



HOJA DE CONTROL DE FIRMAS ELECTRÓNICAS



Instituciones

Firma institución:

Firma institución:

Firma institución:

Firma institución:

Ingenieros

Nombre:

Nombre:

Colegio:

Colegio:

Número colegiado/a:

Número colegiado/a:

Firma colegiado/a:

Firma colegiado/a:

Nombre:

Nombre:

Colegio:

Colegio:

Número colegiado/a:

Número colegiado/a:

Firma colegiado/a:

Firma colegiado/a:

Nombre:

Nombre:

Colegio:

Colegio:

Número colegiado/a:

Número colegiado/a:

Firma colegiado/a:

Firma colegiado/a:

NUEVA SUBESTACIÓN AMANTES 400/132 kV
SEPARATA RED ELÉCTRICA GRUPO REDEIA (REE)

Término municipal de Teruel
Provincia de Teruel

Abril 2024

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

ANEXOS A LA MEMORIA:

- ANEXO Nº 1 Relación de Bienes y Derechos Afectados
- ANEXO Nº 2 Cálculos Eléctricos

DOCUMENTO Nº 2. PLANOS

Número	Título
PZ000101	Situación y Emplazamiento
PZ000201	Planta sobre Ortofoto y Catastro
PZ000301	Esquema Unifilar
PZ000501	Planta General SE Amantes
PZ000601	Sección A-A. Posición de transformador
PZ000602	Sección B-B. Posición de línea
PZ000603	Sección C-C. Posición de Acoplamiento Transversal de Barras
PZ000604	Sección D-D. Sección Transversal
PZ000605	Sección E-E. Sección Transversal
PZ000701	Planta Red de Tierras
PZ000801	Planta Edificio. Disposición de equipos
PZ000802	Edificio. Vistas y Sección
PZ000803	Edificio. Detalles constructivos.
PZ000901	Planta Relación Bienes y Derechos Afectados

Zaragoza, Abril de 2024

El Ingeniero Industrial al servicio de SATEL



David Gavín Asso

Colegiado Nº 2.207 del C.O.I.I.A.R.

DOCUMENTO N° 1
MEMORIA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO	3
2. EMPLAZAMIENTO	4
3. ENTIDAD PETICIONARIA	5
5. ALCANCE DE LAS INSTALACIONES	6
5.1 CONFIGURACIÓN	6
5.1.1 Transformación 400/132 kV	6
5.1.2 Parque exterior de 132 kV	6
5.1.3 Edificio de Control	6
5.1.4 Sistema de Control y Protecciones	7
5.1.5 Sistema de Servicios Auxiliares (SS.AA.)	7
5.1.6 Sistemas de puesta a tierra	7
5.1.7 Sistemas de seguridad	7
5.1.8 Sistemas de teleprotecciones y comunicaciones	7
5.2 PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO	8
5.3 ESTRUCTURAS METÁLICAS, OBRA CÍVIL Y EDIFICIOS	9
5.3.1 Estructura metálica	9
5.3.2 Obra Civil parque intemperie	10
5.3.3 Edificio de control, protecciones y SSAA	13
6. TRANSFORMACIÓN 400/132-110/26,4 kV	14
7. PARQUE DE 132 kV	16
7.1 DESCRIPCIÓN	16
7.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES	17
7.2.1 Posiciones de línea	17
7.2.2 Posición de transformador	18
7.2.3 Posición de acoplamiento de barras	19
7.2.4 Posiciones de barras	20
7.2.5 Barras generales	20
7.2.6 Conductores desnudos	21
8. SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL Y PROTECCIÓN	22
8.1 UNIDAD DE CONTROL DE SUBESTACIÓN (UCS)	22
8.2 TERMINAL DE OPERACIÓN LOCAL	23
8.3 TERMINAL DE TELEACCESO	23
8.4 UNIDAD DE CONTROL DE POSICIÓN (UCP)	23
8.5 CONCENTRADORES DE POSICIONES DE MT O DE AT	23
9. SISTEMA DE PROTECCIONES	24
9.1 LÍNEAS 132 KV	24
9.2 TRANSFORMADOR TR1 400/132-110/26,4 KV	24
9.3 POSICIÓN DE BARRAS 132 KV	24
10. SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES	25
10.1 SERVICIOS AUXILIARES DE C.A	25
10.2 SERVICIOS AUXILIARES DE C.C	25
11. SISTEMA DE FACTURACIÓN (R.P.M.)	27
12. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA	28

12.1 RED DE TIERRA INFERIOR	28
12.2 RED DE TIERRA AÉREA	29
13. SISTEMA DE ALUMBRADO	30
14. LIMITACIÓN DE EMISIONES ACÚSTICAS	31
15. NORMATIVA PREVENCIÓN DE INCENDIOS	32
15.1 PARQUE INTEMPERIE	32
15.2 EDIFICIO	32
16. NORMATIVA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA.....	34
17. SISTEMA DE SEGURIDAD.....	35
17.1 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	35
17.2 PROTECCIÓN CONTRA INTRUSISMO	35
18. LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS	36
19. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	37
20. PLAZO DE EJECUCIÓN	38
21. CONCLUSIONES	39

1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES, S.L.U. promueve la construcción de la S.E. Amantes 400/132 kV, en el término municipal de Teruel, con el objetivo de reforzar la red de distribución de 132 kV para incrementar la capacidad de integración de generación renovable en la provincia de Teruel, así como atender el crecimiento futuro del mercado en el entorno de Platea y Teruel.

La actuación tiene como objeto la construcción de un parque intemperie compuesto por:

- Parque de 132 kV, doble barra, compuesto por dos posiciones híbridas de línea, una posición de transformador de potencia, una posición de acoplamiento transversal de barras y una posición de medida en barras.
- Transformación 400/132 kV, compuesta por un transformador de potencia 315/315/80 MV.
- Parque de 400 kV, compuesto por transformadores de tensión, transformadores de intensidad y autoválvulas que permiten evacuar la potencia del transformador.
- Por otra parte, se construirá un edificio de control donde se instalarán los armarios de control y comunicaciones.

Dicha subestación se ha de conectar a instalaciones de nivel de tensión 400 kV, que son propiedad de Red Eléctrica Grupo Redeia (REE), y, por tanto, se redacta la presente Separata con el fin de informar de las afecciones relacionadas.

Se redacta el presente proyecto en conformidad con la Ley 24/2013, de 26 de Diciembre, del Sector Eléctrico; el R.D. 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, y de acuerdo con el 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, con el objeto de obtener la Autorización Administrativa Previa y la Autorización Administrativa de Construcción, y la declaración de Utilidad Pública.

Esta actuación se encuentra incluida en la Planificación de la red de Transporte H2026, que tiene carácter vinculante y fue aprobada en Consejo de Ministros el 22 de marzo del 2022.

2. EMPLAZAMIENTO

La nueva subestación, de superficie construida 9.016,15 m², se ubicará en la parcela situada en el término municipal de Teruel, de la provincia de Teruel, según se indica en el plano de Planta sobre Ortofoto y Catastro.

Las referencias catastrales de las parcelas afectadas son:

Afección	Ref. Catastral	Polígono	Parcela	Término Municipal
Subestación	44900A80200009	802	9	Teruel
Camino de acceso	44075A01509001	15	9001	Celadas

Las Posiciones de las esquinas que conforman el vallado de la Subestación Amantes en coordenadas UTM (ETRS89 Huso 30) son las siguientes:

VÉRTICE	COORDENADAS (HUSO 30 – ETRS89)	
	X _{UTM}	Y _{UTM}
VA	659.490,77	4.478.597,71
VB	659.529,85	4.478.576,74
VC	659.547,23	4.478.609,13
VD	659.557,03	4.478.612,08
VE	659.587,22	4.478.595,88
VF	659.622,59	4.478.661,79
VG	659.546,95	4.478.702,39

3. ENTIDAD PETICIONARIA

Corresponde a EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.U. y NIF - B-82846817, que actúa como titular de la propiedad.

La empresa EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.U., está dedicada a la distribución de energía eléctrica. Tiene su domicilio social en la calle Ribera de Loira, nº 60, C.P. 28042 (Madrid).

A efecto de notificaciones será EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.U. Unipersonal en Aragón. Tiene su domicilio social en la calle Doctor Aznar Molina, nº 2, C.P. 50002 (Zaragoza).

5. ALCANCE DE LAS INSTALACIONES

5.1 CONFIGURACIÓN

La Subestación estará constituida por:

- Transformación 400/132V
- Parque exterior de 132 kV
- Edificio de control
- Sistema de Control y Protecciones
- Sistema de Servicios Auxiliares (SS.AA.)
- Sistema de puesta a tierra
- Sistemas de seguridad
- Sistema teleprotecciones y comunicaciones

5.1.1 Transformación 400/132 kV

Estará constituida por:

- Un (1) transformador trifásico 400/132-110/26,4 kV de 315/315/80 MVA, con regulación en carga.
- Tres (3) transformadores de tensión inductivos 400 kV para RPM y medida.
- Tres (3) transformadores de intensidad 400 kV para RPM y medida.
- Tres (3) autoválvulas de 400 kV.
- Tres (3) transformadores de tensión inductivos 132 kV para RPM, medida y protección.
- Tres (3) transformadores de intensidad 132 kV para RPM, medida y protección.
- Tres (3) autoválvulas de 132 kV.

5.1.2 Parque exterior de 132 kV

Tipo: Exterior Híbrido

Esquema: Doble barra

- Dos (2) embarrados de 132 kV.
- Dos (2) posiciones de línea.
- Una (1) posición de transformador de potencia.
- Una (1) posición de acoplamiento transversal de barras.
- Dos (2) posiciones de medida de barras y servicios auxiliares.

5.1.3 Edificio de Control

El edificio de nueva construcción dispone de una planta baja con unas dimensiones exteriores de 9,6x8,0m. con unas necesidades de altura interior libre de 3 m. Estará formado por una única sala en la que irán instaladas los armarios de control y los cuadros eléctricos necesarios para dar soporte a la subestación.

5.1.4 Sistema de Control y Protecciones

La subestación será telemandada y se instalará un sistema integrado de control (SICOP) que integrará las funciones de control local, protecciones y telecontrol.

5.1.5 Sistema de Servicios Auxiliares (SS.AA.)

Estará constituido por:

- Seis (6) Transformadores de tensión para servicios auxiliares de 50 kVA. 132/0,420 kV cada uno, tres en cada barra de 132 kV.
- Tres (3) equipos rectificadores + batería como batería 1 110 Vcc.
- Dos (2) equipos rectificadores + batería como batería 2 110 Vcc.
- Dos (2) equipos rectificadores + batería 48 Vcc.

5.1.6 Sistemas de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra de los niveles de tensión de 132 kV y 400 kV de la zona serán con el neutro conectado rígidamente a tierra.

5.1.7 Sistemas de seguridad

Formado por protección contra incendios y antiintrusismo

- Sistema de antiintrusismo: Sistema de seguridad perimetral con infrarrojos conectado a un centro de control de seguridad.
- Sistema contra incendios: Se instalará por el riesgo intrínseco de la instalación, según la legislación vigente (RD 2267/2004). Se indicarán las medidas a instalar según las necesidades derivadas por la legislación según se indica en el anexo N°3 del presente documento.

5.1.8 Sistemas de teleprotecciones y comunicaciones

Se prevé la instalación de los equipos de telecomunicaciones necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de la subestación a través de telemando, y para las comunicaciones necesarias en los sistemas de protección y telegestión de la instalación.

5.2 PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

CARACTERÍSTICAS	UND.	POS.400 kV.	POS.132 kV.
Tensión nominal	kV.	400	132
Tensión más elevada para el material	kV.	420	145
Frecuencia nominal	Hz.	50	50
Tensión soportada frecuencia ind.	kV.	1050	275
Tensión soportada rayo	kV.	1425	650
Conexión del neutro		Rígido a tierra	Rígido a tierra
Intensidad nominal barras	A.	-	2000
Intensidad nominal pos. Línea	A.	-	2000
Intensidad nominal pos. Trafo.	A.	-	2000
Intensidad máxima de defecto trifásico	kA.	40	40
Duración del defecto trifásico	seg.	1	1

Las distancias mínimas entre fases y fase-tierra para estos niveles de aislamiento vienen fijadas en el reglamento en la ITC-RAT 12.

Según indica el apartado 3.3.3 de la ITC-RAT 12, estas distancias son solamente válidas para altitudes no superiores a 1.000 metros. Para instalaciones situadas por encima de los 1.000 metros de altitud, las distancias mínimas en el aire hasta los 3.000 metros deberán aumentarse en un 1,4 por ciento por cada 100 metros o fracción por encima de los 1000 m.

Debido a que la nueva subestación se encuentra a 1.204,25 m.s.n.m., se indica en las siguientes tablas las distancias a cumplir teniendo en cuenta la altitud del terreno:

CARACTERÍSTICAS	UND.	POS.400 kV.	POS.132 kV.
Distancia mínima fase tierra Conductor/Estructura	mm.	2.600	1.300
Distancia mínima fase tierra Conductor/Estructura (según apartado 3.3.3 de la ITC-RAT 12)	mm.	2.709,2	1.354,6
Distancia mínima fase tierra Punta /Estructura	mm.	3.400	-
Distancia mínima fase tierra Punta /Estructura (según apartado 3.3.3 de la ITC-RAT 12)	mm.	3.542,8	-
Distancia mínima entre fases Conductor/Conductor	mm.	3.600	1.300
Distancia mínima entre fases Conductor /Conductor (según apartado 3.3.3 de la ITC-RAT 12)	mm.	3.751,2	1.354,6
Distancia mínima entre fases Punta /Conductor	mm.	4.200	-
Distancia mínima entre fases Punta /Conductor (según apartado 3.3.3 de la ITC-RAT 12)	mm.	4.376,4	-

5.3 ESTRUCTURAS METÁLICAS, OBRA CÍVIL Y EDIFICIOS

5.3.1 Estructura metálica

Tanto para el amarre de las líneas como para soportes de aparatos se utilizarán estructuras metálicas formadas por perfiles angulares de la serie de fabricación normal en este país, con acero S-275JR (s/Norma DB SE-A Seguridad Estructural: Acero, vigente) exigiéndole la calidad soldable y llevarán una protección de superficie galvanizada ejecutada de acuerdo con la norma EN/ISO 1461, siendo su peso en zinc de 5 grs. por dm² de superficie galvanizada.

Los soportes de aparatos están diseñados para admitir:

- Peso propio
- Cargas estáticas transmitidas por los aparatos
- Cargas dinámicas transmitidas por el aparellaje de maniobra
- Acción de un viento de 120 Km/h. de velocidad actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

En general todos los elementos sometidos a las acciones anteriormente citadas estarán dimensionados para no sobrepasar los 275 N/mm².

5.3.2 Obra Civil parque intemperie

Movimiento de tierras

La parcela afectada por la nueva subestación está situada en la parcela 9 del polígono 802, del Término Municipal de Teruel.

Se propone el aporte de tierra al terreno para realizar una explanación para la construcción de la posterior cimentación de la subestación.

De acuerdo con el cálculo de volúmenes se tiene:

Cuadro de volúmenes explanada SE

• Volumen de Desmonte (1/1).....	0 m ³
• Volumen de Terraplén (3/2).....	12.106,969 m ³
• Diferencia (Desmonte -Terraplén)	-12.106,969 m ³
• Volumen de Tierra Vegetal (0,25 m).....	2.483,203 m ³
• Cota de explanada mín.	1.203,55 m.s.n.m.
• Cota de explanada max.....	1.204,00 m.s.n.m.

Cuadro de volúmenes vial de acceso (Eje Sur)

• Volumen de Desmonte (1/1).....	7,414 m ³
• Volumen de Terraplén (3/2).....	254,353 m ³
• Diferencia (Desmonte -Terraplén)	-246,939 m ³
• Volumen de Tierra Vegetal (0,25 m).....	152,238 m ³
• Superficie desbroce.....	608,951 m ²
• Volumen de firme (espesor 0,4 m).....	191,546 m ³
• Longitud total.....	61,313 m

Cuadro de volúmenes vial de acceso (Eje Enlace)

• Volumen de Desmonte (1/1).....	14,453 m ³
• Volumen de Terraplén (3/2).....	118,280 m ³
• Diferencia (Desmonte -Terraplén)	-103,827 m ³
• Volumen de Tierra Vegetal (0,25 m).....	141,700 m ³
• Superficie desbroce.....	566,799 m ²
• Volumen de firme (espesor 0,4 m).....	187,533 m ³
• Longitud total.....	52,036 m

Cuadro de volúmenes vial de acceso (Eje Norte)

• Volumen de Desmonte (1/1).....	30,022 m ³
• Volumen de Terraplén (3/2).....	213,075 m ³
• Diferencia (Desmonte -Terraplén)	-183,053 m ³
• Volumen de Tierra Vegetal (0,25 m).....	147,364 m ³
• Superficie desbroce.....	589,457 m ²
• Volumen de firme (espesor 0,4 m).....	176,676 m ³
• Longitud total.....	56,673 m

Cuadro de superficies Construidas

- Parque intemperie 8.939,35 m²
- Edificio de control 76,80 m²

SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA..... 9.016,15 m²**Cuadro de superficies Ocupadas**

- Explanada Subestación 9.840,50 m²
- Vial de Acceso 1.171,09 m²

SUPERFICIE TOTAL OCUPACIÓN..... 11.011,59 m²**Cimentaciones para soportes metálicos y pórticos**

Las cimentaciones de la parte correspondiente al parque, es decir, cimentaciones para soportes de apartamento de intemperie y pórticos serán de tipo "zapata aislada". Serán de hormigón en masa (salvo armaduras para retracciones del hormigón) y llevarán las placas de anclaje de las estructuras sobre sus peanas (2ª fase de hormigonado).

Las cimentaciones se proyectarán de acuerdo con la naturaleza del terreno. El método de cálculo empleado será el de Sulzberger que confía la estabilidad de la cimentación a las reacciones horizontales y verticales del terreno.

No se admitirá un ángulo de giro de la cimentación, cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones que produzcan el máximo momento de vuelco.

El coeficiente de seguridad al vuelco, relación entre el momento estabilizador y el momento de vuelco no será inferior a 1,5.

Saneamientos y drenajes

El drenaje de la Subestación se realizará mediante una red de desagüe formada por tubos perforados colocados en el fondo de zanjas de gravas y rellenas de material filtrante adecuadamente compactado.

En la explanación del terreno se preverán unas ligeras pendientes, no inferior el 0,5%, conformando distintas cuencas hacia las zanjas de cables.

Los colectores colocados en las zanjas de gravas evacuarán las aguas hacia una arqueta general de desagües que se conectará con la red de saneamiento de la zona

El desagüe general exterior estará protegido contra la entrada de animales por medio de una malla metálica

La conexión de los bajantes de los edificios se realizará mediante arquetas a pie de bajante que conectarán con la red general antes mencionada.

Se incorporará una cuneta entre el borde del camino de acceso a la Subestación para canalizar el agua hacia la recogida general de la zona.

Vallado perimetral

Se ha previsto un cierre perimetral de la subestación, mediante valla con la altura total marcada por el Reglamento de Alta Tensión (mínimo 2,20 metros).

Conducciones de cables de control y potencia

Con objeto de proteger el recorrido de los cables de control y potencia se construirá una red de canales para cables prefabricados y zanjas enterradas, respectivamente.

En los cruces con los viales se utilizarán pasatubos reforzados.

El conjunto de los canales de cables de control será de hormigón armado o prefabricados tipo BREINCO o AVE.

Cimentación para transformador y sistema de recuperación y recogida de aceite

Para la cimentación y movimiento de los transformadores se realizarán unas bancadas de raíles para facilitar su desplazamiento.

Estas bancadas realizarán también el trabajo de recuperación de aceite en el caso de una eventual fuga del mismo desde la cuba del transformador. La capacidad corresponderá al volumen de dieléctrico del transformador, mayorada en previsión de entrada de agua.

La bancada de los transformadores se diseñará como una viga elástica apoyada en el terreno y con una carga uniformemente repartida igual a la presión que ejerce sobre el terreno toda la cimentación con una acción 1,25 veces el peso del transformador más el peso propio.

Urbanizado de la zona y viales

Los viales interiores serán bien asfaltados o bien de firme rígido de 15 cm de hormigón HA-200 sobre una base de zahorra compactada. Los materiales a utilizar cumplirán las Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

5.3.3 Edificio de control, protecciones y SSAA

El edificio de nueva construcción y de tipo in situ estará formado por una única planta destinada a albergar los armarios de control y cuadros eléctricos de la subestación.

La cubierta estará formada de placas de hormigón armado armadas con mallas electrosoldadas rematadas en su parte superior mediante impermeabilización y en su interior el aislante a base de poliuretano.

Los espesores y armados están considerados para soportar una sobrecarga de 120kg/m² y la acción debida al empuje del viento de 120 km/h (192,2 kg/m²)

El edificio dispondrá de un suelo técnico para favorecer la distribución de cables de control.

El edificio estará dotado de un sistema de climatización por bomba de calor con termostato situado en la zona de control del edificio que permitirá conservar unas condiciones uniformes de temperatura en el interior del edificio.

También estará dotado de un sistema de detección de incendios a base de detectores termo-velocimétricos y ópticos, y en un sistema de alarmas mediante pulsadores manuales localizados en puntos estratégicos con el fin de que el personal que primero localice un incendio pueda dar la alarma sin esperar la actuación del sistema de detección. El edificio también estará dotado de sistema de anti-intrusismo con alarma.

Se instalará una central de alarmas y señalización con capacidad para todas las zonas de detección. Esta central de alarmas será común a ambos sistemas (antiincendios y anti-intrusismo), tendrá un número de zonas suficiente para cubrir las necesidades de ambos, y de ella partirá una señal para la señalización local y otra hacia el sistema de comunicaciones.

El sistema de extinción consistirá en un sistema de extintores móviles de 5 Kg de capacidad de CO₂ en el interior del edificio.

Se ha previsto dotar al edificio de los sistemas de alumbrado adecuados con los niveles luminosos reglamentarios.

El alumbrado normal se llevará cabo mediante armaduras semiestancas equipadas con equipos de fluorescencia en alto factor. Su distribución será empotrada en falso techo en la zona de control, y de forma uniforme evitándose sombras y zonas de baja luminosidad que dificulten las labores de control y de explotación.

En los puntos que así se requiera se dispondrá de un alumbrado localizado que refuerce al general de la instalación.

Los circuitos de alumbrado se alimentarán desde el cuadro de Servicios Auxiliares donde se dispondrán los interruptores magnetotérmicos de protección de los diferentes circuitos, así como los dispositivos de protección diferencial de los mismos.

El edificio estará dotado de los sistemas de alumbrado de emergencia necesarios de arranque instantáneo ante la ausencia de la tensión principal. Los equipos serán autónomos, de la potencia y rendimiento reglamentario. Además de las funciones propias de alumbrado en emergencia, cumplirán también las de señalización de los diferentes puntos de salida y evacuación del personal.

6. TRANSFORMACIÓN 400/132-110/26,4 KV

Estará constituida por un (1) transformador trifásico de 400/132-110/26,4 kV de 315/315/80 MVA, con regulación en carga, de las siguientes características:

Características del transformador de Potencia (TR1)

Tensiones nominales		
AT1 (Tensión del primario)	kV	400
AT2 (Tensión del secundario)	kV	132-110
AT3 (Tensión del terciario)	kV	26,4
Potencias nominales	MVA	315/315/80
Grupo de conexión		YNyn0+d
Sistema de refrigeración		OFAF

Además, la aparamenta del nivel de 400 kV asociada a la posición de transformador TR1 estará compuesta por:

- Tres (3) autoválvulas de 400 kV.
- Tres (3) transformadores de intensidad de 400 kV para RPM y medida.
- Tres (3) transformadores de tensión inductivos de 400 kV para RPM y medida.

Características asignadas de los transformadores de tensión inductivos para RPM

Nivel de aislamiento	kV	420
Relación de transformación	kV	400:√3/0,11:√3- 0,11:√3-0,11:3
Potencias y clases de precisión		
1º Arrollamiento		25 VA cl.0,2
2º Arrollamiento		25 VA cl.0,5-3P
3º Arrollamiento		10 VA cl.6P

Características asignadas de los transformadores de intensidad para RPM

Nivel de aislamiento	kV	420
Relación de transformación	A	200-400-800/5 200-400-800/5 200-400-800/5 200-400-800/5
Potencias y clases de precisión		
1º Arrollamiento		10 VA cl.0,2s
2º Arrollamiento		20 VA cl.0,5
3º Arrollamiento		30 VA cl. 5P30
4º Arrollamiento		30 VA cl.5P30

Características asignadas de las autoválvulas

Tensión más elevada para el material	kV	420
Tensión nominal	kV	330
Tensión de operación continua	kV	264
Intensidad nominal de descarga	kA	20
Clase de descarga	kV	4

Las conexiones entre aparatos en la posición de transformador TR1 en el nivel de 400 kV se realizarán con conductor tipo triplex de las siguientes características:

Características asignadas

Naturaleza del conductor		Al-Ac
Denominación		LA-455 (Condor)
Sección real	mm ²	454,5
Diámetro aparente del cable	mm	27,72
Intensidad admisible AT=40°	A	806,66
Nº de conductores por fase		3
Peso	Kg/m	1,521

7. PARQUE DE 132 KV

7.1 DESCRIPCIÓN

El parque de 132 kV será intemperie de doble barra y estará formado por:

- Dos (2) posiciones de línea compuestas cada una por:
 - o Un (1) seccionador en la barra B-601.
 - o Un (1) módulo híbrido de línea que incluye:
 - Dos (2) seccionadores en lado de barras de 145 kV, 2000A.
 - Un (1) interruptor 145 kV, 2000A, 40 kA.
 - Un (1) seccionador con puesta a tierra en el lado de línea de 145 kV, 2000A.
 - Tres (3) transformadores de intensidad.
 - o Tres (3) transformadores de tensión.
 - o Tres (3) autoválvulas.
- Una (1) posición de transformador TR1 compuesta por:
 - Tres (3) transformadores de tensión inductivos 132 kV para RPM, medida y protección.
 - Tres (3) transformadores de intensidad 132 kV para RPM, medida y protección.
 - Tres (3) autoválvulas de 132kV.
 - Un (1) módulo híbrido de transformador que incluye:
 - Dos (2) seccionadores en lado de barras de 145 kV, 2000A.
 - Un (1) interruptor 145 kV, 2000A, 40 kA.
 - Tres (3) transformadores de intensidad 132 kV.
 - Un (1) seccionador en la barra B-602.
- Una (1) posición de acoplamiento de barras compuesta por:
 - Un (1) modulo híbrido de acoplamiento.
 - Un (1) interruptor 145 kV, 2000A, 40 kA.
 - Dos (2) seccionadores de barras de 145 kV, 2000A.
 - Tres (3) transformadores de intensidad toroidales.
 - Un (1) seccionador en la barra B-601.

Además, el parque 132 kV incorpora un (1) Transformador de tensión inductivo conectado a la fase central de cada uno de los embarrados que estarán formados por tubos de aluminio 120/100 mm.

También, el parque 132 kV incorpora dos (2) juegos de tres (3) Transformadores de tensión para servicios auxiliares conectados a cada uno de los embarrados.

7.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES

7.2.1 Posiciones de línea

El módulo híbrido compacto de línea contiene las funciones de interruptor automático, seccionadores, seccionador de puesta a tierra y transformador de intensidad. Las características de cada uno de estos elementos se exponen a continuación:

Características asignadas del seccionador

Tensión más elevada para el material	kV	145
Intensidad nominal	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	31,5
Tensión aux. alimentación motor y accionamiento	V _{cc}	125

Características asignadas del interruptor automático

Tensión más elevada para el material	kV	145
Tipo de fluido para aislamiento y corte		SF ₆ -AIR
Corriente asignada en servicio continuo líneas	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	40
Valor de cresta de la corriente admisible (corta duración (límite dinámico))	kA	100
Secuencia de maniobra	msec	O-0,3s-CO-1min-CO
Tiempo de apertura	msec	< 50
Tiempo de cierre	msec	< 150
Tiempo de cierre-apertura	msec	< 50

Características asignadas de los transformadores de intensidad

Nivel de aislamiento	kV	145
Relación de transformación	A	1.000-2.000/5 1.000-2.000/5 1.000-2.000/5
Potencias y clases de precisión		
1º Arrollamiento	30 VA cl.0,5-5P20	Fs<10
2º Arrollamiento	30 VA cl. 5P20	
3º Arrollamiento	30 VA cl. 5P20	

Características asignadas del seccionador P.A.T.

Tensión más elevada para el material	kV	145
Intensidad nominal	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	31,5
Tensión aux. alimentación motor y accionamiento	V _{cc}	125

Fuera de los componentes del módulo híbrido quedan los transformadores de tensión y las autoválvulas y el seccionador de barras que tendrán las siguientes características:

Características asignadas de los transformadores de tensión inductivos

Nivel de aislamiento	kV	145
Relación de transformación	kV	132:√3/0,11:√3-0,11:√3
Potencias y clases de precisión		
1º Arrollamiento	25 VA cl.0,5-3P	
2º Arrollamiento	25 VA cl.0,5-3P	

Características asignadas de las autoválvulas

Tensión más elevada para el material	kV	145
Tensión nominal	kV	120
Tensión de operación continua	kV	92
Intensidad nominal de descarga	kA	10
Clase de descarga		3

Características asignadas del seccionador

Tensión más elevada para el material	kV	145
Intensidad nominal	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	31,5

7.2.2 Posición de transformador

El módulo híbrido compacto de transformador contiene las funciones de interruptor automático, seccionadores, seccionador de puesta a tierra y transformador de intensidad. Las características de cada uno de estos elementos se exponen a continuación

Características asignadas del seccionador

Tensión más elevada para el material	kV	145
Intensidad nominal	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	31,5
Tensión aux. alimentación motor y accionamiento	V _{cc}	125

Características asignadas del interruptor automático

Tensión más elevada para el material	kV	145
Tipo de fluido para aislamiento y corte		SF ₆
Corriente asignada en servicio continuo líneas	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	40
Valor de cresta de la corriente admisible (de corta duración (límite dinámico))	kA	100
Secuencia de maniobra	msec	O-0,3s-CO-1min-CO
Tiempo de apertura	msec	< 50
Tiempo de cierre	msec	< 150
Tiempo de cierre-apertura	msec	< 50

Características asignadas de los transformadores de intensidad

Nivel de aislamiento	kV	145
Relación de transformación	A	1.000-2.000/5 1.000-2.000/5 1.000-2.000/5
Potencias y clases de precisión		
1º Arrollamiento		30 VA cl. 0,5-5P20
2º Arrollamiento		30 VA cl. 5P20
3º Arrollamiento		30 VA cl. 5P20

Fuera de los componentes del módulo híbrido quedan los transformadores de intensidad para RPM, los transformadores de tensión para RPM, las autoválvulas y el seccionador de barras que tendrán las siguientes características:

Características asignadas de los transformadores de intensidad para RPM

Nivel de aislamiento	kV	145
Relación de transformación	A	1.000-2.000/5 1.000-2.000/5 1.000-2.000/5 1.000-2.000/5
Potencias y clases de precisión		
1º Arrollamiento		10 VA cl.0,2s Fs<5
2º Arrollamiento		20 VA cl. 0,5 Fs<10
3º Arrollamiento		30 VA cl. 5P30
4º Arrollamiento		30 VA cl. 5P30

Características asignadas de los transformadores de tensión inductivos para RPM

Nivel de aislamiento	kV	145
Relación de transformación	kV	132:√3/0,11:√3- 0,11:√3-0,11:√3
Potencias y clases de precisión		
1º Arrollamiento		25 VA cl.0,2
2º Arrollamiento		25 VA cl.0,5-3P
3º Arrollamiento		25 VA cl.0,5-3P

Características asignadas de las autoválvulas

Tensión más elevada para el material	kV	145
Tensión nominal	kV	120
Tensión de operación continua	kV	92
Intensidad nominal de descarga	kA	10
Clase de descarga		3

Características asignadas del seccionador de barras

Tensión más elevada para el material	kV	145
Intensidad nominal	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	31,5

7.2.3 Posición de acoplamiento de barras

El módulo híbrido compacto de acoplamiento contiene las funciones de interruptor automático, seccionador y transformador de intensidad. Las características de cada uno de estos elementos se exponen a continuación:

Características asignadas del seccionador

Tensión más elevada para el material	kV	145
Intensidad nominal	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	31,5
Tensión aux. alimentación motor y accionamiento	V _{cc}	125

Características asignadas del interruptor automático

Tensión más elevada para el material	kV	145
Tipo de fluido para aislamiento y corte		SF ₆
Corriente asignada en servicio continuo líneas	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	40
Valor de cresta de la corriente admisible de cor duración (limite dinámico)	kA	100

Secuencia de maniobra	msec	O-0,3s-CO- 1min-CO
Tiempo de apertura	msec	< 50
Tiempo de cierre	msec	< 150
Tiempo de cierre-apertura	msec	< 50

Características asignadas del transformador de intensidad

Nivel de aislamiento	kV	145
Relación de transformación	A	1.000-2.000/5 1.000-2.000/5
Potencias y clases de precisión		
1º Arrollamiento		30 VA cl. 5P20
2º Arrollamiento		30 VA cl. 5P20

Fuera de los componentes del módulo híbrido queda el seccionador de barras que tendrá las siguientes características:

Características asignadas del seccionador de barras

Tensión más elevada para el material	kV	145
Intensidad nominal	A	2.000
Corriente admisible de corta duración (1 seg)	kA	31,5

7.2.4 Posiciones de barras**Características asignadas de los transformadores de tensión inductivo**

Nivel de aislamiento	kV	145
Relación de transformación	kV	132:√3/0,11:√3- 0,11:√3
Potencias y clases de precisión		
1º Arrollamiento		25 VA cl.0,5-3P
2º Arrollamiento		25 VA cl.0,5-3P

Características asignadas de los transformadores de tensión para SSAA

Nivel de aislamiento	kV	145
Relación de transformación	kV	132:√3/0,42:√3
Potencia por PVT	kVA	50
Potencia Trifásica	kVA	150

7.2.5 Barras generales**Características asignadas**

Conductor		Tubo Al
Diámetro exterior /interior	mm	120/100
Sección	mm ²	3.456
Intensidad admisible	A	3.700

7.2.6 Conductores desnudos

Las conexiones entre apartamento en las posiciones de línea se realizarán con conductor de las siguientes características:

Características asignadas

Naturaleza del conductor		Al-Ac
Denominación		LA-455 (Condor)
Sección real	mm ²	454,5
Diámetro aparente del cable	mm	27,72
Intensidad admisible AT=40º	A	806,66
Nº de conductores por fase		1
Peso	Kg/m	1,521

Las conexiones entre apartamento en la posición de transformador TR1 al nivel de 132kV se realizarán con conductor tipo dúplex de las siguientes características:

Características asignadas

Naturaleza del conductor		Al-Ac
Denominación		LA-455 (Condor)
Sección real	mm ²	454,5
Diámetro aparente del cable	mm	27,72
Intensidad admisible AT=40º	A	806,66
Nº de conductores por fase		2
Peso	Kg/m	1,521

Las conexiones entre apartamento en la posición de unión de barras al nivel de 132kV se realizarán con conductor tipo triplex de las siguientes características:

Características asignadas

Naturaleza del conductor		Al-Ac
Denominación		LA-455 (Condor)
Sección real	mm ²	454,5
Diámetro aparente del cable	mm	27,72
Intensidad admisible AT=40º	A	806,66
Nº de conductores por fase		3
Peso	Kg/m	1,521

8. SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL Y PROTECCIÓN

El Sistema Integrado de Control y Protección (en adelante SICOP) es un sistema de arquitectura distribuida, formado por dos niveles jerárquicos diferenciados:

- Nivel de instalación:
 - Unidad de Control de Subestación (UCS).
 - Terminal de Operación Local.
 - Terminal de Teleacceso
- Nivel de posición:
 - Unidades de Control de Posición (UCP)
 - Concentradores de posiciones de MT o de AT.

Entre ambos niveles deberán existir dos redes de comunicación:

- Red de comunicaciones UCS – UCPs
- Red de comunicaciones UCPs – Terminal Teleacceso

El SICP toma como referencia lo establecido en la norma de EDE SNC006

El SICP incorporará las funciones de control local, telecontrol, protección y medida de todas las posiciones de la subestación incluido los Servicios Auxiliares tanto de corriente continua como de corriente alterna.

8.1 UNIDAD DE CONTROL DE SUBESTACIÓN (UCS)

La Unidad de Control de Subestación (UCS) constituirá un elemento central para el control de toda la subestación de un modo unificado y servirá de unidad maestra para el control de las comunicaciones con los Centros de Control, con todas las Unidades de Control de Posición (UCP), con el Terminal Local, etc.

Las principales funciones que realiza la UCS son:

- Comunicación con las Unidades de Control de Posición (UCP).
- Configuración local y remota de la Base de Datos del SICP.
- Salvaguarda del Registro Histórico de señales y mandos de la instalación, para su consulta local o remota.
- Implementación de los Tratamientos de Campo y Tratamientos de Telecontrol.
- Comunicación con el Terminal de Operación Local.
- Comunicación con el Centro de Control (On-line y Backup) en protocolo IEC 60870-5101/104 balanceado perfil Endesa.
- Comunicación con los sistemas de análisis de incidencias y monitorización.
- Sincronización horaria desde la Red de Comunicaciones y desde equipos locales (GPS).
- Sincronización horaria de todas las UCPs y del Terminal de Operación Local.

Estos equipos deberán estar dotados con el hardware necesario para soportar el estándar de comunicaciones internacional IEC 61850, independientemente de los requerimientos definidos en la norma de referencia indicada.

8.2 TERMINAL DE OPERACIÓN LOCAL

Las principales funciones que realiza el Terminal de Operación Local:

- Comunicación con el equipo UCS.
- Supervisión de la instalación: topología, alarmas, medidas a través de los diagramas mímicos dinámicos de la subestación.
- Mando local de los dispositivos de maniobra motorizados y del estado de los automatismos.
- Supervisión del sistema integrado: alarmas internas, estado de las comunicaciones con las UCPs, etc. a través de los diagramas mímicos.
- Presentación de alarmas presentes y funciones de reconocimiento de las mismas.
- Salvaguarda del Registro Histórico de señales recibido de la UCS en HD dedicado a registros.
- Generación del Registro Histórico de medidas y salvaguarda en HD dedicado a registros.
- La configuración de la aplicación Terminal Local se realiza a partir de los ficheros generados por la aplicación de generación de base de datos del SICP. El formato de estos ficheros se definirá en la norma de referencia indicada.

8.3 TERMINAL DE TELEACCESO

El terminal de teleacceso es un gateway inteligente que hace de puente entre el sistema central de análisis de incidentes y telemantenimiento y las UCPs que están en los armarios de posición.

Este equipo deberá ser compatible con los sistemas EDE e incorporar las aplicaciones y protocolos que permitan acceder y/o descargar desde el exterior, a través de la red de comunicaciones de EDE, oscilos, eventos, alarmas y ajustes de las protecciones de forma inmediata.

8.4 UNIDAD DE CONTROL DE POSICIÓN (UCP)

Las funciones y características principales de estos equipos son:

- Comunicación con el equipo UCS. El número de puertos de comunicaciones que debe disponer, así como el tipo de medios físicos a emplear dependerán del tipo de UCP.
- Protocolo DNP3.0 o IEC60870-5-103 para comunicaciones entre UCP de protección y UCS.
- El protocolo empleado para las comunicaciones de teleacceso será IEC61850.
- Datado de eventos y alarmas con fecha y hora.
- Gestión de alarmas internas de la propia UCP.
- Estos equipos se montarán en los armarios de cada posición.
- Respecto a las características eléctricas, funcionales y cantidad tanto para las entradas y salidas digitales como de medida, así como las características constructivas, ambientales y de compatibilidad electromagnéticas.

8.5 CONCENTRADORES DE POSICIONES DE MT O DE AT

Estos concentradores son necesarios en determinados casos según el número de posiciones y UCPs de la instalación

9. SISTEMA DE PROTECCIONES

9.1 LÍNEAS 132 KV.

- Protección de distancia (21)
- Protección de sobreintensidad direccional (67)
- Protección diferencial de Línea (87L)
- Protección de sincronismo para control de cierre de la línea (25)
- Reenganchador trifásico (79)

9.2 TRANSFORMADOR TR1 400/132-110/26,4 KV

- Protección diferencial de Transformador (87T)
- Protección de sobreintensidad para faltas entre fases en AT (50/51)
- Protección de sobreintensidad para faltas entre fases en MT (50/51)
- Protección de subfrecuencia (81m)
- Sistema de protecciones propias del transformador formado por:
 - Protección térmica mediante termostato y termómetro.
 - Protección Buchholz.
 - Protección de presión interna.
 - Protección de nivel de aceite.
 - Protección de ventiladores.
 - Protección de regulador.

9.3 POSICIÓN DE BARRAS 132 KV

- Protección diferencial de Barras (87B)
- Protección de sincronismo (25)
- Protección de interruptor (50S/62)

10. SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES

10.1 SERVICIOS AUXILIARES DE C.A

Función:

La función del sistema de servicios auxiliares de corriente alterna será la alimentación de las siguientes cargas:

- Cargador de las baterías de corriente continua.
- Alumbrado y fuerza de la subestación.
- Regulador en carga y ventiladores del transformador de potencia.
- Armarios de Comunicaciones.
- Sistema anti-intrusismo

Transformadores de tensión de Servicios Auxiliares

Se instalarán dos (2) juegos de tres (3) Transformadores de tensión para servicios auxiliares conectados a cada uno de los embarrados de 132 kV. Las características de transformadores de tensión para servicios auxiliares serán las siguientes

Características Transformador de tensión de Servicios Auxiliares

Tensión más elevada	kV	145
Tensión de servicio	kV	0,42
Relación de transformación	kV	132:√3/0,42:√3
Potencia del transformador de tensión	kVA	50
Potencia trifásica del juego de transformador de tensión para servicios auxiliares	kVA	150

10.2 SERVICIOS AUXILIARES DE C.C

Función:

La función del sistema de servicios auxiliares de corriente continua será la alimentación de las siguientes cargas:

- Circuitos de control, protecciones y alarmas.

Equipos de C.C:

La alimentación de corriente continua se realizará a partir de 2 sistemas independientes de baterías (batería 1 y batería 2) conectables entre sí en caso de fallo de un sistema. La alimentación a las baterías se realizará mediante equipos rectificadores ubicados en los propios armarios de las baterías, la capacidad de cada módulo será de 100 Ah. Los distintos servicios que se alimentan de corriente continua 125 V c.c. lo realizarán desde el sistema de batería 1 o desde el de batería 2, mediante unos embarrados adecuados a la intensidad a distribuir y los interruptores de protección necesarios para cada circuito de salida.

Estará constituido por:

- Tres (3) equipos rectificadores + batería como batería 1 125 Vcc.
- Dos (2) equipos rectificadores + batería como batería 2 125 Vcc.
- Dos (2) equipos rectificadores + batería 48 Vcc.

La distribución se realizará mediante los Cuadros de Servicios Auxiliares de corriente continua.

Características del Equipo Cargador-Batería de 125 V.

Características generales		
Tensión nominal	V	125 + 10% .15 %
Consumo en permanencia	A	10
Características de la batería		
Tipo	kVA	250
Nº de elementos		Estacionaria Ni-Cd
Tensión de flotación		92
Capacidad nominal	V	1,4 por elemento
Régimen de descarga	Ah	100
Características del cargador		
Tensión de salida estabilizada		Medio (5h)
Factor de rizado		1 %
Intensidad de salida	A	2 %
		15

11. SISTEMA DE FACTURACIÓN (R.P.M.)

Se instalarán contadores principales y comprobantes en el transformador 1, para medir la energía intercambiada entre E-Distribución y REE a través del transformador 1. Los contadores estarán alimentados mediante los transformadores de tensión e intensidad a instalar a ambos lados del transformador, en los niveles de tensión de 400 kV y 132 kV.

12. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

12.1 RED DE TIERRA INFERIOR

La instalación general de puesta a tierra inferior cumplirá las siguientes funciones:

- Proteger al personal y equipo contra potenciales peligrosos.
- Proporcionar un camino a tierra para las intensidades originadas por descargas atmosféricas, por acumulación de descargas estáticas o por defectos eléctricos.
- Referenciar el potencial del circuito respecto a tierra.
- Facilitar a los elementos de protección el despeje de falta a tierra.

Características del sistema:

El sistema de puesta a tierra estará formado por:

- Electrodo de puesta a tierra que será una malla enterrada de cable de cobre de 120 mm². Los conductores en el terreno se tenderán formando una retícula, estando dimensionado de manera que al dispersar la máxima corriente de fallo las tensiones de paso y de contacto estén dentro de los límites admisibles según la ITC-RAT-13.
- Líneas de tierra que serán conductores de cobre desnudo de 120 mm². o pletina de cobre de 25x3 que conectarán los elementos que deban ponerse a tierra al electrodo de acuerdo a las instrucciones generales y particulares de puesta a tierra.

Instrucciones generales de puesta a tierra

Puesta a tierra de protección

Se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectarán a las tierras de protección, salvo las excepciones señaladas en los apartados que se citan, entre otros, los siguientes elementos:

- a) Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- b) Los envoltorios de los conjuntos de armarios metálicos.
- c) Las puertas metálicas de los locales.
- d) Las vallas y las cercas metálicas.
- e) Los soportes, etc.
- f) Las estructuras y armaduras metálicas del edificio que contendrá la instalación de alta tensión.
- g) Los blindajes metálicos de los cables.
- h) Las tuberías y conductos metálicos.
- i) Las carcasas de los transformadores.

Puesta a tierra de servicio

Se conectarán a las tierras de servicio los elementos de la instalación, y entre ellos:

- a) Los neutros de los transformadores de potencia y los neutros de B.T. de los transformadores de S.A.
- b) Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- c) Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Interconexión de las instalaciones de tierra

Las puestas a tierra de protección y de servicio de una instalación deberán conectarse entre sí, constituyendo una instalación de tierra general.

12.2 RED DE TIERRA AÉREA

Para la protección de la subestación frente a descargas atmosféricas (frente de onda escarpado tipo rayo), se instalará una red de protección aérea basada en la colocación sobre los pórticos de amarre de las líneas y sobre estructuras metálicas aisladas, pararrayos normalizado tipo Punta Franklin según Norma UNE 62305 y también se instalarán cables de guarda.

13. SISTEMA DE ALUMBRADO

Alumbrado exterior

Estará constituido por:

- Proyector LED de 250 W

Alumbrado interior

Estará constituido por:

- En la sala de celdas se utilizarán proyectores con lámparas de vapor de sodio sobre proyector
- En salas auxiliares se utilizan luminarias adosadas con dos reflectores NLD 100, equipo de arranque 2MT V, 50 Hz AF2 y dos tubos fluorescentes TLD 36 W.

Alumbrado de emergencia

Para el alumbrado de emergencia se instalan lámparas con fuentes propias de energía con una iluminación mínima de 10 lux, en régimen de emergencia y de 1 lux en régimen de señalización. Estas lámparas estarán previstas para entrar en funcionamiento al producirse el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70 % de su valor nominal

14. LIMITACIÓN DE EMISIONES ACÚSTICAS

Las instalaciones objeto de este proyecto deberán cumplir con el apartado 3.16. "Limitación del nivel de ruido emitido por instalaciones de alta tensión" establecido en la ITC-RAT 15:

"Con objeto de limitar el ruido originado por las instalaciones de alta tensión, éstas se dimensionarán y diseñarán de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústica establecidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá realizar, por control estadístico o a petición de parte interesada, inspecciones con sus propios medios o delegar dichas mediciones en organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas de ruido."

Las actuaciones incluidas en el alcance de este proyecto implican nuevas fuentes de ruido, debiendo cumplir con los límites permitidos por la zona de sensibilidad acústica según la normativa vigente correspondiente.

15. NORMATIVA PREVENCIÓN DE INCENDIOS

De acuerdo con el RD 2267/04, respecto a su configuración y ubicación, la Subestación presenta dos tipos de establecimiento, tipo E la parte ocupada por el parque intemperie, puesto que ocupa un espacio abierto con una cobertura no mayor del 50% de la superficie ocupada, y tipo C el edificio de control, como establecimiento industrial que ocupa totalmente un edificio y se encuentra a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos.

En el Anexo Nº 3 se adjunta la documentación referente a la Normativa de Protección Contra incendios.

15.1 PARQUE INTEMPERIE

En aplicación de las prescripciones del apartado 6.1 de la ITC-RAT 15 se utilizarán materiales que prevengan y eviten la aparición de fuego y su propagación a otros puntos de la instalación a la exterior.

La superficie del parque de la S.E. estará recubierta de una capa de grava a la que se tratará con herbicidas para evitar el crecimiento de hierbas que supongan al secarse riesgo de incendio.

Los transformadores contarán con dispositivos de protección (Interruptores automáticos de corte en SF₆) que los desconectan del resto de la red ante situaciones en las que se pudiera dar peligro de incendio como cortocircuitos, sobrecargas y otras causas que puedan suponer calentamientos excesivos. También se ha previsto un sistema de recogida de aceite.

15.2 EDIFICIO

Se aplicará las prescripciones del apartado 5.1 de la ITC-RAT 14 para prevención de incendios en el edificio de la S.E. con lo que no será necesaria la instalación de un equipo fijo de extinción de incendios.

Para la determinación de las protecciones contra incendios a que puedan dar lugar las instalaciones eléctricas de alta tensión, además de otras disposiciones específicas en vigor, tal y como se indica en la ITC-RAT 14, se tendrá en cuenta:

- La posibilidad de propagación del incendio a otras partes de la instalación.
- La posibilidad de propagación del incendio al exterior de la instalación, por lo que respecta a daños a terceros.
- La presencia o ausencia de personal de servicio permanente en la instalación.
- La naturaleza y resistencia al fuego de la estructura del edificio y de sus cubiertas.
- La disponibilidad de medios públicos de lucha contra incendios.

Con carácter general se aplicará lo indicado por el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico – Seguridad en caso de Incendio (CTE-DB-SI), en lo que respecta a las características de los materiales de construcción, resistencia al fuego de las estructuras, compartimentación, evacuación, y en particular, sobre aquellos aspectos que no hayan sido recogidos en este Reglamento y afecten a la edificación.

Tal y como indica la ITC-RAT 14 se colocará un extintor (como mínimo) de eficacia 89B en aquellas instalaciones en las que no sea obligatoria la disposición de un sistema fijo. Este extintor deberá colocarse siempre que sea posible en el exterior de la instalación para facilitar su accesibilidad y, en cualquier caso, a una distancia no superior a 15 metros de la misma.

16. NORMATIVA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

Las actuaciones incluidas dentro del alcance de este proyecto suponen modificaciones sobre la iluminación en la zona, de manera que se deberá cumplir con lo establecido en el RD 1890/2008, "Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07", así como con la legislación autonómica aplicable referente a contaminación lumínica y protección del ambiente nocturno.

17.SISTEMA DE SEGURIDAD

17.1 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El alcance de los sistemas de protección contra incendios será el siguiente:

Sistema automático de detección de incendios

Consistirá en un sistema de detección mediante detectores de humo del tipo iónico, en sala de control, baterías y telecomunicaciones, de doble cámara de ionización y en un sistema de alarmas mediante pulsadores manuales localizados en puntos estratégicos con el fin de que el personal que primero localice un incendio pueda dar la alarma sin esperar la actuación del sistema de detección.

Se instalará una central de alarmas y señalización con capacidad para todas las zonas de detección.

Extintores móviles

Se instalarán en el interior del edificio extintores móviles de 3,5 Kg. en sala de control de capacidad de CO₂.

Ubicado en las cercanías de los transformadores de potencia se instalará un extintor móvil de 25 Kg. de polvo polivalente.

17.2 PROTECCIÓN CONTRA INTRUSISMO

Se ha previsto dotar al parque de un sistema de detección de intrusismo con emisores-células receptoras, cuyas señales irán a parar al sistema general de alarmas situado en el interior del edificio.

18. LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS

El Real Decreto 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 emisiones radioeléctricas, establece unos límites de exposición máximos que se deberán de cumplir en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas.

En este caso, los circuitos eléctricos objeto de proyecto que generarán valores de campo magnético mayores serán los que circule por ellos una mayor intensidad.

Según establece el apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, en el diseño de las instalaciones se adoptarán las medidas adecuadas para minimizar, en el exterior de las instalaciones de alta tensión, los campos electromagnéticos creados por la circulación de corriente a 50 Hz, en los diferentes elementos de las instalaciones.

Particularmente, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones de diseño con objeto de minimizar los campos magnéticos generados:

- El tendido de los cables de potencia de alta y baja tensión se realizará de modo que las tres fases de una misma terna estén en contacto con una disposición al tresbolillo.
- Se procurará que las interconexiones sean lo más cortas posibles y se diseñarán evitando paredes y techos colindantes con zonas habitadas.
- No se ubicarán cuadros de baja tensión sobre paredes medianeras con locales habitables y se procurará que el lado de conexión de baja tensión del transformador quede lo más alejado posible de estos locales.

En el Anexo Nº 6 del presente proyecto se incluye el desarrollo del cálculo del campo magnético producido en esta instalación. En los casos considerados estos valores están muy por debajo de los 100 μ T establecidos por el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, como nivel máximo de referencia.

Por lo tanto, se puede afirmar que la Subestación cumple la recomendación europea, y que el público no estará expuesto a campos electromagnéticos por encima de los recomendados en sitios donde pueda permanecer mucho tiempo.

No obstante, se recomienda realizar las mediciones oportunas una vez ejecutada la nueva subestación, para comprobar que, efectivamente, se cumple lo establecido en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.

19. NORMATIVA DE APLICACIÓN

- 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.
- R.D. 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.
- Ley 24/2013 de 26 de Diciembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 17/2007, Adaptación del SECTOR ELÉCTRICO a la Directiva 2003/54/CE (26/06/2003). "Normas comunes para el mercado interior de la electricidad"
- R.D. 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en las líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- R.D. 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- 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 emisiones radioeléctricas (excepto los Capítulos II, IV, V y el anexo I derogados por el R.D. 123/2017).
- R. D. 123/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico.
- R. D. 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Normas Básicas de la Edificación que sean de aplicación.
- Normas Tecnológicas de la Edificación que sean de aplicación.
- R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- R.D. 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Normas relativas a la Seguridad y Salud en el Trabajo, Construcción y Protección contra incendios en las instalaciones eléctricas de Alta y Baja Tensión.
- Normas UNE que sean de aplicación.
- Normas CEI que sean de aplicación.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Normas particulares de Grupo EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES S.L.U.
- Ordenanzas, Regulaciones y Códigos Nacionales, Autonómicos y Locales, que sean de aplicación.

20. PLAZO DE EJECUCIÓN

La duración de las obras contempladas en el presente proyecto será de 15 meses.

21. CONCLUSIONES

Expuesto el objeto de la presente Separata y considerando suficientes los datos en ella reseñados, la entidad peticionaria espera que las afecciones descritas sean informadas favorablemente por Red Eléctrica Grupo Redeia (REE) y se otorguen las autorizaciones correspondientes para su construcción y puesta en servicio

Zaragoza, Abril de 2024

El Ingeniero Industrial al servicio de SATEL



David Gavín Asso

Colegiado Nº 2.207 del C.O.I.I.A.R.

ANEXO Nº 1

RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

El presente documento describe la Relación de Bienes y Derechos Afectados por la ejecución de las instalaciones del Proyecto de la Subestación 400/132 kV “Amantes”, en los Términos Municipales de Teruel y Celadas, en la provincia de Teruel, cuyas características se definen en el resto de documentos del Proyecto.

La tabla que se presenta a continuación detalla las parcelas afectadas por el presente proyecto, indicando los propietarios de las mismas. Además, se incluyen las superficies de ocupación relacionadas con la plataforma de la subestación y los accesos a la misma.

PARCELAS AFECTADAS

Parcela Proyecto	Termino Municipal	Referencia Catastral	Polígono	Parcela	Superficie parcela (m²)	Ocupación pleno dominio Subestación (m²)	Ocupación pleno dominio Acceso (m²)	Ocupación temporal Subestación (m²)	Ocupación temporal Acceso (m²)	Naturaleza del Terreno
1	Teruel	44900A80200009	802	9	256.628	9.841	822	4.699	-	Labor, Labor Secano, Pastos
2	Celadas	44075A01509001	15	9001	9.292	-	-	-	359	Paso de ganado

ANEXO Nº 2
CÁLCULOS ELÉCTRICOS

ÍNDICE

1. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO	2
2. CÁLCULO DE INTESIDADES	5
3. JUSTIFICACIÓN DE CORTOCIRCUITO.....	6
4. CÁLCULO DE CONDUCTORES.....	7
4.1 NIVEL 400 KV.....	7
4.2 NIVEL 132 KV.....	8
5. CÁLCULO DE EMBARRADOS	11
5.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	11
5.2 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE.....	11
5.3 CÁLCULO MECÁNICO.....	11
5.3.1 ESFUERZO POR VIENTO	12
5.3.2 ESFUERZO POR HIELO.....	12
5.3.3 ESFUERZO POR PESO PROPIO.....	12
5.3.4 ESFUERZO DE LOS CONDUCTORES EN CORTOCIRCUITO.....	12
5.3.5 RESULTANTE DE TODAS LAS FUERZAS APLICADAS SOBRE EL CONDUCTOR	15
5.3.6 DEMOSTRACIÓN DE QUE EL CONDUCTOR SOPORTA LOS ESFUERZOS DE MANERA SIMULTÁNEA	16
5.3.7 ELONGACIÓN DEL CONDUCTOR.....	16
5.3.8 FLECHA DEL CONDUCTOR	17
6. CÁLCULO DE RED DE TIERRAS	18
6.1 RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA.....	18
6.2 TENSIONES DE PASO Y CONTACTO	18
6.3 COMPROBACIÓN DEL CONDUCTOR	20
7. TENSIONES MÁXIMAS DE PASO Y CONTACTO	21

1. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

Se pretende coordinar el aislamiento del conjunto de la aparamenta con los niveles de protección de las autoválvulas a instalar, así como calcular la distancia, medida a lo largo de las conexiones, que protegen dichas autoválvulas comprobando así su correcto funcionamiento.

Las autoválvulas elegidas son de ZnO por lo que las consideraciones técnicas para la elección de este tipo de autoválvulas es la siguiente:

- 1º Determinar la máxima tensión de operación del sistema. Para ello se utilizará la curva MCOV (Maximun Continuous Operating Voltage) de los pararrayos.
- 2º Considerar las sobretensiones temporales de onda 50 Hz, de tiempo apreciable (faltas a tierra, cortocircuitos, etc.)
- 3º Elegir el tipo de autoválvulas en función de los valores obtenidos en los dos puntos anteriores.
- 4º Verificar la coordinación de aislamiento a proteger con el nivel de protección de la autoválvula.

Nivel de 400 kV

En esta tensión, la elección del aislamiento debe hacerse principalmente en función de las sobretensiones debidas al rayo (sobretensión atmosférica)

Tensión más elevada de la red: 420 kV

BIL (Basic Impulse Insulation Level) de los aparatos: 1.425 kV

Conexión del neutro: Neutro rígido a tierra.

$$1^\circ U_{\max} = 420 \text{ kV} \quad ; \quad U_{\text{simple}} = \frac{420}{\sqrt{3}} = 242,49 \text{ kV}$$

En la gráfica que da el fabricante se observa que los pararrayos pueden soportar sobretensiones de 0,8 veces su valor nominal (U_r) durante tiempo indefinido.

$$U_1 = \frac{242,49}{0,8} = 303,11 \text{ kV}$$

Lo cual indica que la autoválvula de 303,11 kV puede soportar continuamente 242,49 kV sin descargar.

2º Aplicando el coeficiente de defecto a tierra que es 1/4 de la tensión simple máxima y admitiendo un tiempo de despeje de la falta de 2 segundos tendremos:

$$U_2 = \frac{U_{\text{simple}} \cdot 1,4}{K_t} = \frac{242,49 \cdot 1,4}{1,03} = 328,64 \text{ kV}$$

Donde K_t es la capacidad de la autoválvula contra sobretensiones temporales, el cual depende del tiempo de duración de la sobretensión y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K_t = \frac{1}{\left(\frac{t}{10}\right)^{0,02}}$$

Siendo "t" el tiempo de duración de la sobretensión dado en segundos.

Es decir, eligiendo una autoválvula de 328,64 kV se podría soportar una sobretensión de un 80 % durante 2 segundos.

3º Se elige el tipo de pararrayos de manera que la tensión nominal sea de un valor comercial superior a la mayor de las dos tensiones nominales calculadas (U_1 y U_2), en este caso 330 kV.

La clase se fija considerando la máxima corriente de descarga que se pueda presentar en caso de un cortocircuito. En este caso "Station type" de 20 kA.

La tensión residual es 854 kV.

$$4^\circ \left(\frac{\text{BIL}}{\text{Tensión residual}} \right) \geq 1'4 \quad \frac{1.425}{854} = 1,67 \geq 1'4$$

Por consiguiente, cumple la coordinación de seguridad exigida

Nivel de 132 kV

En esta tensión, la elección del aislamiento debe hacerse principalmente en función de las sobretensiones debidas al rayo (sobretensión atmosférica)

Tensión más elevada de la red: 145 kV

BIL (Basic Impulse Insulation Level) de los aparatos: 650 kV

Conexión del neutro: Neutro rígido a tierra.

$$1^\circ U_{\max} = 145 \text{ kV} \quad ; \quad U_{\text{simple}} = \frac{145}{\sqrt{3}} = 83,72 \text{ kV}$$

En la gráfica que da el fabricante se observa que los pararrayos pueden soportar sobretensiones de 0,8 veces su valor nominal (U_r) durante tiempo indefinido.

$$U_1 = \frac{83,72}{0,8} = 104,653 \text{ kV}$$

Lo cual indica que la autoválvula de 104,64 kV puede soportar continuamente 83,72 kV sin descargar.

2º Aplicando el coeficiente de defecto a tierra que es 1'4 de la tensión simple máxima y admitiendo un tiempo de despeje de la falta de 2 segundos tendremos:

$$U_2 = \frac{U_{\text{simple}} \cdot 1,4}{K_t} = \frac{83,72 \cdot 1,4}{1,03} = 113,79 \text{ kV}$$

Donde K_t es la capacidad de la autoválvula contra sobretensiones temporales, el cual depende del tiempo de duración de la sobretensión y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K_t = \frac{1}{\left(\frac{t}{10} \right)^{0,02}}$$

Siendo "t" el tiempo de duración de la sobretensión dado en segundos.

Es decir, eligiendo una autoválvula de 113,79 kV se podría soportar una sobretensión de un 80 % durante 2 segundos.

3º Se elige el tipo de pararrayos de manera que la tensión nominal sea de un valor comercial superior a la mayor de las dos tensiones nominales calculadas (U_1 y U_2), en este caso 120 kV.

La clase se fija considerando la máxima corriente de descarga que se pueda presentar en caso de un cortocircuito. En este caso "Station type" de 10 kA.

La tensión residual es 311 kV.

$$4^\circ \left(\frac{BIL}{\text{Tensión residual}} \right) \geq 1'4 \qquad \frac{650}{311} = 2,09 \geq 1'4$$

Por consiguiente, cumple la coordinación de seguridad exigida

2. CÁLCULO DE INTESIDADES

INTENSIDAD POSICIÓN TRANSFORMADOR TR1 400/132-110/26,4 kV- NIVEL 400 kV

La intensidad en la nueva posición de transformador TR1 400/132-110/26,4 kV de 315 MVA en la parte de 400 kV viene dada por la expresión:

$$I_{T_{400kV}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{315.000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 454,66 \text{ A}$$

Donde:

P = Potencia aparente del transformador de potencia en kVA.

V = Tensión nominal de la línea en kV.

I = Intensidad en la posición en A.

INTENSIDAD POSICIÓN TRANSFORMADOR TR1 400/132-110/26,4 kV- NIVEL 132 kV

La intensidad en la nueva posición de transformador TR1 400/132-110/26,4 kV de 315 MVA en la parte de 132 kV viene dada por la expresión:

$$I_{T_{132kV}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{315.000}{\sqrt{3} \cdot 132} = 1.377,77 \text{ A}$$

Donde:

P = Potencia aparente del transformador de potencia en kVA.

V = Tensión nominal de la línea en kV.

I = Intensidad en la posición en A.

3. JUSTIFICACIÓN DE CORTOCIRCUITO

A partir de las potencias de cortocircuito trifásico de la red externa a la red propia prevista a medio plazo, y para tensiones nominales de red, sin tener en cuenta la componente capacitiva de las líneas, se han simulado los fallos trifásicos mediante un programa de cálculo de corrientes de cortocircuito.

Con la red actualizada y considerando la peor situación de explotación, los valores obtenidos en barras de 132 kV son:

- Falta trifásica: 3,6 kA
- Falta monofásica: 3,7 kA

Con la red actualizada y considerando la peor situación de explotación, los valores obtenidos en la parte de 400 kV son:

- Falta trifásica: 14,4 kA
- Falta monofásica: 12,8 kA

Se va a instalar:

- En las nuevas posiciones de línea, en la posición de unión de barras y en la posición de transformador en el nivel de 132 kV, aparamenta con una intensidad admisible de cortocircuito de 40 kA.
- En la nueva posición de transformador en el nivel de 400 kV, aparamenta con una intensidad admisible de cortocircuito de 40 kA.

De esta forma se asegura que podrán dar servicio durante toda su vida útil, aunque aumente considerablemente la potencia instalada en la red.

4. CÁLCULO DE CONDUCTORES

4.1 NIVEL 400 kV

CONDUCTORES POSICIÓN TRANSFORMADOR TR1

La conexión entre las bornas de la apartamentada de la posición de transformador TR1 en el nivel de 400 kV se realizará mediante cable triplex desnudo de aluminio acero, tipo LA-455, de 454,5 mm² de sección y diámetro exterior 27,72 mm, que para una temperatura ambiente de 40 °C, con sol y sin viento, admite una intensidad 806,66 A (por conductor).

La intensidad máxima admisible según el reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión vigente, puede transportar ese conductor es de:

$$I_{\max} = n \cdot D \cdot S \cdot k$$

Donde:

n = Número de conductores.

D = Es la densidad de corriente reglamentaria admisible según la sección del cable en A/mm² (Obtenida mediante interpolación lineal)

S = Sección del cable en mm².

K = Es un coeficiente que depende de la composición del cable.

n = Número de conductores.

En nuestro caso tenemos que:

$$n = 3$$

$$D = 1,868 \text{ A/mm}^2$$

$$S = 454,5 \text{ mm}^2$$

$$K = 0,95$$

Por lo tanto:

$$I_{\max} = 2.419,67 \text{ A.}$$

La corriente de cortocircuito admisible se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} = \frac{93 \cdot 454,5}{\sqrt{1}} = 42,27 \text{ kA}$$

Siendo:

K = Coeficiente de valor 93 para aluminio y 143 para cobre.

S = Sección del conductor en mm².

t = Duración del cortocircuito en segundos.

Superior al valor máximo de Icc en la parte de 400 kV (14,4 kA).

4.2 NIVEL 132 kV

CONDUCTORES POSICIÓN TRANSFORMADOR TR1

La conexión entre las bornas de la apartamentada y embarrados de 132 kV de la posición de transformador TR1 se realizará mediante cable dúplex desnudo de aluminio acero, tipo LA-455, de 454,5 mm² de sección y diámetro exterior 27,72 mm, que para una temperatura ambiente de 40 °C, con sol y sin viento, admite una intensidad 806,66 A (por conductor).

La intensidad máxima admisible según el reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión vigente, puede transportar ese conductor es de:

$$I_{\max} = n \cdot D \cdot S \cdot k$$

Donde:

n = Número de conductores.

D = Es la densidad de corriente reglamentaria admisible según la sección del cable en A/mm² (Obtenida mediante interpolación lineal)

S = Sección del cable en mm².

K = Es un coeficiente que depende de la composición del cable.

n = Número de conductores.

En nuestro caso tenemos que:

$$n = 2$$

$$D = 1,868 \text{ A/mm}^2$$

$$S = 454,5 \text{ mm}^2$$

$$K = 0,95$$

Por lo tanto:

$$I_{\max} = 1.613,11 \text{ A.}$$

La corriente de cortocircuito admisible se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} = \frac{93 \cdot 454,5}{\sqrt{1}} = 42,27 \text{ kA}$$

Siendo:

K = Coeficiente de valor 93 para aluminio y 143 para cobre.

S = Sección del conductor en mm².

t = Duración del cortocircuito en segundos.

Superior al valor máximo de Icc en la parte de 132 kV (3,7 kA).

CONDUCTORES POSICIÓN UNIÓN DE BARRAS

La conexión entre las bornas de la apartamentada y embarrados de 132 kV de la posición de unión de barras se realizará mediante cable triplex desnudo de aluminio acero, tipo LA-455, de 454,5 mm² de sección y diámetro exterior 27,72 mm, que para una temperatura ambiente de 40 °C, con sol y sin viento, admite una intensidad 806,66 A (por conductor).

La intensidad máxima admisible según el reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión vigente, puede transportar ese conductor es de:

$$I_{\max} = n \cdot D \cdot S \cdot k$$

Donde:

n = Número de conductores.

D = Es la densidad de corriente reglamentaria admisible según la sección del cable en A/mm² (Obtenida mediante interpolación lineal)

S = Sección del cable en mm².

K = Es un coeficiente que depende de la composición del cable.

n = Número de conductores.

En nuestro caso tenemos que:

$$n = 3$$

$$D = 1,868 \text{ A/mm}^2$$

$$S = 454,5 \text{ mm}^2$$

$$K = 0,95$$

Por lo tanto:

$$I_{\max} = 2.419,67 \text{ A.}$$

La corriente de cortocircuito admisible se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} = \frac{93 \cdot 454,5}{\sqrt{1}} = 42,27 \text{ kA}$$

Siendo:

K = Coeficiente de valor 93 para aluminio y 143 para cobre.

S = Sección del conductor en mm².

t = Duración del cortocircuito en segundos.

Superior al valor máximo de Icc en la parte de 132 kV (3,7 kA).

CONDUCTORES POSICIONES DE LÍNEA

La conexión entre las bornas de la apartamenta y embarrados de 132 kV de las 2 posiciones de línea se realizará mediante cable desnudo de aluminio acero, tipo LA-455, de 454,5 mm² de sección y diámetro exterior 27,72 mm, que para una temperatura ambiente de 40 °C, con sol y sin viento, admite una intensidad 806,66 A.

La intensidad máxima admisible según el reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión vigente, puede transportar ese conductor es de:

$$I_{\max} = n \cdot D \cdot S \cdot k$$

Donde:

n = Número de conductores.

D = Es la densidad de corriente reglamentaria admisible según la sección del cable en A/mm² (Obtenida mediante interpolación lineal)

S = Sección del cable en mm².

K = Es un coeficiente que depende de la composición del cable.

n = Número de conductores.

En nuestro caso tenemos que:

$$n = 1$$

$$D = 1,868 \text{ A/mm}^2$$

$$S = 454,5 \text{ mm}^2$$

$$K = 0,95$$

Por lo tanto:

$$I_{\max} = 806,66 \text{ A.}$$

La corriente de cortocircuito admisible se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} = \frac{93 \cdot 454,5}{\sqrt{1}} = 42,27 \text{ kA}$$

Siendo:

K = Coeficiente de valor 93 para aluminio y 143 para cobre.

S = Sección del conductor en mm².

t = Duración del cortocircuito en segundos.

Superior al valor máximo de Icc en la parte de 132 kV (3,7 kA).

5. CÁLCULO DE EMBARRADOS

El embarrado rígido seleccionado para interconexión todas las posiciones de 132 kV del parque intemperie es tubo de aluminio Ø 120/100 mm de 3.456 mm² de sección.

5.1 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

La intensidad máxima admisible para el tubo de aluminio Ø 120/100 mm de 3.456 mm² de sección es de 3.700 A, muy superior a la intensidad nominal de la instalación calculada (1.377,77 A), no obstante, la utilización de este embarrado también se justifica por consideraciones mecánicas en cuanto vano admisible, en este caso el tubo admite hasta 20,2 m de vano, superior al vano existente en el embarrado (12 m).

5.2 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE

La corriente de cortocircuito admisible se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} = \frac{93 \cdot 3.456}{\sqrt{1}} = 321,408 \text{ kA}$$

Siendo:

K = Coeficiente de valor 93 para aluminio y 143 para cobre.

S = Sección del conductor en mm².

t = Duración del cortocircuito en segundos.

Superior al valor máximo esperado en la parte de 132 kV.

5.3 CÁLCULO MECÁNICO

A continuación, se presentan los cálculos justificativos del embarrado rígido. Los cálculos se basan en el procedimiento de cálculo recogido en la norma IEC 865.

Datos de diseño

- Tensión de trabajo (U)..... 132 kV.
- Intensidad de cortocircuito simétrica (I_{cc})..... 31,5 kA.
- Separación entre conductores (A)..... 2,5 metros.
- Distancia entre apoyos de una misma fase (L)..... 10 metros.
- Conductor..... Tubo Aluminio 120/100 mm.
- Diámetro exterior (d) 120 mm.
- Diámetro interior (di) 100 mm.
- Espesor (e) 10 mm.
- Sección (S) 3.456 mm².
- Peso del material (m) 9,33 kg/m.
- Momento de Inercia (J) 527,00 cm⁴.
- Momento resistente (W) 87,83 cm³.
- Módulo de Young (E) 70.000 N/mm².
- Límite de fluencia (R_{p02}) 1.700 Kg/cm².
- Conductividad 35 m/W mm².
- Coeficiente de dilatación (α) 0,023 mm/m°C.
- Esfuerzo del viento (Fv a 120 Km/h) 70 Kg/m².
- Altitud del terreno 1.204,25 m.

5.3.1 ESFUERZO POR VIENTO

La fuerza ejercida por el viento viene dada por la siguiente expresión:

$$F_v = q \cdot d \cdot L = 70 \cdot 0,12 \cdot 10 = 84 \text{ Kg}$$

Dónde:

q = Presión del viento a 120 Km/h, 70 Kg/m²

d = Diámetro exterior embarrado

L = Vano del embarrado

5.3.2 ESFUERZO POR HIELO

Según la ITC-LAT 07, para altitudes superiores a 1.000 m sobre el nivel del mar, la fuerza ejercida por el hielo viene dada por la siguiente expresión:

$$F_h = 0,36 \cdot \sqrt{d} = 0,36 \cdot \sqrt{120} \cdot 10 = 39,40 \text{ Kg}$$

d = Diámetro exterior embarrado

L = Vano del embarrado

5.3.3 ESFUERZO POR PESO PROPIO

La fuerza ejercida por el peso propio del embarrado viene dada por la siguiente expresión:

$$F_p = m \cdot L = 9,33 \cdot 10 = 93,3 \text{ Kg}$$

Dónde:

m = Peso del conductor

L = Vano del embarrado

5.3.4 ESFUERZO DE LOS CONDUCTORES EN CORTOCIRCUITO

Según la norma UNE-EN 60865-1, un conductor es capaz de soportar las fuerzas causadas por un cortocircuito cuando se cumple la siguiente condición:

$$\sigma_m \leq q R_p$$

Donde:

σ_m es la tensión en el conductor rígido (kg/cm²).

q es el factor de plasticidad, que depende de la geometría y de la sección del conductor.

R_p es el límite de fluencia (1.700 kg/cm²).

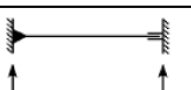
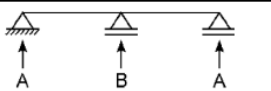
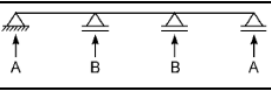
La tensión en conductores rígidos debido a los esfuerzos provocados por el cortocircuito viene determinada por la siguiente expresión:

$$\sigma_m = V_\sigma * V_r * \beta * \frac{F_m * L}{8 * W} = 371,84 \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

σ_m es la tensión en el conductor rígido (kg/cm²).
 V_σ factor que relaciona la tensión dinámica y estática del conductor.
 V_r factor que relaciona las tensiones mecánicas que pudieran originarse ante un posible reenganche automático trifásico del conductor.
 β factor correspondiente a la tensión mecánica de un conductor.
 W módulo resistente del conductor (87,83 cm³).
 L distancia entre apoyos (10 m).
 F_m fuerza producida por un cortocircuito trifásico (kg).

El factor β depende del tipo de apoyo del conductor y se obtiene mediante la tabla 1.

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.

Tabla 1. Factores α , β y γ para diferentes arreglos de soporte de barras.

De la tabla 1 obtenemos:

$$\gamma = 2,45$$

$$\beta = 0,73$$

Los factores V_σ y V_r se consiguen a partir de las tablas 2 y 3.

Para poder obtener los factores V_σ y V_r mediante las tablas 2 y 3 es necesario calcular la frecuencia propia de oscilación del conductor (f_c):

$$f_c = \frac{\gamma}{L^2} * \sqrt{\frac{E * J}{m}} = 4,87 \text{ Hz}$$

Donde:

- f_c frecuencia propia de oscilación del conductor (Hz).
 γ Factor estimado de frecuencia natural, determinado en la tabla 1.
 L distancia entre apoyos (10 m).
 E módulo de elasticidad del material considerado (70.000 N/mm²).
 J momento de inercia del tubo (527 cm⁴).
 m peso propio del conductor (9,33 kg/m).

Por último, para hallar los valores de V_σ y V_r , es necesario calcular la relación entre la frecuencia de oscilación propia del conductor y la frecuencia industrial (50 Hz):

$$\frac{f_c}{f} = 0,0974 \text{ Hz}$$

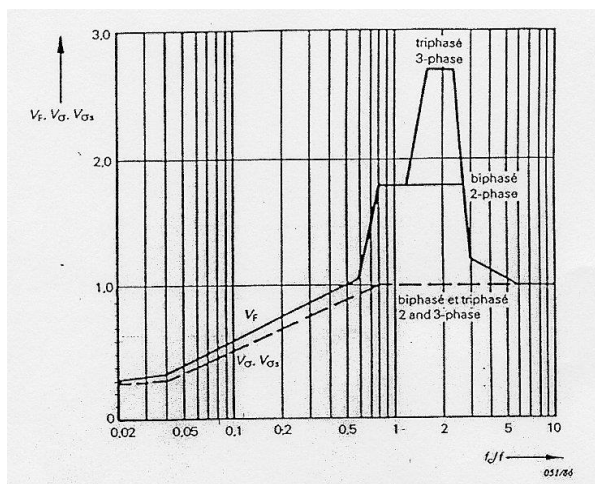


Tabla 2

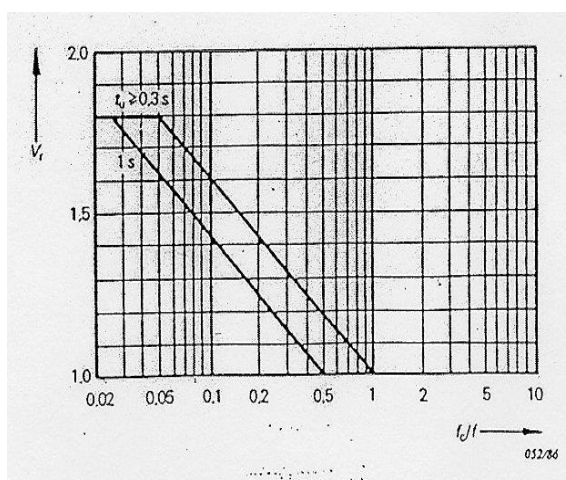


Tabla 3

De las tablas 2 y 3:

$$V_\sigma = 0,50 \text{ y } V_r = 1,55$$

Tal y como se ha indicado anteriormente, la fuerza producida por un cortocircuito (F_m) es uno de los parámetros que se han de determinar para realizar el cálculo de la tensión en el conductor rígido (σ_m).

$$F_m = \frac{\sqrt{3} * \mu_0}{2 * 2\pi} I_p^2 * \frac{L}{A} = 0,0204 * \frac{\sqrt{3}}{2} I_p^2 * \frac{L}{A} = 461,8 \text{ Kg}$$

Donde:

- I_p intensidad de cortocircuito en el caso de un cortocircuito trifásico equilibrado (kA).
 L distancia entre apoyos (10 m).
 a distancia entre fases (2,5 m).

El cálculo de I_p se realizará en función de la disposición del conductor. En el caso de embarrado o salida de línea, utilizaremos, según la norma UNE 21-239-94, la expresión:

$$I_p = k\sqrt{2}I_{3cc}$$

Donde:

I_{3cc} intensidad de defecto a tierra (31,5 kA).
 k factor de asimetría (1,81).

De esta forma, obtenemos:

$$\sigma_m = V_\sigma * V_r * \beta * \frac{F_m * L}{8 * W} = 371,84 \text{ Kg/cm}^2$$

Tal y como se ha mencionado al principio, debe cumplirse la siguiente condición:

$$\sigma_m \leq q R_p$$

Donde:

R_p : límite de fluencia, característico del material del cual está formado el conductor (1.700 kg/cm²).

q : factor de plasticidad, función de la relación entre el espesor del tubo (e) y el diámetro exterior del mismo (d).

Partiendo de valores $e=10$ mm y $d=120$ mm, tenemos que $q=1,38$

$$q = 1,7 * \frac{1 - C^3}{1 - C^4} = 1,38$$

$$C = 1 - 2 * \frac{e}{d} = 0,8333$$

Por lo que se cumple:

$$\sigma_m \leq q R_p$$

$$371,84 \text{ Kg/cm}^2 \leq 1,38 * 1.700 \text{ Kg/cm}^2 = 2.346 \text{ Kg/cm}^2$$

5.3.5 RESULTANTE DE TODAS LAS FUERZAS APLICADAS SOBRE EL CONDUCTOR

$$R = \sqrt{(F_p + F_h)^2 + (F_v + F_m)^2}$$

F_p = Peso conductor = 93,3 Kg

F_h = Esfuerzo por Acción del hielo = 39,4 Kg

F_v = Esfuerzo por Acción del viento = 84,0 Kg

F_m = Esfuerzo por Acción del cortocircuito = 461,8 Kg

$$R=561,7 \text{ kg}$$

5.3.6 DEMOSTRACIÓN DE QUE EL CONDUCTOR SOPORTA LOS ESFUERZOS DE MANERA SIMULTÁNEA

Para demostrar que el conductor soporta los esfuerzos es necesario calcular la tensión máxima ($\sigma_{\max}$) a la que está sometido, que viene determinada por el momento máximo ($M_{\max}$) que se produce sobre el conductor debido a los diferentes esfuerzos.

El momento máximo dependerá de los vanos que existan en el conductor, por lo que, en función de su disposición, se calculará:

$$M_{\max} = \frac{Rxl}{8} \text{ (kgxcm)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$M_{\max}=101.150 \text{ kgxcm} \Rightarrow \sigma_{\max}=1.151,8 \text{ kg/cm}^2$$

Se considerará que el conductor soporta los esfuerzos máximos con el coeficiente de seguridad de 1,5 siempre que se cumpla:

$$\sigma_{\max} \leq \frac{\sigma_c}{1,5}$$

Donde:

σ_c límite elástico del conductor (2.500 kg/cm²)

Por lo tanto, al cumplirse esta condición se demuestra que el conductor soporta los esfuerzos producidos por un cortocircuito, la acción del viento y el peso propio del conductor de manera simultánea, sin deformarse de manera permanente, y manteniendo un coeficiente de seguridad de 1,5.

5.3.7 ELONGACIÓN DEL CONDUCTOR

La elongación del conductor viene dada por:

$$\Delta_1 = L * \alpha * \Delta_0 = 10,4 \text{ mm}$$

Donde:

L= Longitud barra 10 metros.

α = Coeficiente de dilatación = 0,023

Dif. entre temperatura de montaje (35°C) y temperatura máxima de trabajo (80°C)

5.3.8 FLECHA DEL CONDUCTOR

La flecha máxima del conductor viene dada por:

$$F_{\max} = \frac{5 * (F_p + F_h) * L^4}{384 * E * J} = 0,4685 \text{ cm}$$

Donde:

F_p = Peso conductor = 93,3 Kg

F_h = Esfuerzo por Acción del hielo = 39,4 Kg

L = Longitud conductor= 10 metros

E = Modulo de Young= 70000 N/mm²

J = Momento de Inercia= 527,0 cm⁴

Por lo tanto, se cumple la flecha máxima admisible de $L/300 = 3,33 \text{ cm}$.

6. CÁLCULO DE RED DE TIERRAS

6.1 RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

La red de puesta a tierra de la subestación consistirá en una malla rectangular de dimensiones máximas aproximadas: 120,50 x 87,55 m y retícula aproximada de 7,5 x 8,0 m, realizada con cable de cobre desnudo de 120 mm² de sección enterrado a una profundidad de 0,8 m con un perimetral exterior y otro interior a la valla, más uno exterior al edificio de control.

Para el cálculo de la resistencia de tierra del electrodo proyectado, y después de observar las características del suelo, se estima una resistividad media del terreno de 350 Ω·m y siendo el área ocupada por la malla de unos 8.745,9 m².

Para el cálculo de la resistencia de la malla de puesta a tierra, se utilizará la fórmula de Sverak:

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L}$$

y siendo:

R = resistencia de tierra del electrodo en Ohmios

ρ = resistividad del terreno en Ohmios·metro

L_T = longitud total de los conductores enterrados (unos 2.970 m)

r = radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta la malla

$$R = \frac{\rho}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{S}} + \frac{\rho}{L} = \frac{350}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{8.745,90}} + \frac{350}{2.970} = 1,776 \Omega$$

Sustituyendo valores, obtenemos un valor de resistencia de puesta a tierra,

$$R = 1,776 \text{ Ohmios.}$$

6.2 TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

Las tensiones máximas admisibles de paso y contacto se determinan de acuerdo con las expresiones indicadas en la ITC-RAT 13. La superficie ocupada por el parque de intemperie se cubrirá con una capa de grava de, al menos, 10 cm de espesor. Como valor de resistividad de dicha capa superficial tomaremos 3.000 Ω·m.

La resistividad superficial equivalente ρ_{sup} se obtiene mediante la fórmula:

$$\rho_{\text{sup}} = \left(1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right) \right) \cdot \rho_s$$

Siendo:

ρ = resistividad del terreno en Ohmios·metro

ρ_s = resistividad de la capa superficial en Ohmios·metro

h_s = espesor de la capa superficial en m (0,1)

Sustituyendo valores, obtenemos:

$$\rho_{\text{sup}} = \left(1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{350}{3.000}}{2 \cdot 0,1 + 0,106} \right) \right) \cdot 3.000 = 2.082 \Omega \cdot \text{m}$$

Las máximas tensiones de paso y contacto admisibles se hallan a partir de las expresiones:

$$V_{\text{contacto}} = U_{\text{ca}} \left(1 + \frac{\left(\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 * \rho_s \right)}{1.000} \right)$$

$$V_{\text{Paso}} = 10 \cdot U_{\text{ca}} \left(1 + \frac{(2 \cdot R_{a1} + 6 * \rho_s)}{1.000} \right)$$

Siendo:

U_{ca}= tensión de contacto aplicada admisible en el cuerpo humano (107 V obtenidos de la tabla 1 de la ITC-RAT 13 para una duración de la falta de 1 seg)

t= duración de la falta en segundos (se considerará 1 segundo)

ρ_s= resistividad superficial del terreno

R_{a1} = resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante (2.000 Ω)

Determinamos los valores para la playa de la subestación y también para el terreno exterior (fuera del recinto vallado, sin grava). Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

VALORES ADMISIBLES DE V_{paso} y V_{contacto}		
	Tensión de paso	Tensión de contacto
Interior (con grava)	18.717 V	548 V
Exterior (sin grava)	7.597 V	270 V

En el nivel de 400 kV de la posición de transformador TR1 hemos considerado el caso más desfavorable, una potencia de cortocircuito de 9.976,61 MVA, que implica considerar una intensidad de falta de 14,4 kA.

La resistencia de la malla se ha calculado en 1,776 Ω.

Para la resistencia de las líneas se considerará un valor promedio de 0,4 Ω que es habitual en este tipo de configuraciones.

Si consideramos la resistencia en paralelo de los electrodos del mallado propio de la subestación y la resistencia de las líneas obtenemos un valor de 0,1798 Ω que es un valor insignificante debido a la gran cantidad de conductor enterrado.

Con estos valores, la malla de la subestación se pondría a un potencial de:

$$E_g = I_F \cdot R_T = 14.400 \cdot 0,1798 = 2.589,12 \text{ V}$$

Por lo que la intensidad de puesta a tierra en la subestación sería:

$$I_g = \frac{2.589,12}{1,776} = 1.458,84 \text{ A}$$

En definitiva, en nuestros cálculos vamos a considerar una intensidad de defecto a tierra de 1.458,84 A

6.3 COMPROBACIÓN DEL CONDUCTOR

Se toma como intensidad simétrica máxima, que circula, en caso de falta, por los conductores de puesta a tierra, la intensidad admisible de corta duración del aparellaje proyectado en 40 kA.

Para este valor de intensidad, la sección mínima de los conductores de puesta a tierra de estructuras y aparatos se determina mediante la ecuación, que define la máxima corriente admisible de un conductor cuyos parámetros característicos son conocidos o fácilmente extrapolables.

Basándonos en esto se tiene:

$$A = I \cdot \sqrt{\frac{T_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10.000}{T_{CAP} \cdot L_n \left(\frac{k_0 + T_m}{k_0 + T_a} \right)}} = 9,58 \text{ mm}^2$$

Donde:

I : Corriente de falta prevista.....	1,482 kA
T _c : Tiempo de despeje del defecto	1 s
α _T : Coeficiente térmico de resistividad a 20 °C.....	0,00397 °C ⁻¹
k ₀ = 1/α ₀ (con α ₀ = Coeficiente térmico de resistividad a 0 °C).....	234 °C
ρ _r : Resistividad a 20 °C.....	1,72 μΩ/cm
T _{CAP} : Factor de capacidad térmica	3,42 J/(cm ³ ·°C)
T _m : Temperatura máxima (según recomendación IEEE).....	200 °C
T _a : Temperatura ambiente	35 °C

Obtenemos que la sección de conductor que necesitamos instalar en la malla debe de ser igual o superior a 9,58 mm².

Para el cable de cobre desnudo que conformará la malla de tierras profunda, adoptaremos la sección de 120 mm².

Comprobamos que la sección elegida cumple las prescripciones establecidas por la ITC-RAT 13:

- Para las líneas de puesta a tierra la densidad de corriente es ≤ 160 A/mm².
- La sección adoptada, 120 mm², es superior a la sección mínima indicada en el apartado 3.4 de la ITC-RAT 13 (50 mm², para conductores de cobre).

7. TENSIONES MÁXIMAS DE PASO Y CONTACTO

Los valores reales de tensión de paso y contacto se van a calcular según el método propuesto en la ANSI/I.E.E.E. GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUNDING 1986 para esta configuración de electrodo cuyas fórmulas se resumen en el siguiente cuadro:

$$E_s = \rho K_s K_j \frac{I}{L}$$

$$E_m = \rho K_m K_j \frac{I}{L}$$

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

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

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

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

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}; h_0 = 1$$

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

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

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

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

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

Donde:

Em= diferencia de potencial del conductor de la malla y la superficie del terreno al centro del rectángulo de la malla

Es= tensión de contacto a una distancia horizontal de un metro

ρ= resistividad del terreno (Ω.m)

I= intensidad de defecto (A)

Lc= longitud del cable enterrado (unos 2.970 m)

Lp= longitud del perímetro de la red (374,89 m)

Lx= máxima longitud del cable de tierra en el eje longitudinal

Ly= máxima longitud del cable de tierra en el eje transversal

Dm= distancia máxima entre dos puntos de la red de tierras.

h= profundidad de enterramiento (0,8 m)

A= Área cubierta por la malla (8.745,9 m²)

D= separación media entre conductores paralelos (unos 8 m)

d= diámetro del conductor (0,0131 m)

n= número efectivo de conductores en paralelo

Procedemos a calcular los coeficientes:

$$n = 15,862$$

$$n_a = 15,845$$

$$n_b = 1,001$$

$$n_c = 1$$

$$n_d = 1$$

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

Sustituyendo valores, obtenemos:

$$K_s = 0,275$$

$$K_j = 0,644 + 0,148 \cdot n = 2,992$$

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

$$K_{ii} = 0,647$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

$$K_h = 1,342$$

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

$$K_m = 0,79$$

Entonces:

$$E_m = \rho \cdot K_m \cdot K_j \cdot \frac{I}{L}$$

$$E_m = 406,2 \text{ V}$$

$$E_s = \rho \cdot K_s \cdot K_j \cdot \frac{I}{L}$$

$$E_s = 141,3 \text{ V}$$

Para que los resultados sean admisibles se tiene que cumplir que:

$$E_s < V_P$$

$$E_m < V_C$$

	V _P Admisible	V _P Calculada	V _C Admisible	V _C Calculada
Interior (con grava)	18.717 V	141,3 V	548 V	406,2 V
Exterior (sin grava)	7.597 V	141,3 V	270 V	406,2 V

Para asegurarse que la tensión de contacto cumpla en el exterior del recinto se instalará la valla de la Subestación a 1 m del perímetro de la malla hacia el interior y conectada a esta.

Con lo que nuestro sistema no presentará peligros significativos para el personal por trasvase de potenciales peligrosos.

En aplicación del reglamento de alta tensión, una vez efectuada la instalación de puesta a tierra se medirán las tensiones de paso y de contacto, asegurándose de que los valores obtenidos están dentro de los márgenes que garantizan la seguridad de las personas.

DOCUMENTO N° 5
PLANOS

ÍNDICE

Número	Titulo
PZ000101	Situación y Emplazamiento
PZ000201	Planta sobre Ortofoto y Catastro
PZ000301	Esquema Unifilar
PZ000501	Planta General SE Amantes
PZ000601	Sección A-A. Posición de transformador
PZ000602	Sección B-B. Posición de línea
PZ000603	Sección C-C. Posición de Acoplamiento Transversal de Barras
PZ000604	Sección D-D. Sección Transversal
PZ000605	Sección E-E. Sección Transversal
PZ000701	Planta Red de Tierras
PZ000801	Planta Edificio. Disposición de equipos
PZ000802	Edificio. Vistas y Sección
PZ000803	Edificio. Detalles constructivos.
PZ000901	Planta Relación Bienes y Derechos Afectados

Zaragoza, Abril de 2024

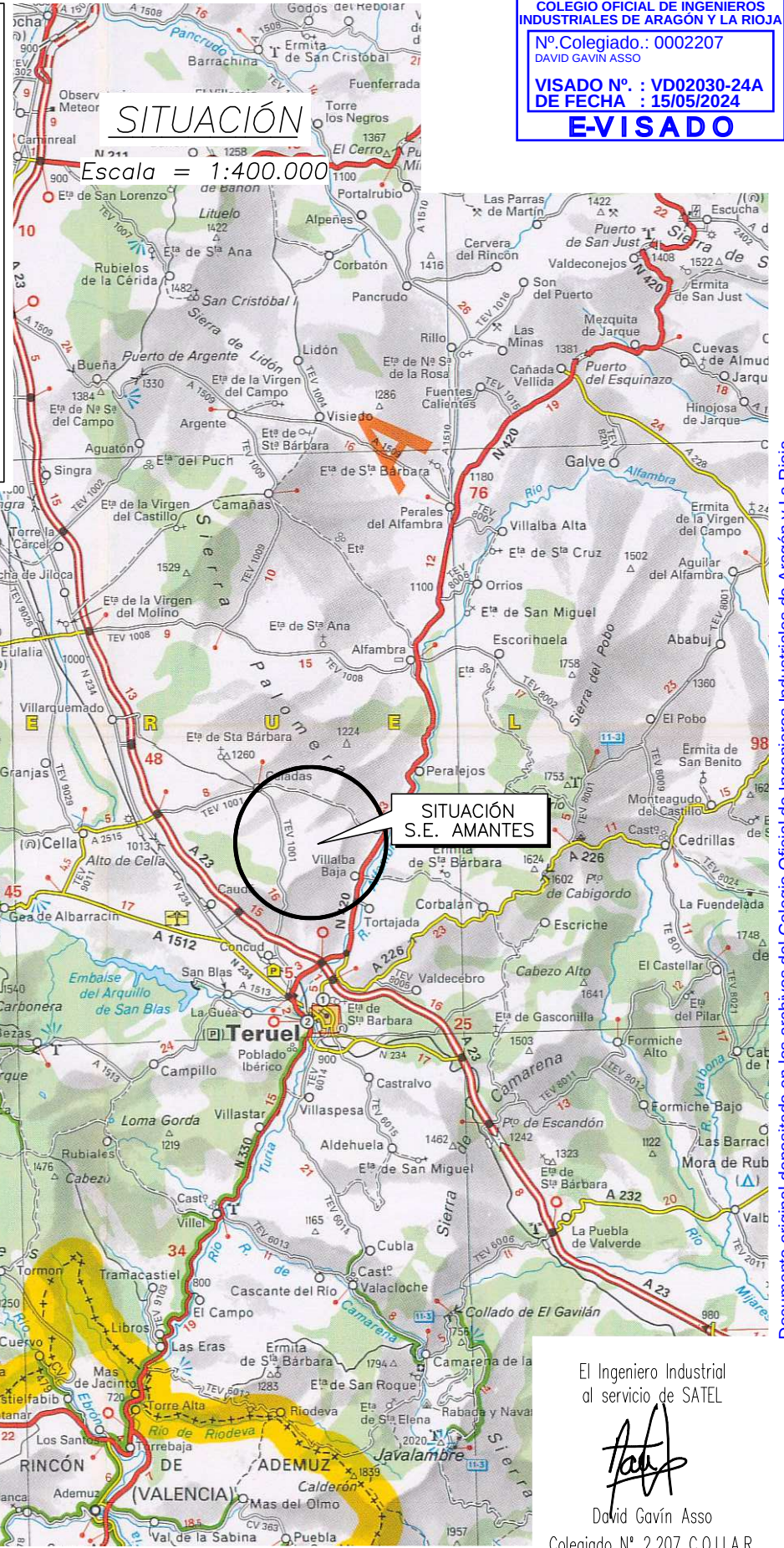
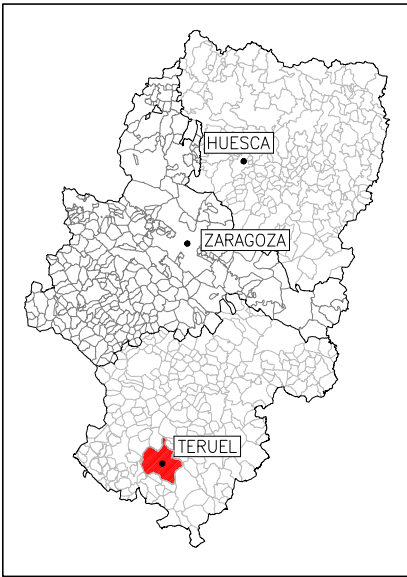
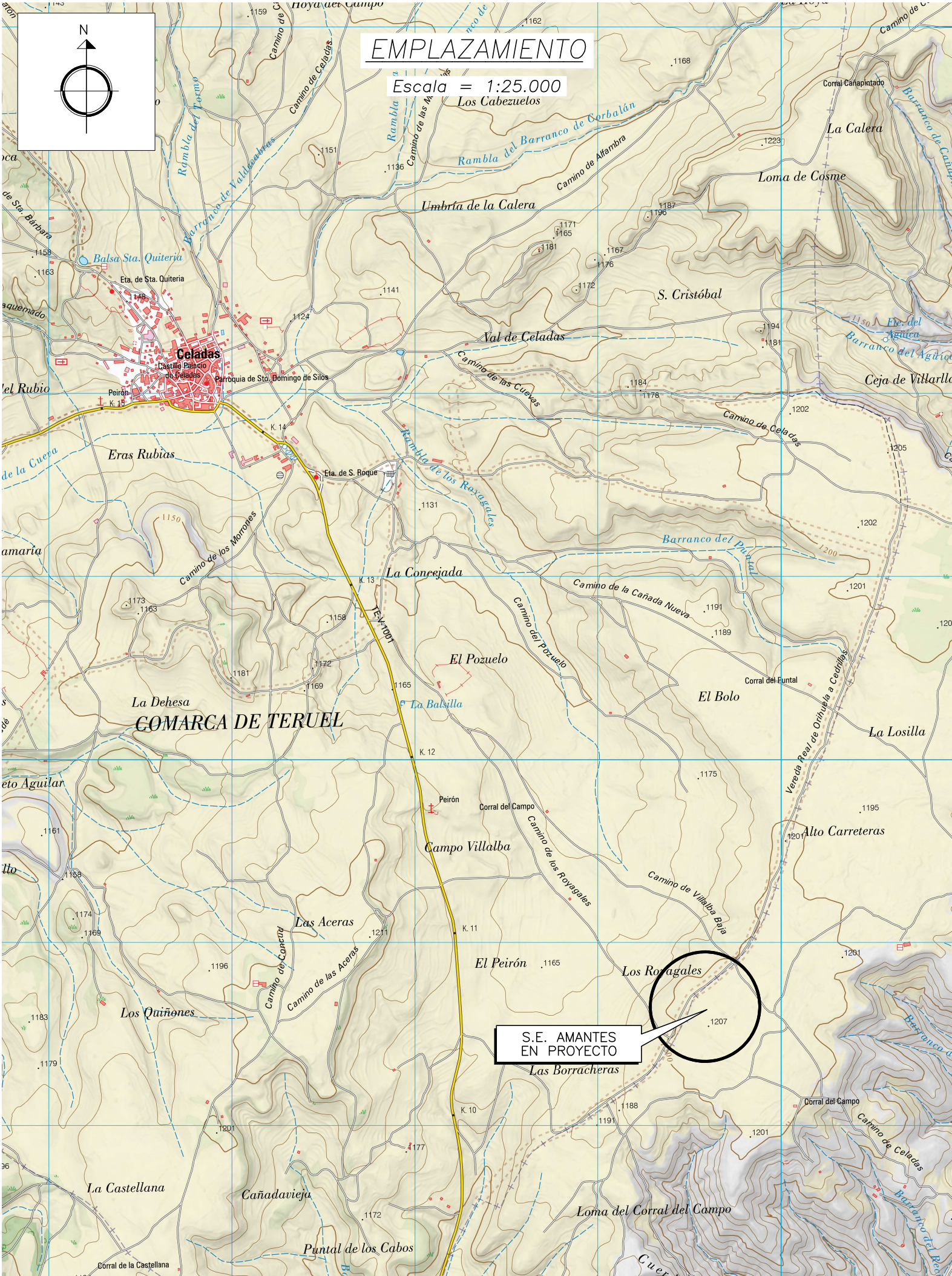
El Ingeniero Industrial al servicio de SATEL



David Gavín Asso

Colegiado Nº 2.207 del C.O.I.I.A.R.

00	REV.	04/24	F.M.C.	REALIZADO	D.G.A.	P.F.L.	ENDESA	PROYECTO OFICIAL	MODIFICACION



e-distribución		SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO		DISTRIBUCION EyP	
FECHA: 04/24		ESCALA: INDIC.		S.E. AMANTES	
RE-XXXXXX-PZ-0001		00		PZ000101 .DWG N°HOJAS 01 N°HOJA 01	

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA
Nº Colegiado.: 0002207
DAVID GAVÍN ASSO
VISADO Nº. : VD02030-24A
DE FECHA : 15/05/2024
E-VISADO

El Ingeniero Industrial al servicio de SATEL

David Gavín Asso
Colegiado Nº 2.207 C.O.I.I.A.R.

TERMINO MUNICIPAL
DE TERUEL

4075A01500030

44075A01500028

44075A01500027

44075A01500026

44075A01500023

44075A01509001

44900A80200009

44900A80300019

44900A80300020

44900A80300017

44900A80200001

44900A80200002

S.E. PLATEA REE
(OBJETO OTRO PROYECTO)

44900A80200005

44900A80200003

COORDENADAS VALLADO SE AMANTES		
ETRS89 UTM 30N		
Vértice	X (m)	Y (m)
VA	659.490,77	4.478.597,71
VB	659.529,85	4.478.576,74
VC	659.547,23	4.478.609,13
VD	659.557,03	4.478.612,08
VE	659.587,22	4.478.595,88
VF	659.622,59	4.478.661,79
VG	659.546,95	4.478.702,39

El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso
Colegiado N° 2.207 C.O.I.I.A.R.

e-distribución

PLANTA SOBRE ORTOFOTO Y CATASTRO

DISTRIBUCION EyP

S.E. AMANTES

RE-XXXXXX-PZ-0002

00

FECHA: 04/24

ESCALA: 1/2.000

PZ000201 .DWG

G	NºHOJAS	01
---	---------	----

NºHOJA	01
--------	----

DIN-A3

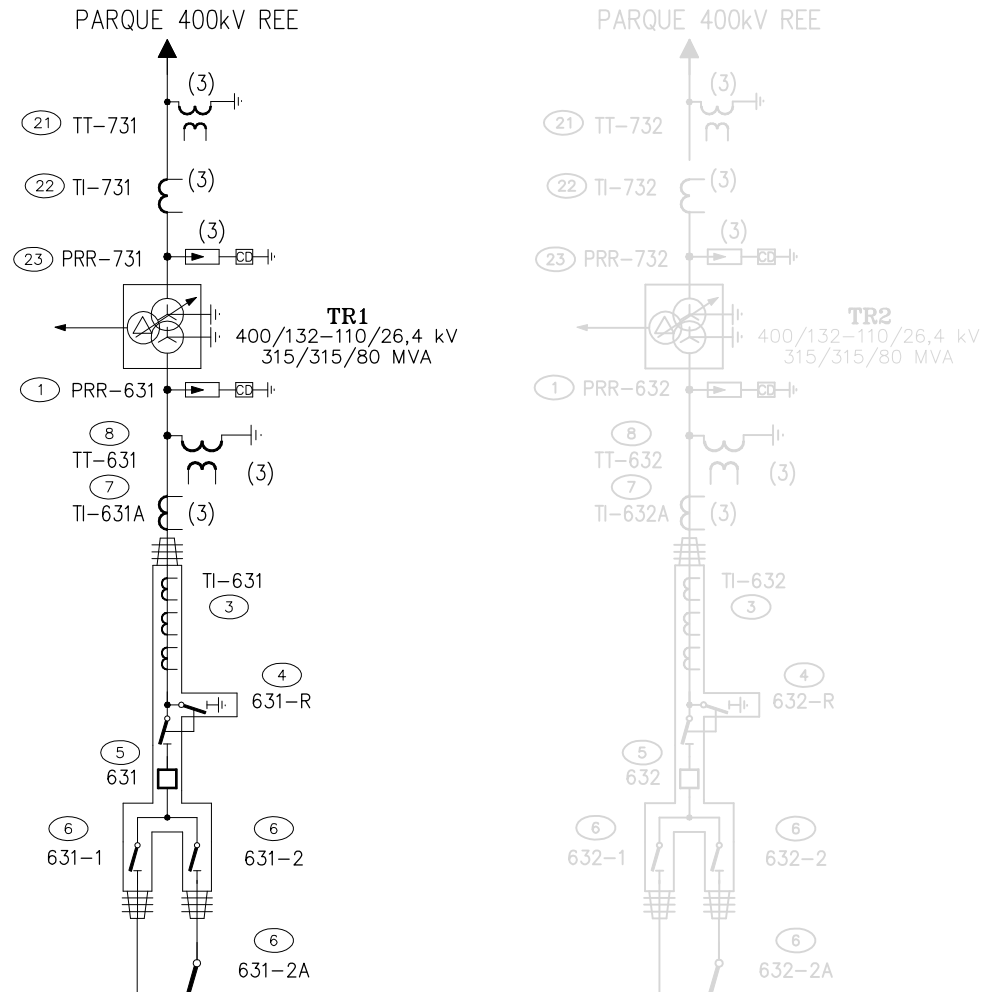
Documento original depositado en los archivos del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja

LEYENDA – NIVEL 132 kV

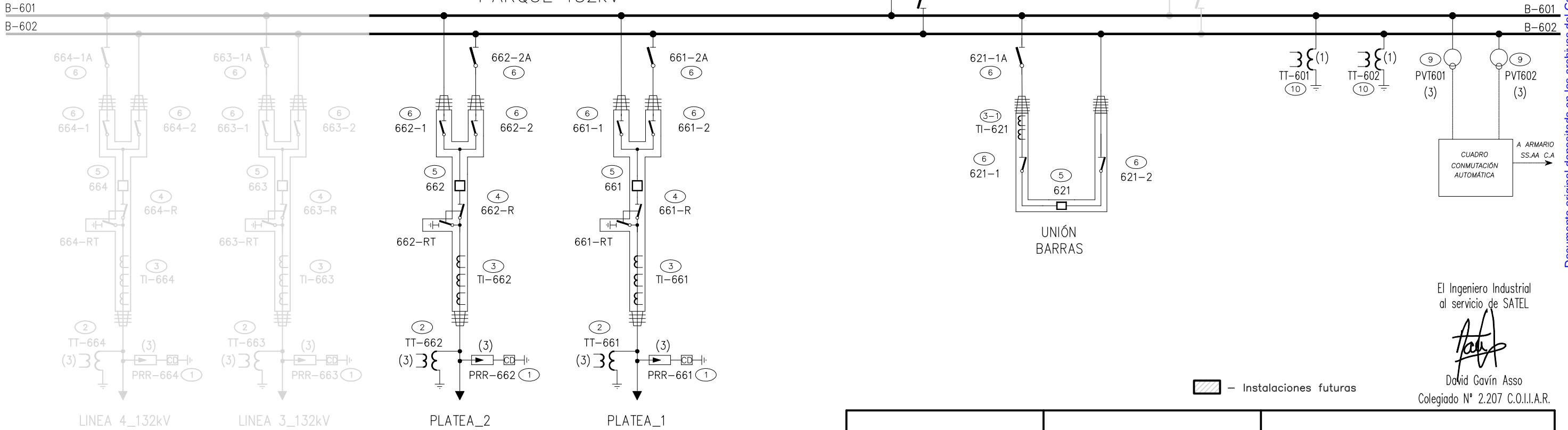
- 1 3xPARARRAYOS 120kV 10kA CLASE 3
- 2 3xT.T. INDUCTIVOS 132.000:√3/110:√3–110:√3, 25VA Cl. 0.5–3P, 25VA Cl. 0.5–3P
- 3 3xT.I. 1000–2000/5–5–5A, 30VA Cl. 0.5–5P20, 30VA Cl. 5P20, 30VA Cl. 5P20
- 3-1 3xT.I. 1000–2000/5–5A, 30VA Cl. 5P20, 30VA Cl. 5P20
- 4 SECCIONADOR 145kV 2000A CON P.ct.
- 5 INTERRUPTOR 145kV 2000A 40kA
- 6 SECCIONADOR 145kV 2000A
- 7 3xT.I. 1000–2000/5–5–5A, 10VA Cl. 0.2S, 20VA Cl. 0.5, 30VA Cl. 5P30, 30VA Cl. 5P30
- 8 1xT.T. INDUCTIVO 132.000:√3/110:√3–110:√3–110:√3, 25VA Cl. 0,2S, 25VA Cl. 0.5–3P, 25VA Cl. 0.5–3P
- 9 3 x PVT SS.AA 132.000:√3 / 420:√3 (3x50=150kVA)
- 10 1xT.T. INDUCTIVO 132.000:√3/110:√3–110:√3, 25VA Cl. 0.5–3P, 25VA Cl. 0.5–3P

LEYENDA – NIVEL 400 kV

- 21 3xT.T. INDUCTIVOS 400.000:√3/110:√3–110:√3–110:3, 25VA Cl. 0.2, 25VA Cl. 0.5–3P, 10VA CL.6P
- 22 3xT.I. 200–400–800/5–5–5–5A, 10VA Cl. 0,2s, 20VA Cl. 0.5, 30VA Cl. 5P30, 30VA Cl. 5P30
- 23 3xPARARRAYOS 420kV 20kA CLASE 4



PARQUE 132kV



Instalaciones futuras

El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso

David Gavín Asso
Colegiado Nº 2.207 C.O.I.I.A.R.

e-distribución

ESQUEMA UNIFILAR

DISTRIBUCION EyP

S.E. AMANTES

RE-XXXXXX-PZ-0003

00

FECHA: 04/24

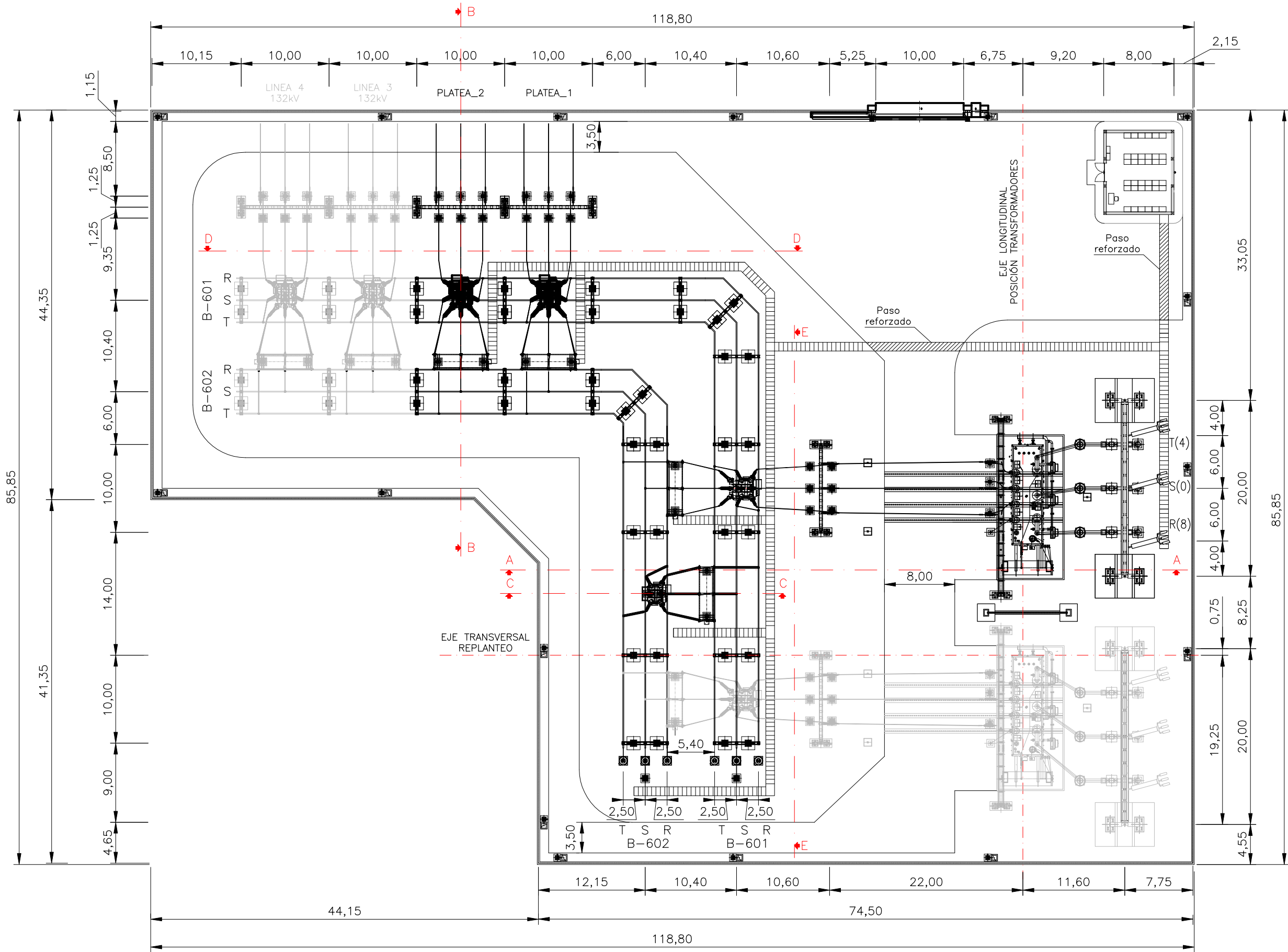
ESCALA: INDIC.

PZ000301 .DWG N*HOJAS 01 N*HOJA 01

00		04/24	F.M.C.	D.G.A.	P.F.L.	PROYECTO OFICIAL	
REV.		FECHA	REALIZADO	Vº Bº	ENDESA	MODIFICACION	



NOTAS:
1.- COTAS EN m REFERIDAS A EJES.



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA

Nº Colegiado.: 0002207
DAVID GAVÍN ASSO

VISADO Nº. : VD02030-24A
DE FECHA : 15/05/2024

E-VISADO

e-distribución

PLANTA GENERAL
S.E. AMANTES

FECHA: 04/24 ESCALA: 1/450

DISTRIBUCION EyP

S.E. AMANTES

RE-XXXXXX-PZ-0005 00

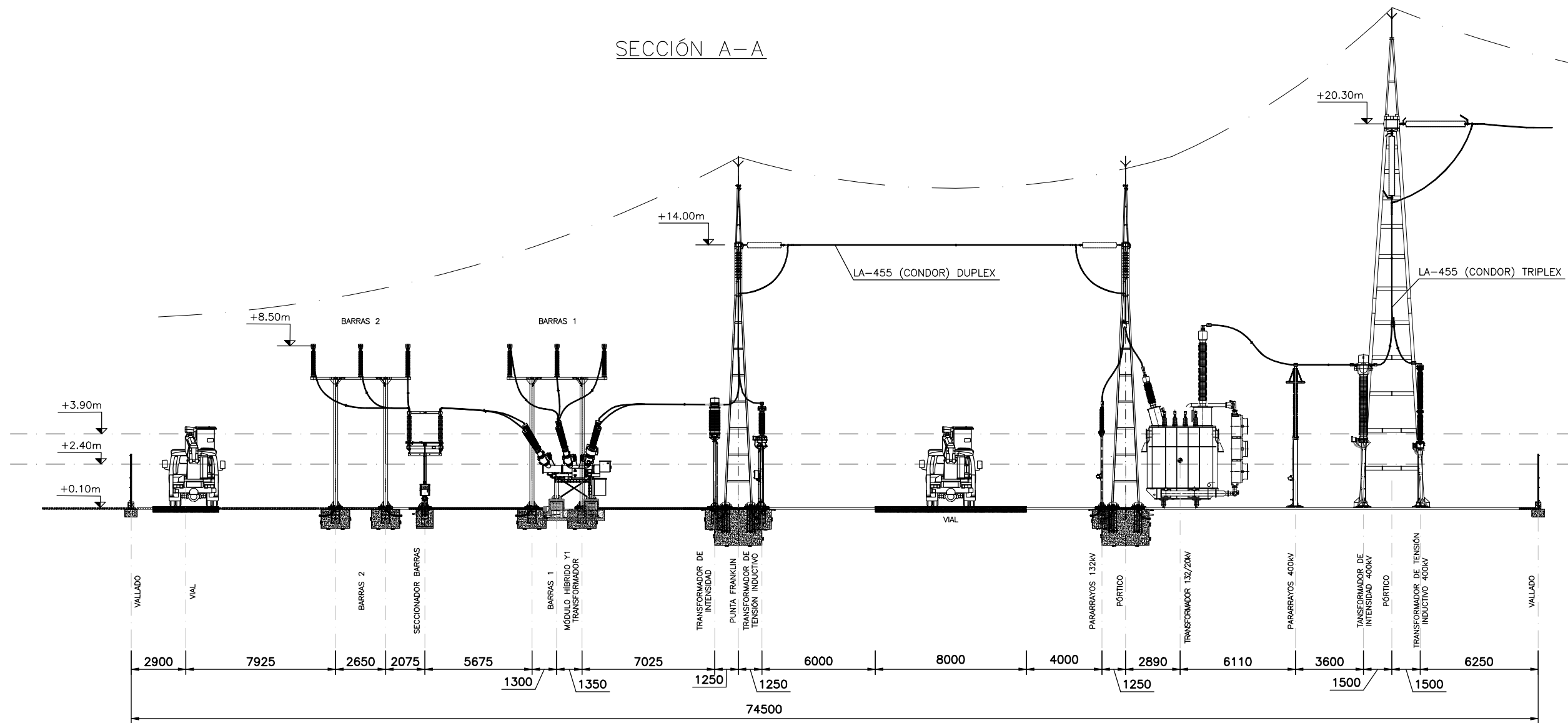
PZ000501 .DWG N*HOJAS 01 N*HOJA 01

El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso

David Gavín Asso
Colegiado N° 2.207 C.O.I.I.A.R.

Documento original depositado en los archivos del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja
con Reg. Entrada nº RG02442-24 y VISADO electrónico VD02030-24A de 15/05/2024. CSV = FYDBEQ3VZR6FX00 verificable en <https://coliar.e-gestion.es>



PROYECTO OFICIAL		MODIFICACION	
00	04/24	F.M.C.	D.G.A.
REV.	FECHA	REALIZADO	Vº Bº
		P.F.L.	ENDESA

NOTAS:

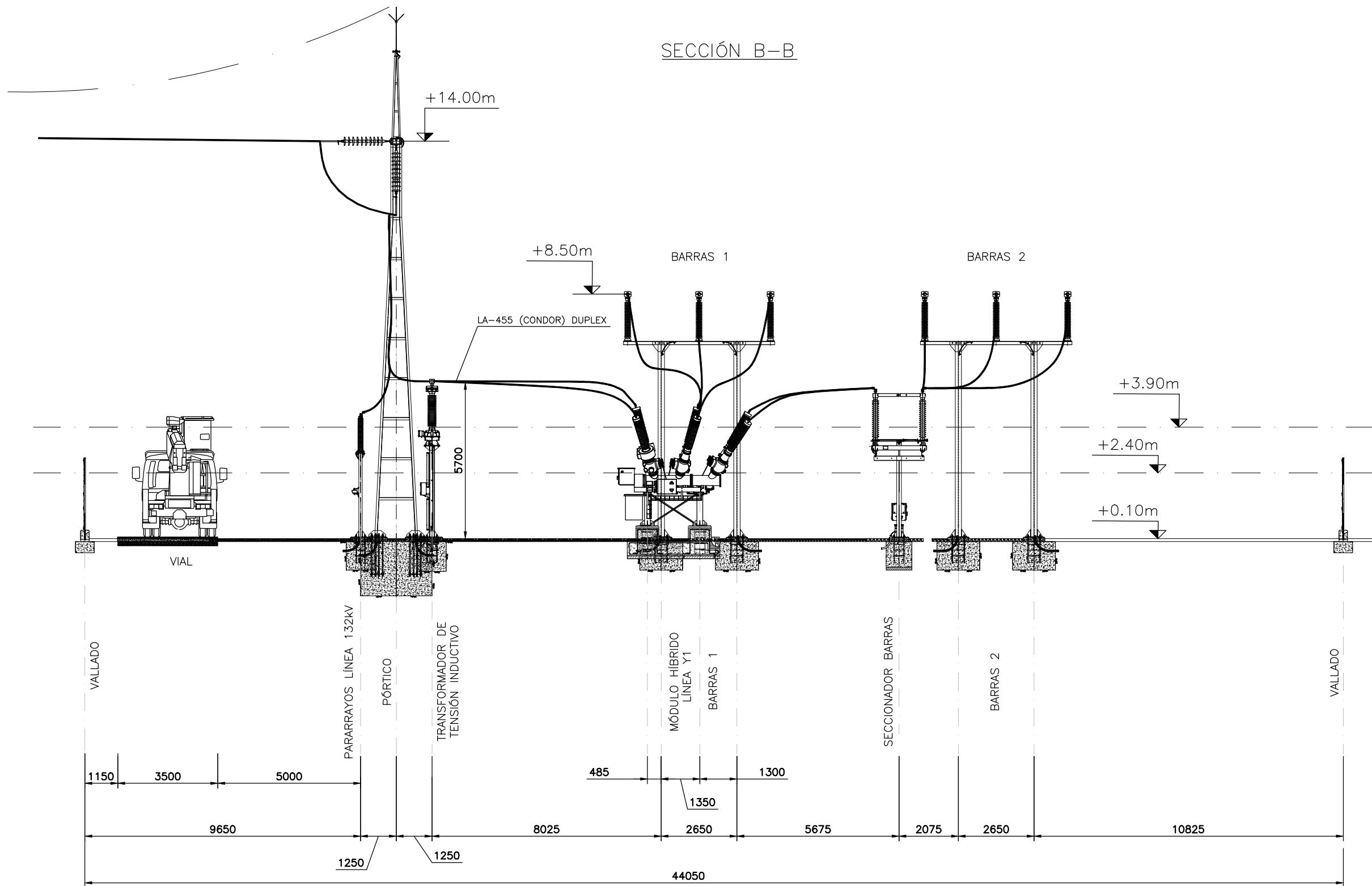
1.- COTAS EXPRESADAS EN MILÍMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.

El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso

David Gavín Asso
Colegiado Nº 2.207 C.O.I.I.A.R.

		DISTRIBUCION EyP	
		S.E. AMANTES	
FECHA: 04/24		RE-XXXXXX-PZ-0006	
ESCALA: 1/250		00	
		PZ000601 .DWG	NºHOJAS 05 NºHOJA 01



El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso
David Gavín Asso
Colegiado Nº 2.207 C.O.I.I.A.R.

NOTAS:

1.- COTAS EXPRESADAS EN MILÍMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.

e-distribución

SECCIÓN B-B
POSICIÓN DE
LÍNEA

DISTRIBUCION EyP

S.E. AMANTES

RE-XXXXXX-PZ-0006

00

FECHA: 04/24

ESCALA: 1/150

PZ000602 .DWG

NºHOJAS 05

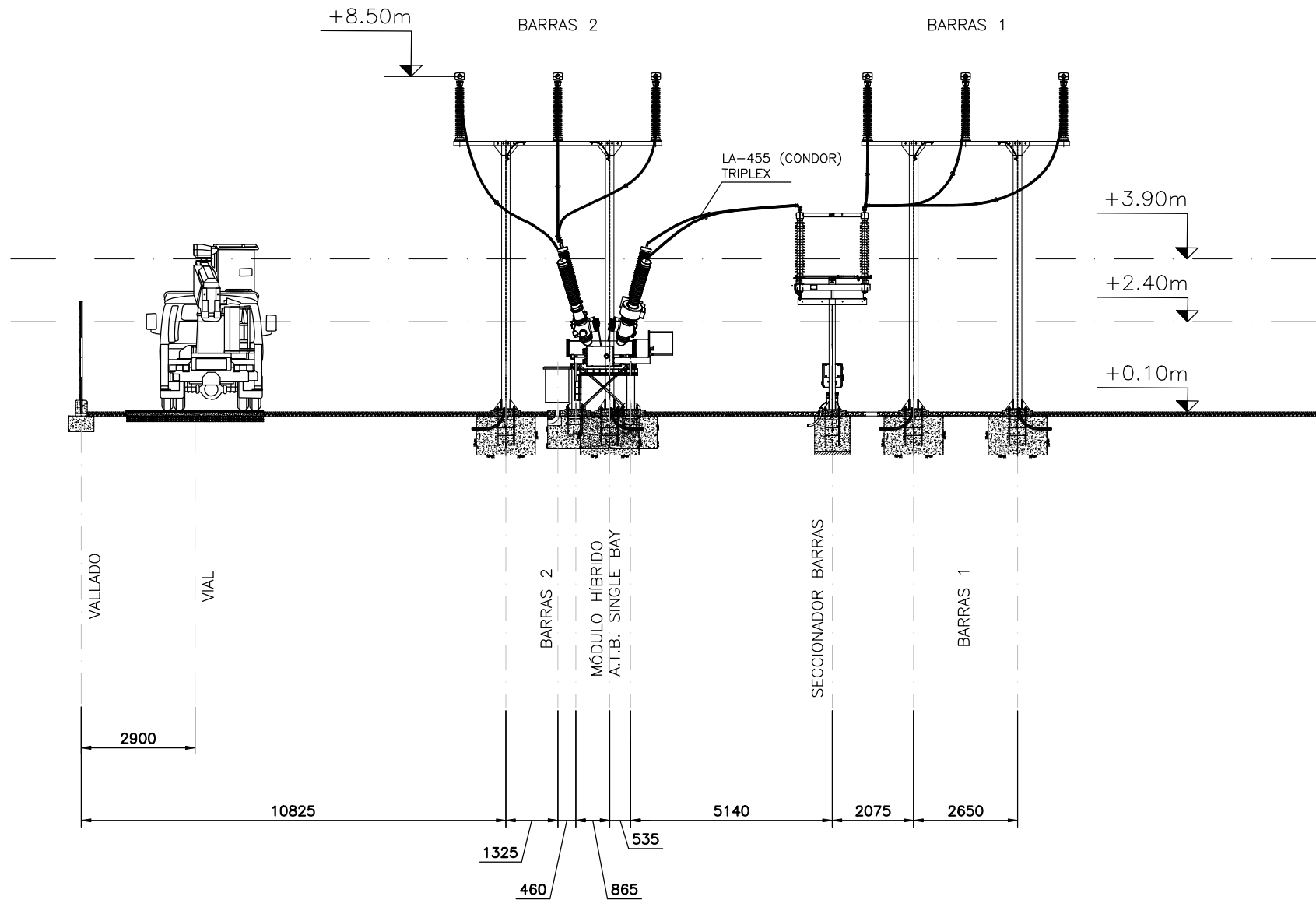
NºHOJA 02

00		04/24	F.M.C.	D.G.A.	P.F.L.	PROYECTO OFICIAL	
REV.		FECHA	REALIZADO	V° B°	ENDESA	MODIFICACION	



NOTAS:

1.- COTAS EXPRESADAS EN MILÍMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.



COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA

Nº Colegiado.: 0002207
DAVID GAVÍN ASSO

VISADO Nº. : VD02030-24A
DE FECHA : 15/05/2024

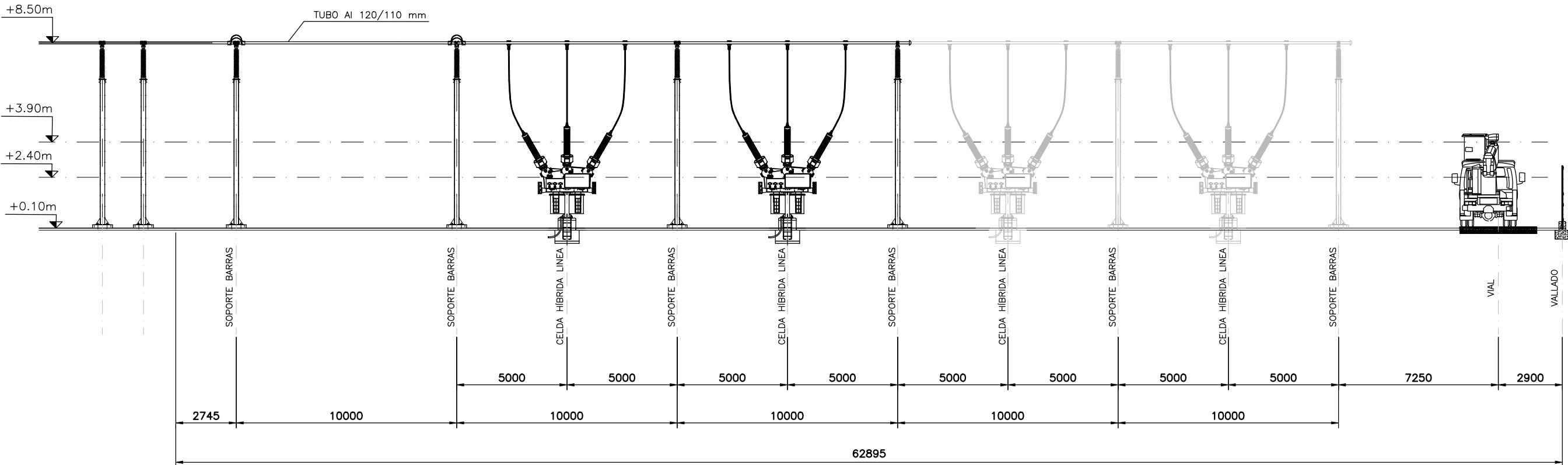
E-VISADO

El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso
Colegiado Nº 2.207 C.O.I.I.A.R.

e-distribución		SECCIÓN C-C POSICIÓN DE ACOPLAMIENTO TRANS. BARRAS	DISTRIBUCION EyP			
			S.E. AMANTES			
			RE-XXXXXX-PZ-0006			00
			PZ000603 .DWG	NºHOJAS 05	NºHOJA 03	
FECHA: 04/24	ESCALA: 1/150					

SECCIÓN D-D



REV.	FECHA	F.M.C.	D.G.A.	P.F.L.	PROYECTO OFICIAL
00	04/24	REALIZADO	Vº Bº	ENDESA	MODIFICACION



NOTAS:

1.- COTAS EXPRESADAS EN MILÍMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.

El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso

David Gavín Asso
Colegiado Nº 2.207 C.O.I.I.A.R.

e-distribución		SECCIÓN D-D SECCION TRANSVERSAL SE		DISTRIBUCION EyP			
				S.E. AMANTES			
				RE-XXXXXX-PZ-0006			00
				PZ000604 .DWG		NºHOJAS 05	NºHOJA 04
FECHA: 04/24		ESCALA: 1/200					

00	04/24	F.M.C.	D.G.A.	P.F.L.	PROYECTO OFICIAL
REV.	FECHA	REALIZADO	V° B°	ENDESA	MODIFICACION

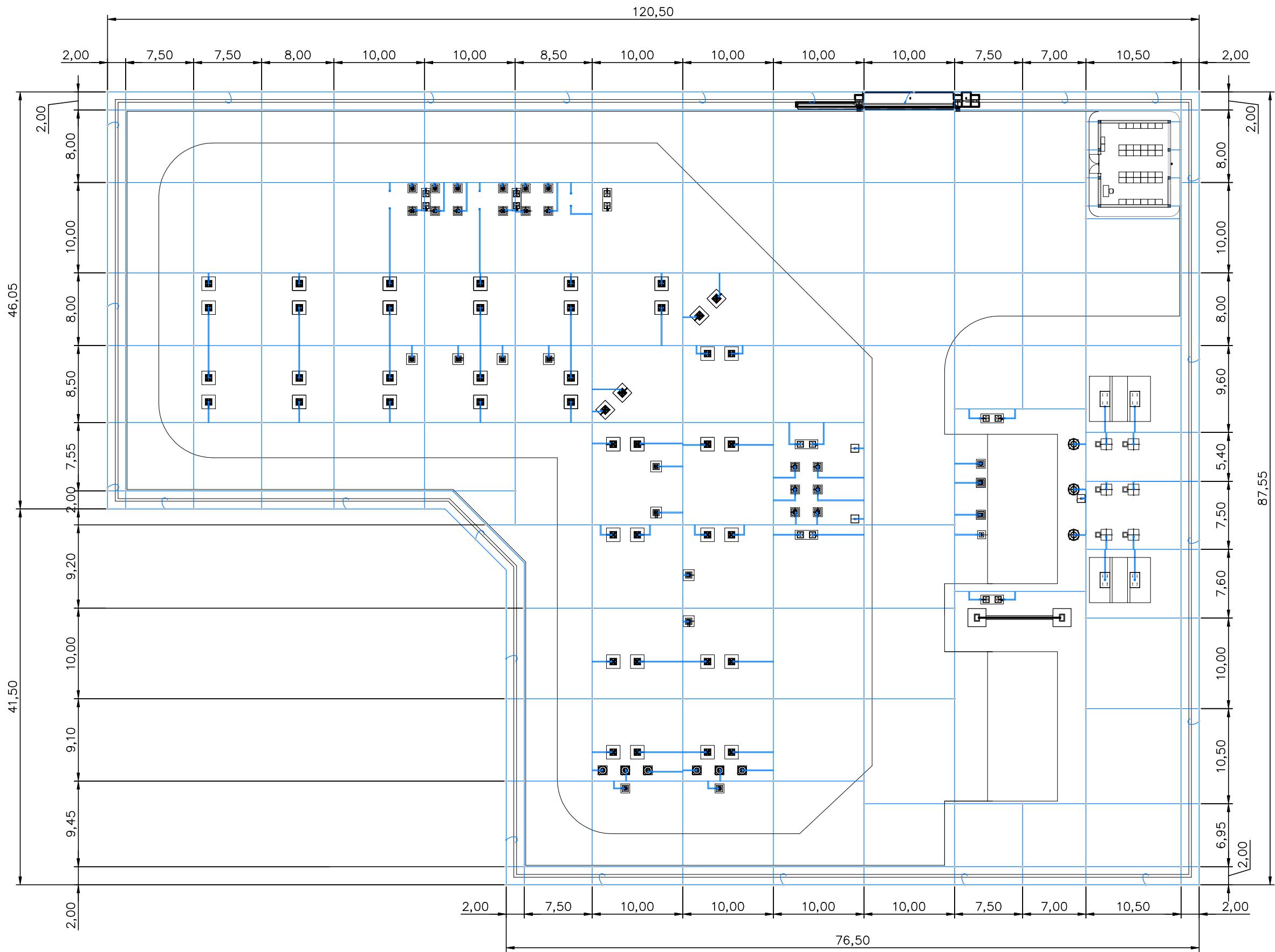
1.- COTAS EXPRESADAS EN MILÍMETROS Y ELEVACIONES EN METROS.

[Signature]

FECHA: 04/24	ESCALA: 1/250
--------------	---------------

00 |

PZ000605 .DWG	NºHOJAS	05	NºHOJA	05
---------------	---------	----	--------	----



	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
	CABLE DE COBRE DESNUDO 120 mm² DE SECCIÓN.	2.970 m
	GRAPA DE ENLACE PARA 4 O 2 CABLES DE 120 mm² A ESTRUCTURA CON DOS TORNILLOS M8 SEPARADOS 40 mm	109 UNIDS.
	CRUCE DE CABLES DE Cu DE 120 mm², SOLDADURA ALUMINOTERNICA (CADWELL)	189 UNIDS.
	GRAPA DE CERRAMIENTO PARA TUBO DE ACERO Ø150 mm Y CABLE DE Cu DE 120 mm².	23 UNIDS.
	TERMINAL DE PRESIÓN PARA CABLE Cu DESNUDO 120 mm² Y TORNILLO M10 (P. a T. PUERTAS ENTRADA)	1 UNID.

NOTAS:

1.- CABLE DE LA MALLA ENTERRADO A 0.80m POR DEBAJO DE LA COTA DE EXPLANACIÓN.

2.- GRAPA DE CERRAMIENTO PARA TUBO DE ACERO, SE APLICARÁN CADA 20m. APROXIMADAMENTE.

3.- SE COLOCARÁ GRAVILLA EN UN ANCHO DE 1m. EN TODO EL PERIMETRO DEL EXTERIOR DE LA SUBESTACIÓN

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA

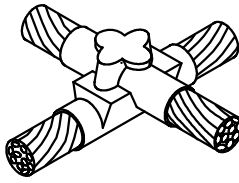
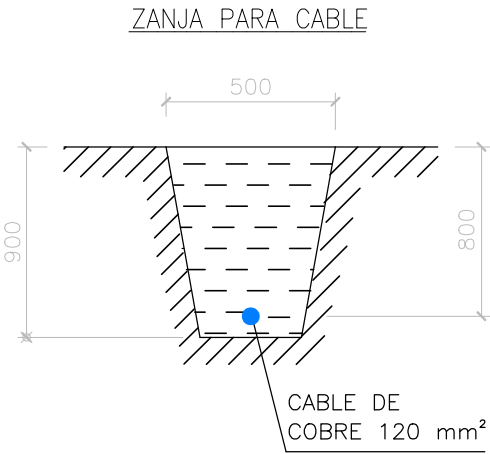
Nº Colegiado.: 0002207

DAVID GAVÍN ASSO

VISADO Nº. : VD02030-24A

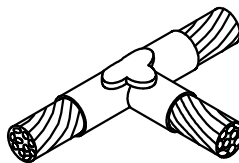
DE FECHA : 15/05/2024

E-VISADO



CONEXIÓN EN CRUZ

CABLE Cu 120 mm²



CONEXIÓN TIPO T

CABLE Cu 120 mm²

El Ingeniero Industrial al servicio de SATEL

David Gavín Asso

Colegiado Nº 2.207 C.O.I.I.A.R.

PLANTA
RED DE TIERRAS

FECHA: 04/24 ESCALA: 1/450

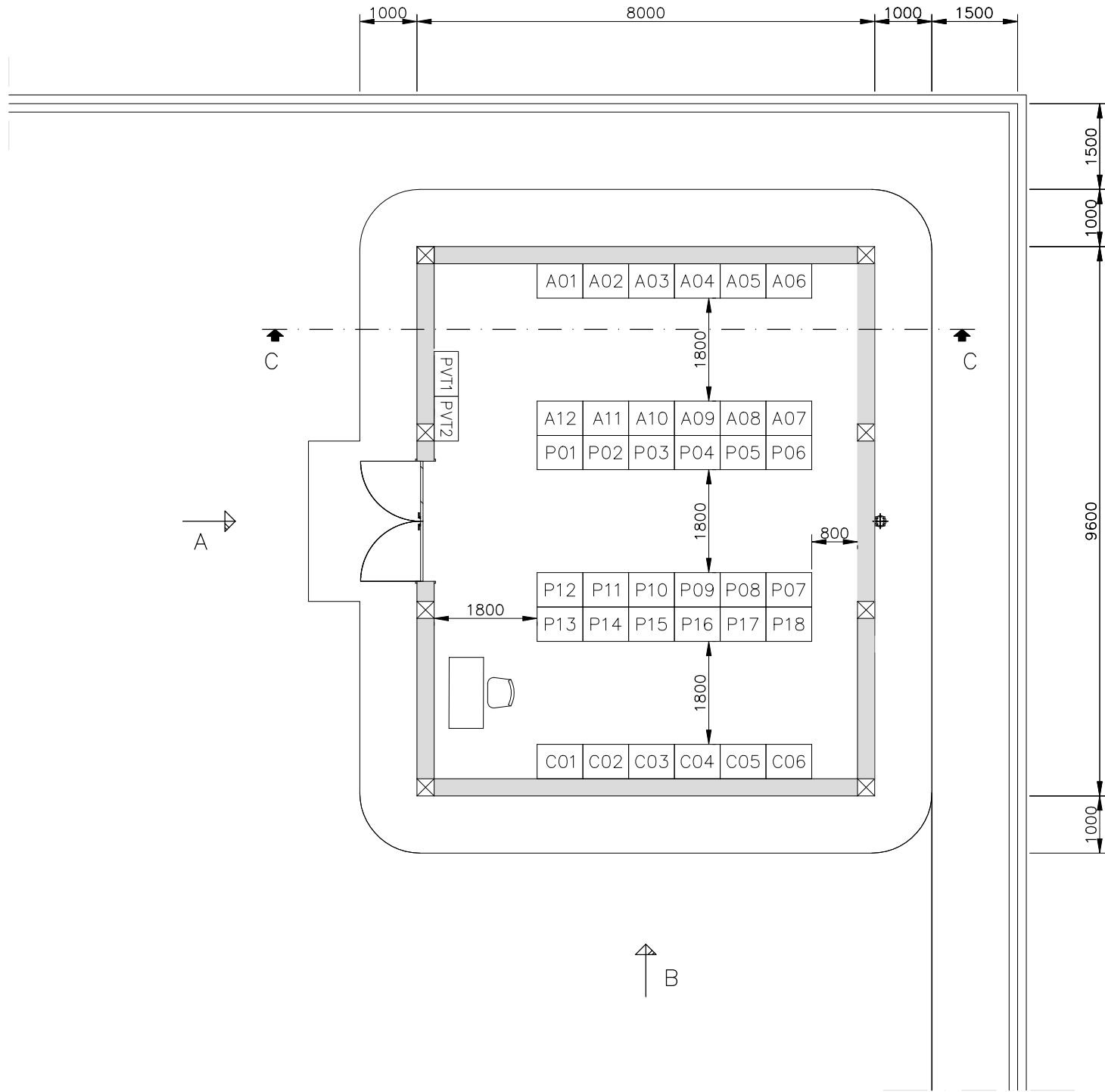
DISTRIBUCION EyP

S.E. AMANTES

RE-XXXXXX-PZ-0007 00

PZ000701 .DWG N°HOJAS 01 N°HOJA 01

00		04/24	F.M.C.	D.G.A.	P.F.L.	PROYECTO OFICIAL
REV.		FECHA	REALIZADO	V° B°	ENDESA	MODIFICACION



LEYENDA	
A01:	RECTIFICADOR 1° BATERIA (MODULO 1)
A02:	RECTIFICADOR 1° BATERIA (MODULO 2)
A03:	RECTIFICADOR 1° BATERIA (MODULO 3)
A04:	RECTIFICADOR 2° BATERIA (MODULO 1)
A05:	RECTIFICADOR 2° BATERIA (MODULO 2)
A06:	DOCUMENTACIÓN
A07:	ARMARIO S.P.
A08:	VACANTE
A09:	SERVICIOS AUXILIARES C.C.
A10:	SERVICIOS AUXILIARES C.A.
A11:	SERVICIOS AUXILIARES C.A.
A12:	SERVICIOS AUXILIARES C.A.
P01:	NUDO CENTRAL UCS AT/MT (REMOTA)
P02:	CONTROL Y PROTECCIONES LINEA 1
P03:	CONTROL Y PROTECCIONES LINEA 2
P04:	CONTROL Y PROTECCIONES LINEA 3 (VACANTE)
P05:	CONTROL Y PROTECCIONES LINEA 4 (VACANTE)
P06:	VACANTE
P07:	CONTROL Y PROTECCIONES BARRAS/UNIÓN BARRAS
P08:	CONTROL Y PROTECCIONES TRAFO 1.1
P09:	CONTROL Y PROTECCIONES TRAFO 1.2
P10:	CONTROL Y PROTECCIONES TRAFO 2.1
P11:	CONTROL Y PROTECCIONES TRAFO 2.2
P12:	DIFERENCIAL BARRAS
P13:	RPM
P14:	RPM (VACANTE)
P15:	VACANTE
P16:	VACANTE
P17:	VACANTE
P18:	VACANTE
C01:	COMUNICACIONES
C02:	COMUNICACIONES
C03:	COMUNICACIONES
C04:	VACANTE
C05:	VACANTE
C06:	VACANTE
PVT1:	ARMARIO PVT1 SS.AA.
PVT2:	ARMARIO PVT2 SS.AA.

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE ARAGÓN Y LA RIOJA

Nº.Colegiado.: 0002207
DAVID GAVÍN ASSO

VISADO Nº. : VD02030-24A
DE FECHA : 15/05/2024

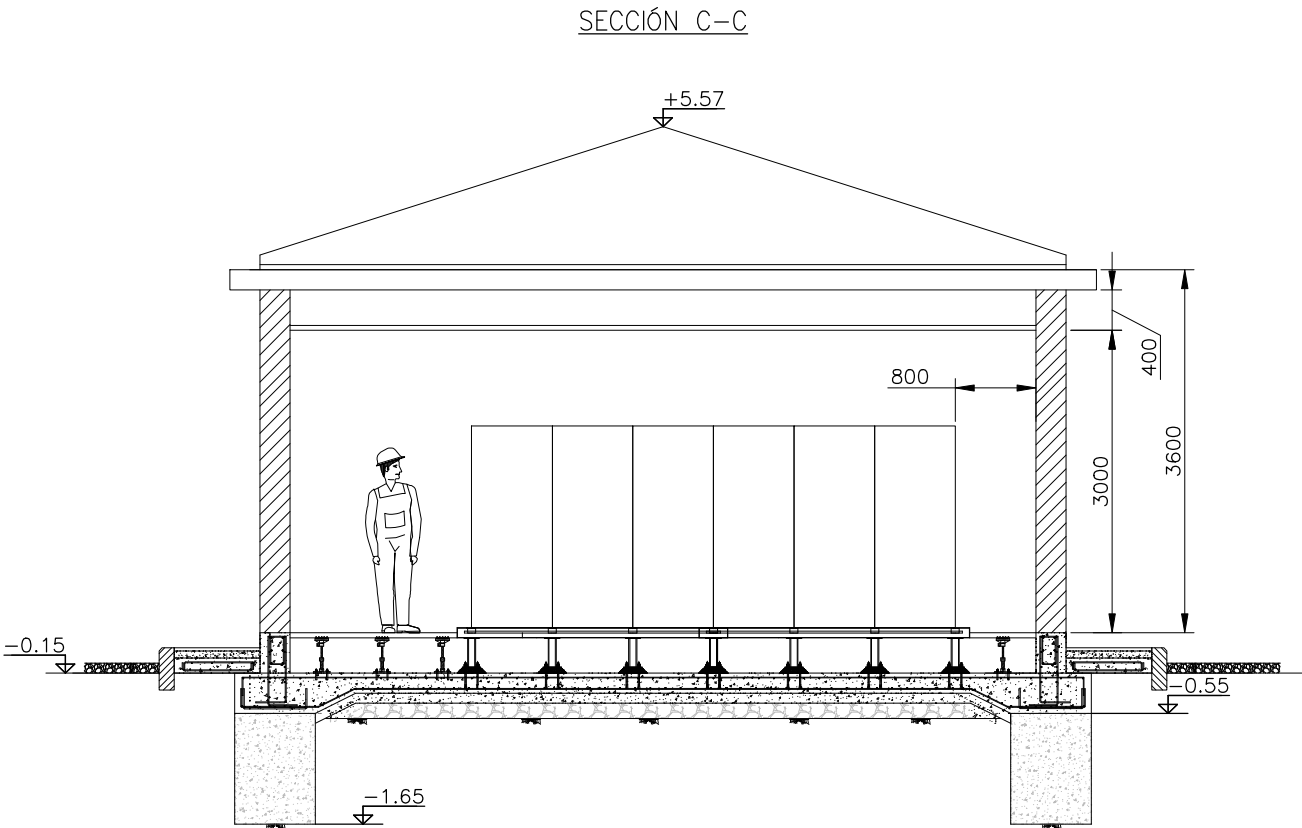
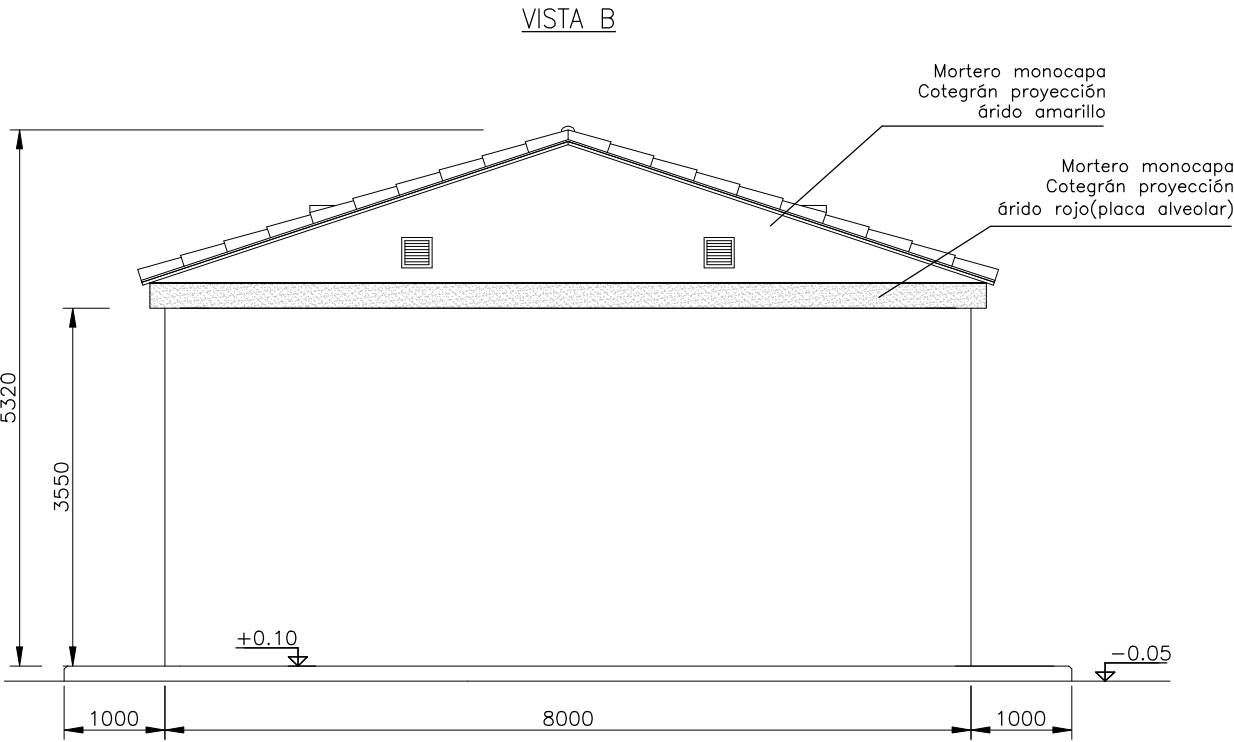
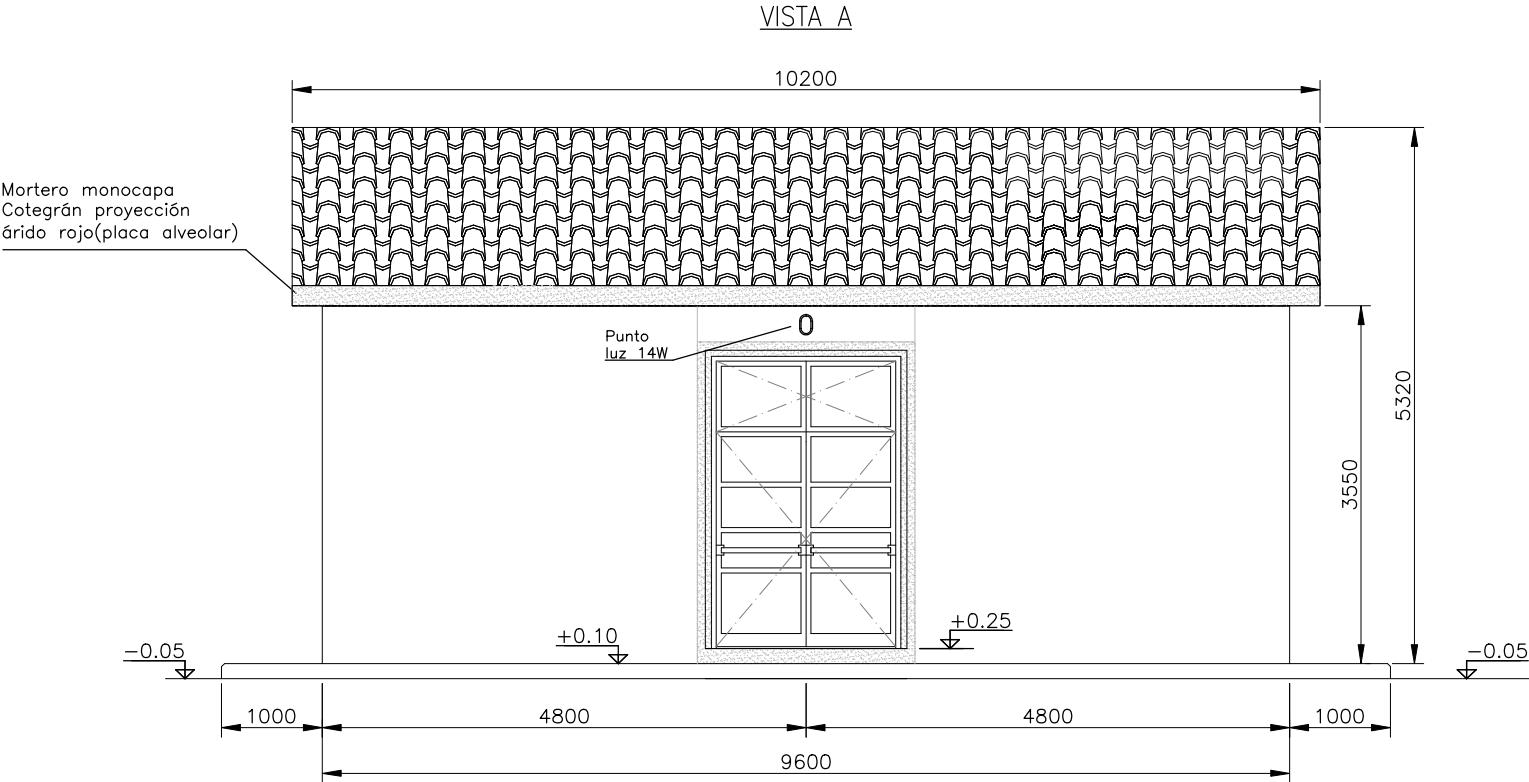
E-VISADO

El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso

David Gavín Asso
Colegiado N° 2.207 C.O.I.I.A.R.

e-distribución		PLANTA EDIFICIO DISPOSICIÓN EQUIPOS		DISTRIBUCION EyP	
FECHA: 04/24		ESCALA: 1/100		S.E. AMANTES	
RE-XXXXXX-PZ-0008		00		PZ000801 .DWG	
N°HOJAS 03		N°HOJA 01			



El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

[Signature]

David Gavín Asso
Colegiado N° 2.207 C.O.I.I.A.R.

e-distribución

EDIFICIO
VISTAS Y SECCIÓN

DISTRIBUCION EyP

S.E. AMANTES

RE-XXXXXX-PZ-0008

00

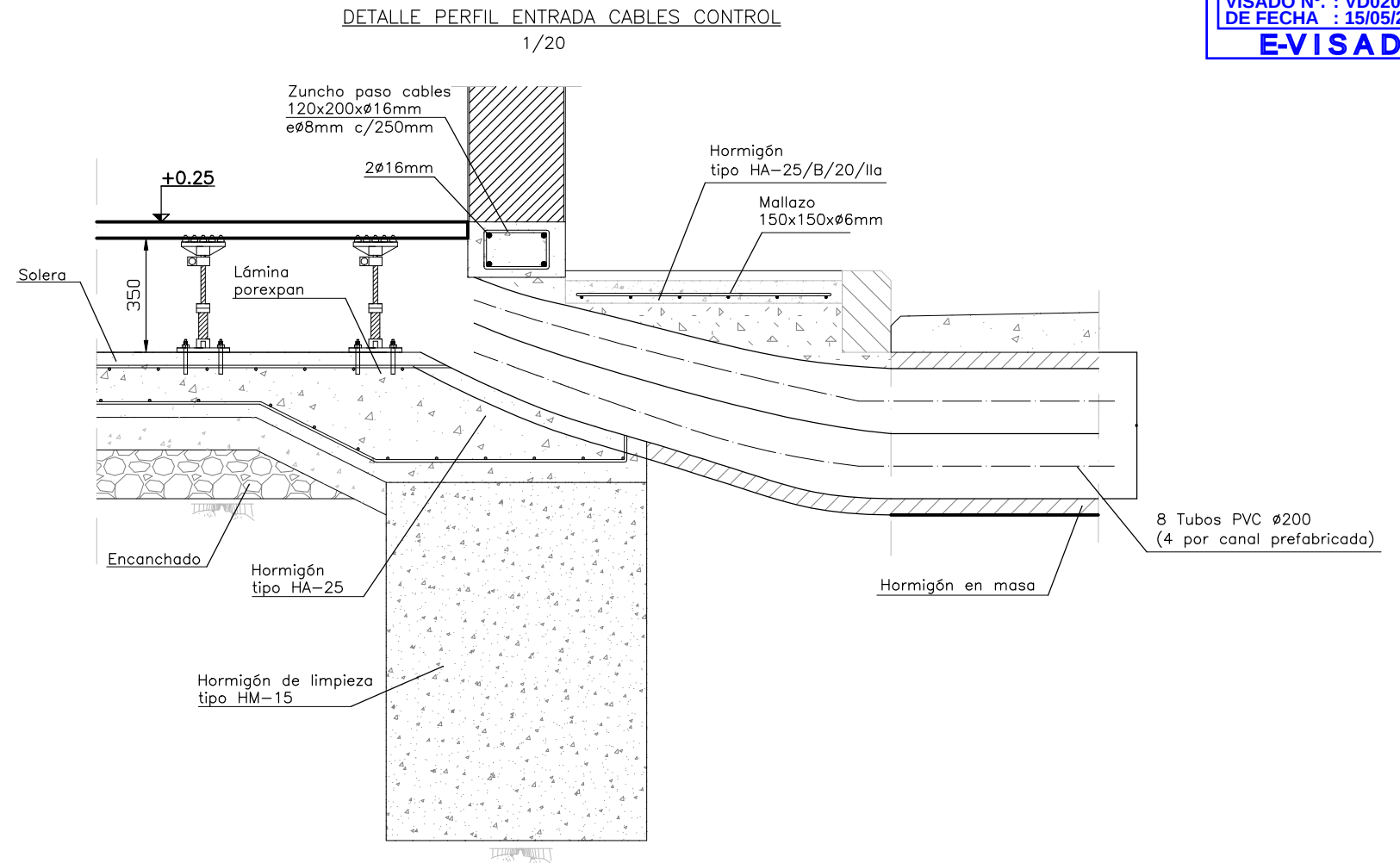
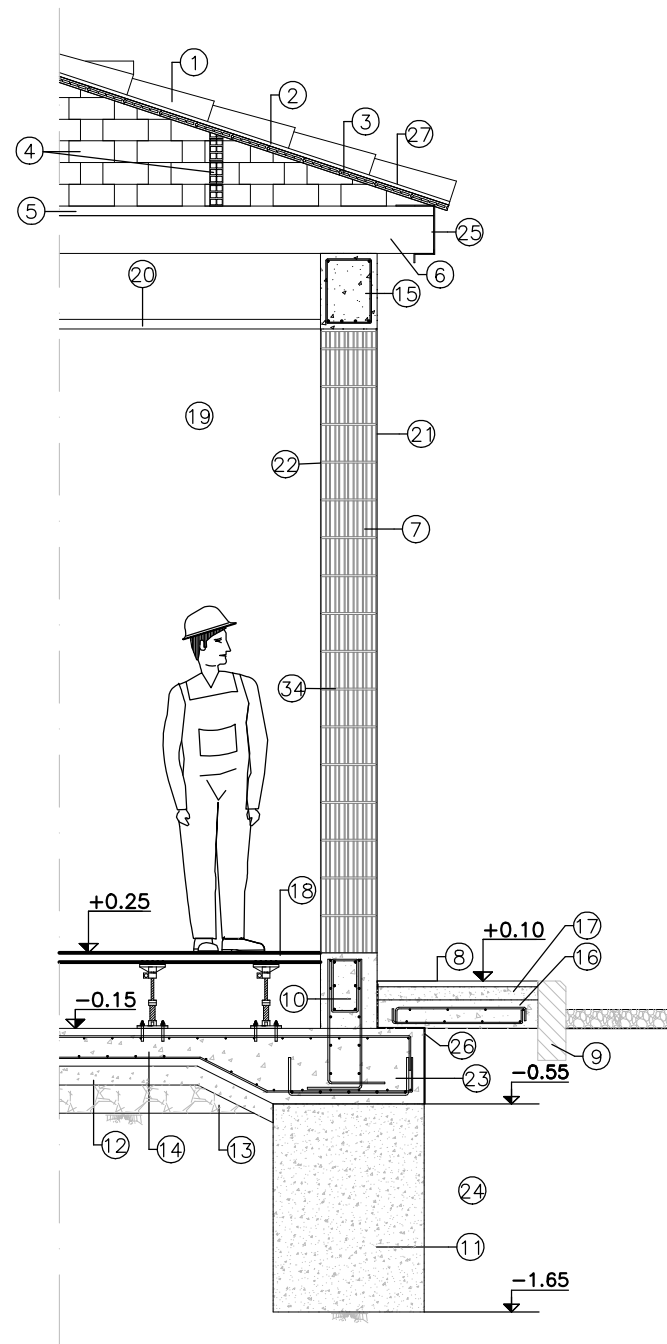
FECHA: 04/24

ESCALA: 1/75

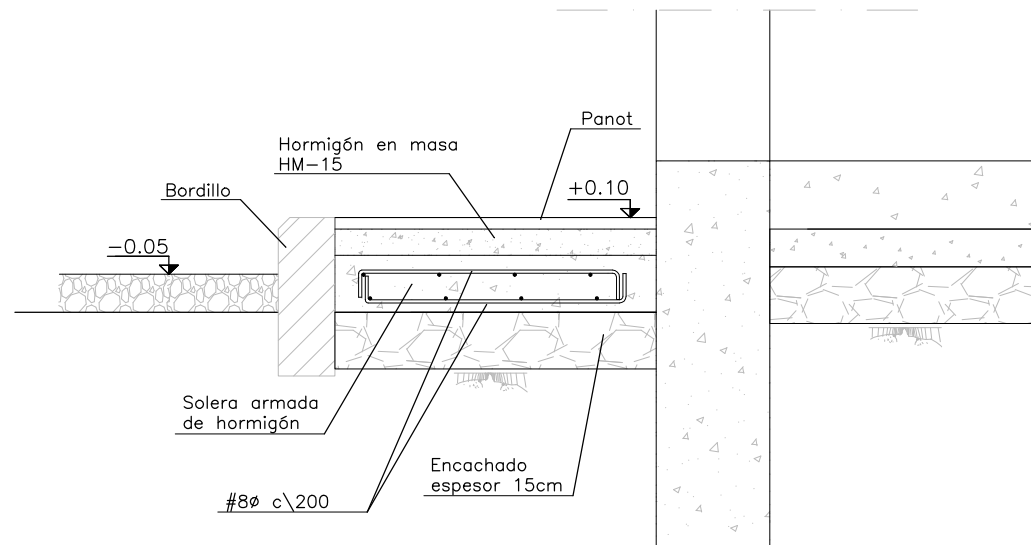
PZ000802 .DWG

N°HOJAS 03

N°HOJA 01



DETALLE ACERA
1/20



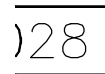
LEYENDA:

- | | |
|--|--|
| 1 CUBIERTA DE TEJA CERÁMICA CURVA. | 15 JÁCENA ARMADA HORMIGÓN REALIZADA IN SITU. |
| 2 RASILLON CERÁMICO. | 16 HORMIGÓN ARMADO. |
| 3 MORTERO DE COMPRESIÓN. | 17 HORMIGÓN DE LIMPIEZA PARA ASIENTO ACERA. |
| 4 EMPALOMADO CON LADRILLOS HUECOS DE ESP.=7CMS. | 18 SUELO TÉCNICO. |
| 5 CAPA DE COMPRESIÓN ARMADA ESP.=5 CMS. | 19 TABIQUE REALIZADO FÁBRICA LADRILLO HUECO DOBLE. |
| 6 FORJADO DE PLACAS PREFABRICADAS ALVEOLARES DE ESP.=20 CMS. | 20 PANEL FALSO TECHO PRACTICABLE. |
| 7 TABIQUE FÁBRICA TERMOARCILLA ESP.=29CMS. | 21 ACABADO MORTERO MONOCAPA COTEGRAN. |
| 8 ACERADO DE LOSAS HIDRAÚLICAS. | 22 ACABADO ENFOSCADO DE YESO. |
| 9 BORDILLO DE HORMIGÓN. | 23 ZAPATA ARMADA. |
| 10 MURETE DE HORMIGÓN ARMADO. | 24 TERRENO COMPACTADO. |
| 11 HORMIGÓN EN MASA | 25 IMPOSTA PIEZA GALVANIZADA. |
| 12 HORMIGÓN DE LIMPIEZA ESP.=10CMS. | 26 CAPA BETÓN ASFÁLTICO CON LÁMINA PROTECTORA. |
| 13 LECHO PIEDRA COMPACTADA. | 27 CAPA EMULSIÓN ASFÁLTICA. |
| 14 SOLERA DE HORMIGÓN ARMADA. | |

El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso
Colegiado N° 2.207 C.O.I.I.A.R.

		EDIFICIO DETALLES CONSTRUCTIVOS	DISTRIBUCION EyP			
			S.E. AMANTES			
RE-XXXXXX-PZ-0008			00			
FECHA: 04/24			ESCALA: 1/75		PZ000803 .DWG	
					N°HOJAS 03	
				N°HOJA 03		



44075A01500023

44900A80200009

44900A80200001

44900A80

COORDENADAS EXPLANADA SE AMANTES		
ETRS89 UTM 30N		
Vértice	X (m)	Y (m)
V ₁	659.490,77	4.478.597,71
V ₂	659.529,85	4.478.576,74
V ₃	659.547,23	4.478.609,13
V ₄	659.557,03	4.478.612,08
V ₅	659.587,22	4.478.595,88
V ₆	659.622,59	4.478.661,79
V ₇	659.546,95	4.478.702,39

LEYENDA:

LÍMITE DE PARCELA



OCUPACIÓN PLENO DOMINIO
SUBESTACIÓN

OCUPACIÓN TEMPORAL SUBESTACIÓN



OCUPACIÓN PLENO DOMINIO
ACCESO

OCUPACIÓN TEMPORAL
ACCESO

ZONA DE ACTUACIÓN
S.E. AMANTES

El Ingeniero Industrial
al servicio de SATEL

David Gavín Asso
Colegiado N° 2.207 C.O.I.I.A.R.



PLANTA RELACIÓN
BIENES Y DERECHOS
AFECTADOS

FECHA: 04/24

ESCALA: 1/1.000

DISTRIBUCION E_yP

S.E. AMANTES

RE-XXXXXX-PZ-0009

00

PZ000901 .DWG	NºHOJAS 01	NºHOJA 01
---------------	------------	-----------

VG	NºHOJAS	01
----	---------	----

Nº HOJA	0
---------	---