el campo magnético en el parque de 400 kV, a 1 metro de altura del suelo. Los resultados obtenidos se representan tanto en el límite exterior del parque de 400 kV. (requerimiento reglamentario) como en el interior del mismo.

Debido a la irregularidad del vallado exterior, y a que los valores de campo magnético obtenidos están alejados de los límites reglamentarios, se ha considerado más adecuado presentar los resultados en las 4 líneas de cálculo representadas en la figura 4, aunque no coinciden en todo su recorrido con el vallado real del parque. En las zonas donde coincide el recorrido del vallado del parque con las líneas de cálculo, estas se sitúan en el exterior, a **0.2 m** del mismo.

Los valores más elevados de campo en el exterior se producen en la zona de entrada de las líneas de 400 kV, siendo de **22.4 μ T**.

Los resultados se incluyen en el plano "CAMPO MAGNÉTICO A 1 m. SOBRE EL SUELO".

En las figuras siguientes se representa, como resumen, el campo magnético en los puntos de intersección de una cuadrícula de 21 x 17, correspondiendo a una separación de 10.25 x 9.5m. La resolución utilizada para el cálculo es de 0.2 m.

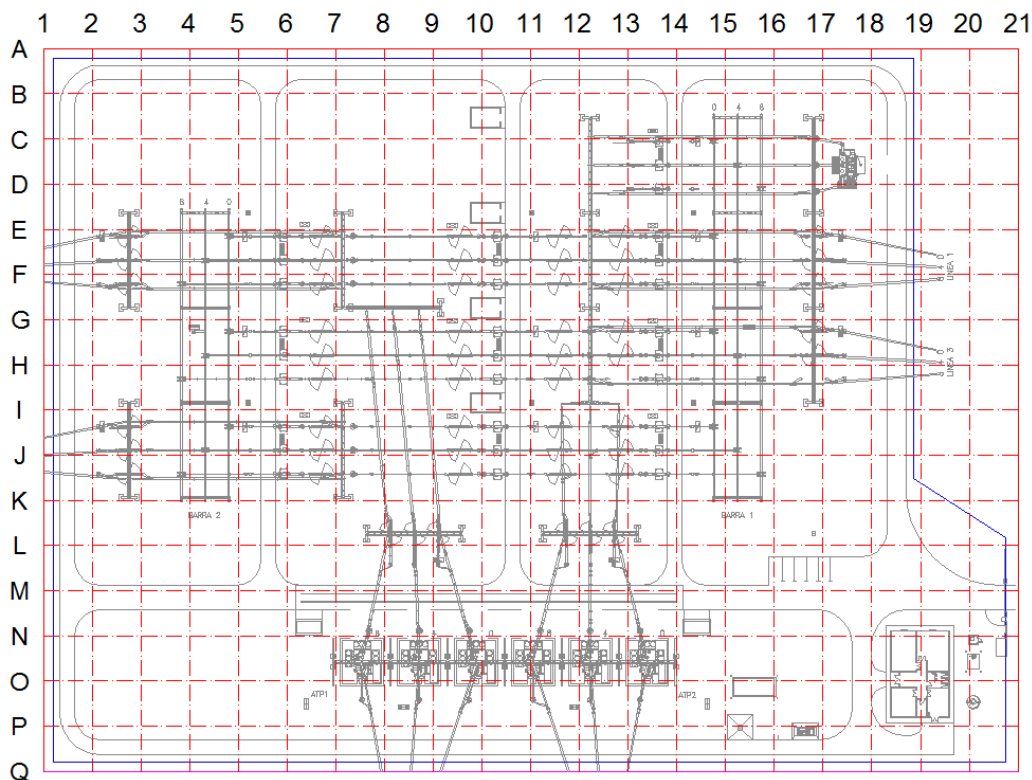


Figura 5. Cuadrícula para resumen de los resultados

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
A	3,49	3,46	3,43	3,42	3,39	3,31	3,19	3,11	3,11	3,17	3,30	3,51	3,77	4,01	4,14	4,21	4,27	4,36	4,42	4,41	4,33
B	4,79	4,69	4,61	4,63	4,63	4,50	4,25	4,10	4,12	4,22	4,38	4,69	5,18	5,60	5,71	5,71	5,75	5,94	6,06	6,02	5,87
C	7,50	7,17	6,84	7,04	7,20	7,04	6,45	6,16	6,37	6,55	6,66	7,05	8,07	9,01	8,57	8,73	8,98	9,21	9,35	9,15	8,82
D	12,57	12,36	11,38	11,40	11,16	11,31	10,21	10,65	12,02	12,37	11,96	11,26	12,24	12,33	13,36	14,59	14,47	15,48	14,98	14,18	13,48
E	19,03	27,21	34,09	18,90	10,67	13,59	7,86	25,99	31,49	31,59	29,72	17,63	10,35	10,88	13,42	28,08	38,41	26,49	21,26	19,58	18,53
F	19,34	36,10	54,29	26,44	32,78	30,95	16,25	34,23	39,26	38,15	36,31	21,35	27,26	36,07	37,86	33,31	52,55	25,80	21,10	19,79	18,77
G	12,45	13,86	16,00	29,98	28,78	18,37	10,52	12,88	17,35	19,05	20,15	12,43	27,30	33,59	42,37	29,13	20,46	16,27	18,66	17,81	16,88
H	4,15	5,90	12,45	24,05	23,88	16,82	12,44	11,99	20,29	22,12	20,66	10,79	39,54	44,82	39,10	39,12	58,73	28,29	21,26	20,06	19,22
I	3,85	6,82	13,37	17,79	13,64	14,18	23,39	36,08	36,76	34,18	35,77	41,15	48,24	50,42	62,31	48,78	25,57	21,53	19,12	17,88	17,04
J	9,21	18,93	30,30	31,23	41,32	43,79	56,43	72,14	75,59	78,68	82,17	92,60	110,57	114,63	102,70	57,53	21,29	14,45	13,43	12,60	11,91
K	10,03	13,54	18,54	20,94	24,65	27,21	32,43	43,01	48,43	43,33	45,49	57,74	60,15	58,98	53,18	32,03	15,90	10,66	9,17	8,47	7,97
L	7,14	7,57	8,43	9,81	10,87	11,97	13,39	22,76	28,83	14,91	15,74	32,70	24,44	18,53	16,58	12,95	9,46	7,37	6,37	5,85	5,48
M	4,70	4,86	5,14	5,57	5,95	6,56	9,58	18,23	19,95	10,69	11,46	21,51	18,65	10,18	7,59	6,63	5,73	4,98	4,49	4,17	3,92
N	3,21	3,29	3,36	3,45	3,52	4,01	8,12	18,08	18,78	9,93	10,74	19,41	18,43	7,68	4,14	3,82	3,64	3,42	3,21	3,04	2,89
O	2,28	2,31	2,30	2,28	2,38	3,58	10,56	25,42	24,37	14,80	15,76	24,45	25,33	9,45	3,28	2,47	2,44	2,42	2,35	2,27	2,18
P	1,69	1,68	1,65	1,63	1,91	3,81	10,67	19,13	17,72	10,41	11,89	18,30	18,56	9,94	3,62	1,94	1,75	1,77	1,73	1,73	1,68
Q	1,29	1,28	1,25	1,25	1,53	2,83	5,91	8,55	7,48	3,83	4,52	7,87	8,52	5,77	2,78	1,58	1,35	1,36	1,37	1,36	1,32

Figura 6. Valores de campo magnético en microteslas en los puntos de intersección de la cuadrícula de la figura 5. Los valores recuadrados son los más cercanos al vallado del parque.

6 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con el Resumen informativo elaborado por el Ministerio de Sanidad y Consumo con fecha 11 de Mayo de 2001, a partir del informe técnico realizado por un Comité pluridisciplinar de Expertos Independientes en el que se evaluó el riesgo de los campos electromagnéticos sobre la salud humana, se puede concretar que para los niveles de campo magnético que se generan en el parque de 400 kV AIS del proyecto tipo, no se ocasionan efectos adversos para la salud, ya que son unos niveles de radiación muy inferiores a las 100 μT ., límite preventivo para el cual, se puede asegurar que no se ha identificado ningún mecanismo biológico que muestre una posible relación causal entre la exposición a estos niveles de campo electromagnético y el riesgo de padecer alguna enfermedad, en concordancia así mismo, con las conclusiones de la Recomendación del Consejo de Ministros de Salud de la Unión Europea (1999/519/CE), relativa a la exposición del público a campos electromagnéticos de 0 Hz a 300 GHz, cuya transcripción al ámbito nacional queda recogida en el Real Decreto 1066/2001 28 de Septiembre de 2001.

Estos niveles de campo magnético no son, por otra parte, exclusivos de subestaciones eléctricas, siendo habituales en otros ambientes, como oficinas, medios de locomoción o incluso en ambientes residenciales fruto de la evolución tecnológica de la sociedad.

7 CONCLUSIONES

Como conclusión de la simulación y cálculo realizado del campo magnético generado por la actividad del parque de 400 kV AIS del proyecto tipo, en las condiciones más desfavorables de funcionamiento (hipótesis de carga máxima realizable), se obtiene que los valores de radiación emitidos están muy por debajo de los valores límite recomendados, esto es, 100 μT para el campo magnético a la frecuencia de la red, 50Hz.

8 REFERENCIAS

- [1] C. Munteanu, Ioan T. Pop, V. Topa, C. Hangea, T. Gutiu, S. Lup "Study of the Magnetic Field Distribution inside Very High Voltage Substations" 2012 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2012) IEEE.
- [2] C. Munteanu, C. Diaconu, I. T. Pop, and V. Topa "Electric and Magnetic Field Distribution Inside High Voltage Power Stations from Romanian Power Grid" International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion. IEEE.
- [3] G. Visan, I. T. Pop and C. Munteanu "Electric and Magnetic Field Distribution in Substations belonging to Transelectrica TSO" 2009 IEEE Bucharest Power Tech Conference

Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial

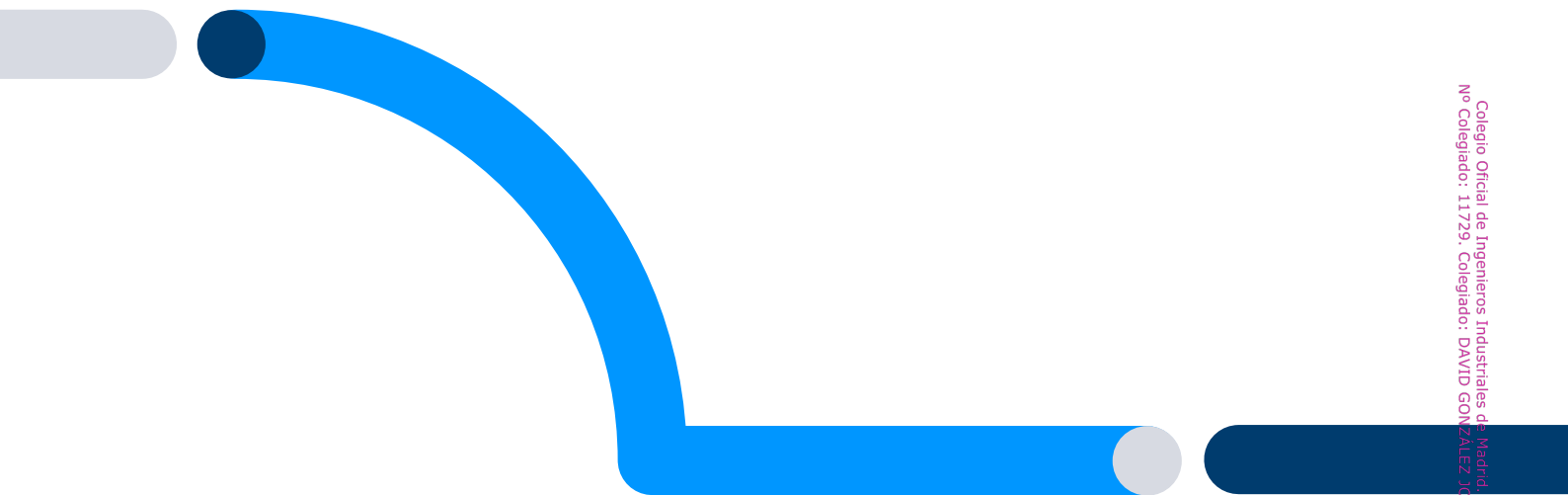


David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404658. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM. Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar sus datos: <https://www.coiim.es/Verificacion>. Cod Ver: 40160725.



A Y A Y Y

NUEVA SUBESTACIÓN
ELS AUBALS 400 kV

Y Ó i
i AÓ Yi Oi i Yi iÓ

1	OBJETO	3
2	JUSTIFICACIÓN	3
3	AFECCIONES	3
4	RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS POR LA SUBESTACIÓN	4
5	PLANOS PARCELARIOS	4

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404658. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 11729. Colegiado: DAVID GONZÁLEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/Verificacion>. Cod Ver: 40160725.

O i

En virtud de lo establecido en el 56.1 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico (LSE), y en el Art. 149.1 del 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, la Declaración, en concreto, de Utilidad Pública, lleva implícita, en todo caso, la necesidad de ocupación de los bienes o de adquisición de los derechos afectados e implica la urgente ocupación a los efectos del Art. 52 de la Ley de Expropiación Forzosa.

Por ello, en cumplimiento de lo prescrito en las citadas leyes, se integra en este Proyecto de ejecución el presente Anexo de Afecciones a los mencionados efectos de urgente ocupación de la Ley de Expropiación Forzosa.

En el correspondiente expediente administrativo, RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA S.A.U. asumirá la condición de entidad beneficiaria.

ÓΑÓ

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA S.A.U. (en adelante RED ELÉCTRICA), de conformidad con lo establecido en los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre del Sector Eléctrico, como gestor de la red de transporte y transportista único con carácter de exclusividad, tiene atribuida la función de transportar energía eléctrica, así como construir, mantener y maniobrar las instalaciones de transporte.

En el ejercicio de las citadas funciones y en orden al efectivo cumplimiento de las finalidades relativas al transporte de energía eléctrica, RED ELÉCTRICA ha proyectado la ampliación de la subestación ELS ALBARRACIN en el parque de 400kV, con la finalidad de reforzar el mallado de la Red de Transporte. La Instalación propuesta incluye el nuevo parque de 400 kV, un nuevo banco de transformación 3x200 MVA 400/220 kV y el cable de AT de interconexión del trafo con la posición de 220 kV.

La instalación se ubica en el término municipal de Garcia, provincia de Tarragona, dentro de la Comunidad Autónoma de Cataluña.

A ióó i

La nueva subestación de Els Aubals 400/220 kV, requiere los bienes y derechos necesarios de:

- La expropiación permanente o del pleno dominio de la superficie de terreno ocupado por la subestación proyectada y su vial de acceso.
- La ocupación temporal de los terrenos necesarios para movimiento de maquinaria y acopio de material en la fase de ejecución de obra.

i AÓ Yi Oi i Yi iÓ A iÓ AY A
 Oi AÓ

La construcción de la Subestación de Els Aubals 400/220 kV supone la afección, en los términos legalmente previstos, de la parcela que se indica en la relación que figura en el cuadro adjunto y que a su vez queda reflejado en el plano nº AUBB1002.

En dicha relación de bienes y derechos se incorporan, en su caso a efectos meramente indicativos los bienes y derechos a cargo de las distintas administraciones y organismos, que pudieran resultar afectados por la instalación.

NUEVA SUBESTACIÓN DE TRANSPORTE DE ELS AUBALS 400/220 kV
T.M. GARCÍA (TARRAGONA)

Parque 400 kV

Parcela Proyecto	Propietario	Referencia Catastral	Polígono	Parcela	Superficie parcela (m ²)	Ocupación pleno dominio Subestación (m ²)	Ocupación temporal (m ²)	Ocupación pleno dominio Acceso (m2)	Reposición de Camino (m2)	Servidumbre paso zanja cables RE (m2)	Naturaleza del terreno
1	JARDI PEDRENY, TERESA MARCH JARDI, MAGDALENA	43066A015000260000UG	15	26	29.862	15.258	540	934	0	0	Viñedos, olivos, frutales de regadío
2	ASENS CASADO, JAVIER	43066A015000270000UQ	15	27	5.331	4.794	0	142	0	0	Viñedos regadíos
3	AJUNTAMENT DE GARCIA	43066A015090040000UI	15	9004	409	367	0	11	0	0	Vía de comunicación
4	ROMO CASTELLA, MARIANO	43066A015000280000UP	15	28	4.415	3.966	0	119	73	0	Olivos de regadío
5	ROMO CASTELLA, MARIANO	43066A015000290000UL	15	29	8.387	2.554	0	604	358	0	Almendros secano
6	PALLEJA PENNA, RAMON	43066A015000300000UQ	15	30	7.394	2.149	0	442	261	0	Viñedos, olivos de regadío
7	PEDRET ANDREU, JUAN RAMON	43066A015000310000UP	15	31	19.835	2.474	0	449	2	0	Viñedos, almendros, labor de regadío
8	EDISTRIBUCION REDES DIGITALES SLU (65%)	43066A015000930000UG	15	93	19.053	0	0	920	0	0	Industrial

Parque 220 kV

Parcela Proyecto	Propietario	Referencia Catastral	Poligono	Parcela	Superficie parcela (m ²)	Ocupación pleno dominio Subestación (m ²)	Ocupación temporal (m ²)	Ocupación pleno dominio Acceso (m2)	Reposición de Camino (m2)	Servidumbre paso zanja cables RE (m2)	Naturaleza del terreno
1	JARDI PEDRENY, TERESA MARCH JARDI, MAGDALENA	43066A015000260000UG	15	26	29.862	0	0	0	0	0	Viñedos, olivos, frutales de regadío
2	ASENS CASADO, JAVIER	43066A015000270000UQ	15	27	5.331	0	0	0	0	0	Viñedos regadíos
3	AJUNTAMENT DE GARCIA	43066A015090040000UI	15	9004	409	0	0	0	0	0	Vía de comunicación
4	ROMO CASTELLA, MARIANO	43066A015000280000UP	15	28	4.415	0	0	0	0	0	Olivos de regadío
5	ROMO CASTELLA, MARIANO	43066A015000290000UL	15	29	8.387	0	0	0	0	0	Almendros secano
6	PALLEJA PENNA, RAMON	43066A015000300000UQ	15	30	7.394	0	0	0	0	0	Viñedos, olivos de regadío
7	PEDRET ANDREU, JUAN RAMON	43066A015000310000UP	15	31	19.835	0	0	0	0	0	Viñedos, almendros, labor de regadío
8	EDISTRIBUCION REDES DIGITALES SLU (65%)	43066A015000930000UG	15	93	19.053	0	0	0	0	17	Industrial

A A Ói A

1.- IMPLANTACIÓN AFECCIONES SOBRE PARCELARIO: AUBB1002.

Madrid, octubre de 2025

El Ingeniero industrial



David González Jouanneau

Jefe del Departamento de Subestaciones

Red Eléctrica de España, S.A.U.

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202404658. Fecha Visado: 13/10/2025. Firmado Electrónicamente por el COIIM.
Nº Colegiado: 1178. Colegiado: DAVID GONZALEZ JOUANNEAU. Para comprobar su validez: <https://www.colim.es/verificacion>. Cod.Ver: 40160725.